

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยและเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยนี้ และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์
2. เอกสารเกี่ยวกับการตรวจสอบวงจรป้องกันในเครื่องรับโทรทัศน์สี
3. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อการเรียนปฏิบัติเครื่องรับโทรทัศน์สี
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารเกี่ยวกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์

การทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ มีการจัดให้นักเรียนระดับประถมศึกษาบ้างแต่ก็เป็นส่วนน้อยและเพิ่งมีกิจกรรมดังกล่าวในระดับประถมศึกษาเมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง

กิจกรรมทำโครงการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาได้กระทำมาเป็นเวลานานแล้ว ปัจจุบันให้นักเรียนทั้งในลักษณะของรายวิชาเลือกตามหลักสูตรและจัดในลักษณะกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อส่งเข้าประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับกลุ่ม โรงเรียน ระดับภาค และระดับประเทศ

ในการศึกษาทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

- 1.1 ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.2 คุณค่าของโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.3 จุดมุ่งหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.4 ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์

- 1.5 หลักการของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.6 ขั้นตอนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.7 บทบาทของครูและนักเรียนในขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.8 บทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.9 แนวปฏิบัติในการสอนนักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์

มีผู้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

โฟว์เลอร์ (Fowler 1964: 91) ได้ให้ความหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง “การศึกษาและการแก้ปัญหาหนึ่งทางวิทยาศาสตร์โดยจัดทำเป็นโครงการเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา และมีการปฏิบัติตามแนวที่วางไว้เพื่อให้โครงการนั้นสัมฤทธิ์ผลตามจุดมุ่งหมาย

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (2525: 13) กล่าวถึงความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง “การศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งมีหลักเกณฑ์และต้องสำเร็จในตัวเอง ผู้ศึกษาจะต้องมีความละเอียดรอบคอบ มีการศึกษาค้นคว้าที่ได้จากการศึกษาไว้ตามลำดับทุกขั้น การวางรูปโครงการวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการล่วงหน้าให้รัดกุม”

นันทิยา บุญเกลือบ (2528: 46) ให้ความหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ว่า โครงการวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพื่อตอบปัญหาที่สงสัยซึ่งปัญหาที่จะศึกษานั้นต้องเกิดจากความสนใจของผู้ทำโครงการ มีกระบวนการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบอย่างมีระบบตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดไปถึงการเผยแพร่ผลงานของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ทั้งนี้โดยมีอาจารย์วิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาและเทคนิควิธีของเรื่องนั้น ๆ เป็นที่ปรึกษาคอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531: 1) ได้ให้ความหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง

กิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครูอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษาค้นคว้าดำเนินการวางแผน ออกแบบ ประดิษฐ์ ตำรวจ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลรวมทั้งการแปลผล สรุปการเสนอผลงาน

ยุทธนา สมิตะสิริ (2536: 44) ได้ให้ความหมายว่า โครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองตามความรู้ ความสามารถ และความสนใจเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบของปัญหาหรือข้อสงสัย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2540: 1) ได้กล่าวว่า โครงการงานวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเพื่อค้นคว้าความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ค้นคว้าเมื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ด้วยตัวผู้เรียนเองโดยใช้การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเป็นผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์แล้วเสนอผลการศึกษาในรูปแบบการเขียนรายงานโดยมีครู อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ ให้คำปรึกษา

ธีระชัย ปุณณโชติ (2540: 1) ได้กล่าวถึงความหมายของโครงการงานวิทยาศาสตร์ไว้ว่า กิจกรรมโครงการงานวิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมสำหรับนักเรียนในการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้คำแนะนำปรึกษาของครู หรือผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมนี้อาจทำเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ และจะกระทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้โดยไม่จำกัดสถานที่ เช่น อาจทำนอกโรงเรียน ในห้องปฏิบัติการ หรือ นอกโรงเรียน แม้กระทั่งที่บ้านของนักเรียนเอง กิจกรรมการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์นี้เรียกได้ว่าเป็นการวิจัยวิทยาศาสตร์เบื้องต้นสำหรับนักเรียน เพราะเป็นการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ต่างกันแต่เพียงระดับความยากหรือความซับซ้อนของปัญหาที่ศึกษาเท่านั้น

ลัดดา ภูเกียรติ (2543) สรุปว่าโครงการงานวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเริ่มจากปัญหาที่นักเรียนให้ความสนใจและคิดเอง อาจเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล แล้วหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหานั้น ๆ โดยมีครูอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้นเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนสำเร็จตามวัตถุประสงค์

จากความหมายของโครงการงานวิทยาศาสตร์สรุปว่าการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์หมายถึงการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องกระทำด้วยตนเองภายใต้การให้คำปรึกษาของครูหรือผู้เชี่ยวชาญ

1.2 คุณค่าของโครงการงานวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531) และ ธีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
2. ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ในเรื่องที่ตนสนใจได้อย่างลึกซึ้งกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรปกติ

4. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น
5. ช่วยพัฒนาความรับผิดชอบและวินัยในตนเองให้เกิดขึ้นกับนักเรียน
6. ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

สรุปได้ว่า กิจกรรมการทำโครงการวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนานักเรียนทั้งในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองตลอดจนเจตคติทางวิทยาศาสตร์และลักษณะนิสัยที่ดีบางประการ

1.3 จุดมุ่งหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529) และ ชีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการศึกษาวิจัยเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแต่ละท้องถิ่น
2. เพื่อให้นักเรียนมองเห็นแนวทางในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแต่ละท้องถิ่น
3. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา
4. เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเกิดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์
5. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
6. เพื่อให้นักเรียนรู้จักเวลาว่างให้เป็นประโยชน์

1.4 ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์

โครงการทางวิทยาศาสตร์อาจแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 4 แบบ คือ โครงการประเภทการสำรวจ โครงการประเภทการทดลอง โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ และโครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (ชีระชัย ปุณณโชติ 2531: 5)

1. โครงการประเภทการสำรวจ (survey research project) เป็นโครงการที่ใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น การจำแนกเป็นหมวดหมู่ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นลักษณะหรือความสัมพันธ์ในเรื่องที่ต้องการศึกษา วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในโครงการประเภทนี้อาจทำได้โดย

1.1 การออกไปเก็บข้อมูลในธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อม แล้วศึกษาได้ทันที ในขณะที่ออกไปปฏิบัติการอีก ตัวอย่างโครงการที่ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลแบบนี้ได้แก่

1.1.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์บางชนิดในธรรมชาติ

- 1.1.2 การสำรวจทิศทางและอัตราความเร็วของลมในท้องถิ่น
- 1.1.3 การศึกษาปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลาในท้องถิ่น
- 1.1.4 การสำรวจชนิดและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์

ต่าง ๆ

- 1.1.5 การศึกษามลพิษของอากาศในบริเวณต่างๆ

ฯลฯ

1.2 การรวบรวมข้อมูลในห้องปฏิบัติการ การรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาบางอย่างทำได้ในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ตัวอย่าง โครงการที่ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลแบบนี้ได้แก่

- 1.2.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์บางชนิดที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
- 1.2.2 การศึกษาวงจรของสัตว์บางชนิดในห้องปฏิบัติการ
- 1.2.3 การศึกษาโครงกระดูกของสัตว์
- 1.2.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชหรือเห็ดบางชนิด

ฯลฯ

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลวัสดุต่างๆ จากภาคสนามแล้วนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากข้อมูลบางอย่างไม่สามารถศึกษาได้ทันทีในภาคสนาม ตัวอย่างโครงการที่ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลแบบนี้ ได้แก่

- 1.3.1 การสำรวจคุณภาพของน้ำในแหล่งต่างๆ
- 1.3.2 การสำรวจคุณภาพของดินในแหล่งต่างๆ

ฯลฯ

2. โครงการประเภทการทดลอง (experimental research project) เป็นโครงการที่ต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา มีการจัดกระทำตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระเพื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากตัวแปรตาม และมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการศึกษา แต่อาจมีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา ขั้นตอนของการดำเนินงานของโครงการประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งวัตถุประสงค์และสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การแปลผล และการสรุปผล

ตัวอย่างโครงการประเภทการทดลอง ได้แก่

- 1) การใช้ผักตบชวาในการการจัดน้ำเสีย
- 2) การศึกษาเปรียบเทียบผลของสารเคมีที่มีต่อการพัฒนาทางกายภาพและการเจริญเติบโตของหนูขาว

เจริญเติบโตของหนูขาว

- 3) ผลของความเข้มข้นของแสงสีต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด
- 4) ผลของความเข้มข้นของแสงสีที่มีต่อการสลายตัวของวิตามินซี
- 5) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารสีม่วงในพืชบางชนิด
- 6) การศึกษาความเข้มข้นของผงซักฟอกที่มีต่ออัตราการอยู่รอดของลูกปลาหางนกยูง
- 7) การศึกษาวิธีการทำน้ำหมักจากใบชา
- 8) การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตรังไหมเมื่อให้ใบหม่อนที่มีอายุหรือตำแหน่งใบแตกต่างกันของไหมพันธุ์พื้นเมือง

ฯลฯ

3. โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (development research project or invention) เป็นโครงการเกี่ยวกับการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประดิษฐ์เครื่องมือ เครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงปรับปรุงของเดิมที่มีอยู่แล้วใช้งานได้ดีกว่าเดิมก็ได้ นอกจากการประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ แล้ว โครงการประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่ได้

ตัวอย่างโครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ ได้แก่

- 1) นาฬิกาน้ำ
- 2) เครื่องสูบน้ำพลังลม
- 3) รถพลังงานแสงอาทิตย์
- 4) เครื่องกันขโมย
- 5) เตอบพลังงานแสงอาทิตย์

4. โครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (theoretical research project) เป็นโครงการที่เกี่ยวกับการเสนอทฤษฎี หลักการ หรือแนวความคิดใหม่ ๆ ซึ่งอาจเสนอในรูปของคำอธิบาย สูตร หรือสมการก็ได้ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุนอ้างอิง การทำโครงการประเภทนี้ ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างดี และต้องค้นคว้าศึกษาเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมาก จึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้ ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ได้แก่ โครงการเรื่อง “กำเนิดของทวีปและมหาสมุทร” ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองทฤษฎีอธิบายการเกิดของทวีปและมหาสมุทร โดยอาศัยหลักฐานทางประวัติศาสตร์และทฤษฎีทางประวัติศาสตร์มาอ้างอิง (ธีระชัย ปุณณโชติ 2531: 9 – 10) หรือโครงการเรื่องการอธิบายอวกาศแนวใหม่ และโครงการเรื่องทฤษฎีของจำนวนเฉพาะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2531: 8)

1.5 หลักการของกิจกรรมโครงการงานวิทยาศาสตร์

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของการทำกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. เน้นการแสวงหาความรู้ตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่ม วางแผนและดำเนินการศึกษาตนเอง โดยมีอาจารย์เป็นผู้ให้คำปรึกษา
2. เน้นกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การกำหนดปัญหาหรือเลือกหัวข้อที่สนใจ การวางแผนการศึกษา การรวบรวมข้อมูลหรือการทดลอง และการสรุปผลของการศึกษา

3. เน้นการคิดเป็น ทำเป็น และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

1.6 ขั้นตอนในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์

ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์นั้น สามารถแบ่งขั้นตอนในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.6.1 การคิดและเลือกหัวข้อที่จะทำโครงการงานวิทยาศาสตร์
- 1.6.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
- 1.6.3 การวางแผนในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์
- 1.6.4 การลงมือทำโครงการงานวิทยาศาสตร์
- 1.6.5 การเขียนรายงาน
- 1.6.6 การแสดงผลงาน

รายละเอียดในขั้นตอนต่าง ๆ สรุป ได้ดังต่อไปนี้

1.6.1 การคิดและเลือกหัวข้อที่จะทำโครงการงานวิทยาศาสตร์

หัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษาจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ความสามารถของนักเรียน และมีแนวทางที่จะหาคำตอบ โดยทั่วไปหัวข้อของโครงการงานวิทยาศาสตร์มักจะได้จากปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน จึงควรจะให้ นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกหัวข้อที่จะศึกษาด้วยตนเอง ในการเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการงานวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนอาจได้แนวความคิดจากหัวข้อต่อไปนี้

- 1) การอ่านหนังสือต่าง ๆ เช่นตำรา หนังสือพิมพ์ วารสารต่าง ๆ
- 2) การไปเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ เช่นสวนอุทยาน สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่เลี้ยงพืชและสัตว์ เป็นต้น
- 3) การฟังบรรยายทางวิชาการ รวมทั้งการฟังและชมรายการทางวิทยุ โทรทัศน์

- 4) กิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียน
- 5) งานอดิเรกของนักเรียน
- 6) การเข้าชมนิทรรศการ หรืองานประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์
- 7) การศึกษาจากโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ผู้อื่นทำไว้
- 8) การสนทนากับครู เพื่อน หรือบุคคลอื่น ๆ
- 9) การสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1.6.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ภายหลังจากที่นักเรียนได้หัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มเติมให้มากที่สุดจากเอกสารต่าง ๆ ตำราหรือหนังสือ ตลอดจนการขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ และการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ นักเรียนจะต้องมีความรู้ความชำนาญในการใช้ห้องสมุด และการรวบรวมความรู้ที่ศึกษาค้นคว้าเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและวางแผนดำเนินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นั้นได้อย่างเหมาะสม

1.6.3 การวางแผนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาความรู้เพิ่มเติมเพียงพอแล้วจะต้องดำเนินการวางแผน ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และจัดทำโครงร่างหรือเค้าของโครงงาน หากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีการวางแผนหรือวางรูปไว้ล่วงหน้าอาจทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างสับสน หรืออาจทำให้โครงงานวิทยาศาสตร์นั้นล้มเหลวได้ การวางแผนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย แนวทางในการศึกษาค้นคว้า วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ การออกแบบ การทดลองและควบคุมตัวแปร วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูล วิธีการประดิษฐ์ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการวางแผนปฏิบัติงานเช่น กำหนดระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอน เป็นต้น

ในการวางแผนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องเขียนโครงร่างหรือเค้าโครงย่อของโครงงานวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบและคำแนะนำปรึกษา การเขียนเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นการกำหนดแผนงานอย่างไรบ้างเป็นขั้นตอนเพื่อช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างไม่สับสน

การจัดลำดับหัวข้อเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์นิยมเขียนแตกต่างกันไปบ้าง โดยทั่วไปประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

- 1) ชื่อโครงงาน
- 2) ชื่อผู้ทำโครงงาน
- 3) ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

- 4) ที่มาและความสำคัญของโครงการ
- 5) วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 6) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)
- 7) วิธีการดำเนินการ
- 8) ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ
- 9) เอกสารอ้างอิง

1.6.4 การลงมือทำโครงการวิทยาศาสตร์

การลงมือทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นการปฏิบัติตามแผนดำเนินงานที่วางไว้ล่วงหน้าและผ่านความเห็นชอบของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การประดิษฐ์ การทดลอง การค้นคว้าจากเอกสารต่าง ๆ สิ้นสุดแล้วแต่ว่าจะเป็นโครงการวิทยาศาสตร์ประเภทใด อาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้บ้างก็ได้ถ้าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้ผลงานดีขึ้น หรือเป็นการแก้ปัญหาที่คาดไม่ถึงมาก่อน เมื่อดำเนินการทำโครงการวิทยาศาสตร์จนได้ข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องแปลผลและสรุปผลของการศึกษาว่า ได้ผลอย่างไรบ้าง พร้อมทั้งอภิปรายผลของการศึกษาค้นคว้านั้นไม่ว่าผลจะตรงตามความคาดหมายหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

1.6.5 การเขียนรายงาน

การเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์เป็นการรายงานผลของการศึกษาเป็นเอกสารเพื่อให้ผู้อื่นทราบแนวความคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษา ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ

วิธีเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์มีลักษณะและแนวทางในการเขียนเช่นเดียวกับการเขียนรายงานผลการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์นั่นเอง และควรครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้

- 1) ชื่อโครงการ
- 2) ชื่อผู้ทำโครงการ
- 3) ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
- 4) บทคัดย่อ
- 5) ที่มาและความสำคัญของโครงการ
- 6) วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 7) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)
- 8) วิธีดำเนินการ

- 9) ผลของการศึกษาค้นคว้า
- 10) สรุปผลของการศึกษาค้นคว้า
- 11) อภิปรายผล
- 12) ข้อเสนอแนะ
- 13) เอกสารอ้างอิง

นอกจากนั้น ยังนิยมเขียนกิตติกรรมประกาศหรือคำขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ไว้ในรายงานด้วย โดยทั่วไปมักเขียนไว้ในส่วนต้นของรายงาน หลังจากบทคัดย่อ

อย่างไรก็ตาม ลำดับก่อนหลังของหัวข้อเหล่านี้ไม่เป็นสิ่งตายตัว บางคนอาจนิยมเขียนลำดับบางหัวข้อกับที่กล่าวนี้ บางคนอาจยุบรวมหรือแจกแจงหัวข้อให้ละเอียดขึ้นก็ได้

ในการเขียนรายงานจะต้องยึดหลักการเขียนให้มีความชัดเจน กะทัดรัด ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและเขียนให้ครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ที่สำคัญของโครงการงานวิทยาศาสตร์

1.6.6 การแสดงผลงาน

การแสดงผลงานเป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาสำเร็จแล้วให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจ อาจกระทำได้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น การจัดนิทรรศการเพื่อแสดงให้ผู้อื่นทราบกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของการศึกษา อาจมีอุปกรณ์และเครื่องมือ ภาพ และแผนภูมิประกอบด้วย อาจมีหรือไม่มีกราฟสถิติประกอบ หรืออาจเป็นการรายงานปากเปล่าก็ได้

การแสดงผลงานการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์นี้อาจจัดได้หลายระดับ เช่น การจัดเสนอผลงานภายในชั้นเรียน การจัดแสดงนิทรรศการภายในโรงเรียน และการส่งผลงานเข้าร่วมในงานแสดงหรือประกวดภายนอกโรงเรียนในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับกลุ่มโรงเรียน ระดับจังหวัด ระดับเขตการศึกษา และระดับชาติ เป็นต้น

(ธีระชัย ปุณณโชติ 2531 และ สสวท. 2531) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. บทบาทของครูและนักเรียนในขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์

ธีระชัย ปุณณโชติ (2540) ได้เสนอการเปรียบเทียบบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง หรือปัญหา

บทบาทของนักเรียน

- สัมผัสถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้แก่
- ตระหนักถึงปัญหา
- สนใจที่จะค้นคว้าหาคำตอบ
- อภิปรายและสนทนากับอาจารย์และเพื่อน ๆ

บทบาทของครู

- กระตุ้นให้นักเรียนสนใจที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดย
- จัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนสัมผัสกับปัญหาเพื่อที่นักเรียนจะได้มองเห็นปัญหา
- แนะนำแนวทางให้นักเรียนรู้วิธีทำโครงงาน
- แนะนำแนวทางนักเรียนในการเลือกหัวข้อหรือปัญหา

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

บทบาทของนักเรียน

- กำหนดขอบเขตของปัญหา
- ตั้งวัตถุประสงค์
- ศึกษาเอกสาร
- ตั้งสมมติฐาน

บทบาทของครู

- ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการวางแผนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เช่น
- ให้ความคิดเห็นในเรื่องความเป็นไปได้ของโครงงานวิทยาศาสตร์

บทบาทของนักเรียน

- ออกแบบการทดลองและการควบคุม
- ตัวแปร
- วางแผนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

บทบาทของครู

- ชี้แนะแหล่งความรู้ต่าง ๆ
- ดิชมแผนงานในการทำโครงงานทั้งหมดของนักเรียน

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงานวิทยาศาสตร์

บทบาทของนักเรียน

- สร้าง/จัดหาเครื่องมือ
- ทดลอง/รวบรวมข้อมูล
- วิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล

บทบาทของครู

- อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน
- ติดตามการทำงานของนักเรียนทุกระยะ
- ให้กำลังใจ
- ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ เมื่อจำเป็น
- ให้ข้อติชมวิธีวิเคราะห์และแปลผลของการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปผลของการศึกษาและเขียนรายงาน

บทบาทของนักเรียน

- สรุปข้อค้นพบ
- เขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์

บทบาทของครู

- แนะนำและให้ข้อคิดชมการเขียนรายงาน
- โครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 5 การแสดงผลงาน

บทบาทของนักเรียน

- เสนอผลของการศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นทราบ

บทบาทของครู

- จัดกิจกรรมเพื่อให้ครูมีโอกาสนักเรียนได้แสดงผลงาน
- ส่งผลงานของนักเรียนเข้าร่วมแสดงหรือประกวด
- ประเมินผลการทำโครงการของนักเรียน

2. บทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้มีบทบาทมากที่สุดตั้งแต่เริ่มคิดหัวข้อที่จะทำ ดำเนินการทำ จนกระทั่งโครงการวิทยาศาสตร์สำเร็จลุล่วงไป แต่การดำเนินงานของนักเรียนจะราบรื่นหรือสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีหรือไม่เพียงใดต้องอาศัยความร่วมมือหรือช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้ที่บทบาทเกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่

- 2.1 ครู หรืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์
- 2.2 ผู้บริหารโรงเรียน
- 2.3 ผู้ปกครอง
- 2.4 ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

2.1 บทบาทของครู หรืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์โดยมีบทบาทดังต่อไปนี้

ครูหรืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์มีบทบาทและความสำคัญต่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ นอกจากจะเป็นผู้คอยแนะแนวทางให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนประสบปัญหาในขณะที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์แล้ว ยังมีส่วนช่วยกระตุ้นสนใจ และเสริมกำลังใจแก่นักเรียนอีกด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี (2529) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูหรืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์ สรุปได้เป็น 3 ด้าน คือ

- 1) บทบาทการให้ความรู้
- 2) บทบาทด้านบริหาร
- 3) บทบาทในการสร้างบรรยากาศ

1) บทบาทการให้ความรู้

อาจารย์ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์มีหน้าที่ในการให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เริ่มตั้งแต่การคิดและเลือกหัวข้อที่จะทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ การแนะนำแหล่งความรู้เพิ่มเติมสำหรับนักเรียน การแนะนำผู้เชี่ยวชาญที่จะให้คำปรึกษาเป็นพิเศษแก่นักเรียน แนะนำเทคนิควิธีต่าง ๆ ในการดำเนินงาน และแนวทางในการแก้ปัญหา ตลอดจนจัดประสบการณ์เสริมที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดทัศนศึกษาออกไปสำรวจข้อมูลในห้องเรียนหรือการฝึกเทคนิคบางประการเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปใช้ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ต่อไป

2) บทบาทด้านบริการ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์ควรเป็นผู้ที่สามารถจัดเวลาให้กับนักเรียนในการให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนได้ เช่น การร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ การจัดหาสถานที่ที่จะใช้ทำการทดลอง วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ การขอความร่วมมือจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกในการให้คำปรึกษาพิเศษแก่นักเรียน การรวบรวมหัวข้อ หรือตัวอย่างโครงการงานวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเอกสารต่าง ๆ ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าประกอบการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3) บทบาทด้านการสร้างบรรยากาศ

ในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องประสบการแก้ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ดังนั้นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญในการให้กำลังใจแก่นักเรียนเพราะผู้ที่ใกล้ชิดกับนักเรียนมากที่สุดในการทำโครงการ ดังนั้นจึงต้องให้ความสนใจต่อการทำงานของนักเรียนและพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น มีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด รวมทั้งช่วยส่งเสริมความคิดของนักเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น กล่าวชมเชยนักเรียนเมื่อนักเรียนแสดงความคิดที่ดีหรือแสดงออกให้เห็นถึงความสามารถในการที่จะทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ให้เกิดผลสำเร็จได้ เป็นต้น

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้กล่าวถึงบทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. ชักชวนหรือกระตุ้นนักเรียนให้สนใจความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์
2. ริเริ่มชี้แนะให้นักเรียนคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์
3. แนะนำให้นักเรียนรู้หลักและวิธีการทำโครงการวิทยาศาสตร์
รวมทั้งแนะนำวิธีเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำเป็นโครงการวิทยาศาสตร์
4. รับเป็นที่ปรึกษาการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดย
ช่วยแนะนำการวางแผนการทำโครงการวิทยาศาสตร์
5. จัดหาหรือแนะนำผู้เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเพื่อให้นักเรียนขอ
คำแนะนำในกรณีที่ครูไม่สามารถให้คำปรึกษาได้
6. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำโครงการให้แก่แก่นักเรียน
7. แนะนำนักเรียนในเรื่องการใช้ห้องปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือ
หรืออุปกรณ์ในการทดลอง
8. ติดตามและดูแลการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่าง
ใกล้ชิด
9. คอยให้กำลังใจแก่นักเรียน
10. ครูต้องระวังบทบาทของตนไม่ให้เป็นผู้บังคับหรือกำหนดให้
นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามแนวของครู
11. ให้คำแนะนำแก่นักเรียนในการเขียนรายงานให้ถูกต้องตามหลัก
ของการเขียนรายงาน
12. ส่งเสริมหรือจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงผลงาน
ที่ทำสำเร็จแล้ว

2.2 บทบาทของผู้บริหารโรงเรียน

ผู้บริหารโรงเรียนเป็นผู้มีส่วนช่วยให้การทำโครงการวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนเป็นไปได้โดยราบรื่นและต่อเนื่อง บทบาทของผู้บริหารโรงเรียนมีดังต่อไปนี้

2.2.1 ผู้บริหารโรงเรียนควรเข้าใจว่าการทำโครงการวิทยาศาสตร์
ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างยิ่ง แต่นักเรียนจำเป็นต้องใช้
สถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ของโรงเรียนทั้งในและนอกเวลาเรียน ผู้บริหารจึงควรให้ความร่วมมือ
และสนับสนุนด้วยการจัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ตามความ
เหมาะสม รวมทั้งอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และเวลาที่จะใช้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ด้วย

2.2.2 ส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมเพื่อแสดงผลงานของนักเรียน
ภายในโรงเรียนหรือส่งผลงานของนักเรียนเข้าร่วมแสดงหรือประกวดในโอกาสต่าง ๆ ตามความ
เหมาะสม

2.2.3 ให้กำลังใจและสนับสนุนครูให้ส่งเสริมนักเรียนให้ทำ
โครงการวิทยาศาสตร์

2.3 บทบาทของผู้ปกครอง

บทบาทของผู้ปกครองในการสนับสนุนให้นักเรียนทำโครงการ
วิทยาศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

2.3.1 ให้ความสนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.3.2 ควรทำความเข้าใจถึงความสำคัญของการทำโครงการ
วิทยาศาสตร์ว่ามีต่อนักเรียนอย่างไร

2.3.3 ให้กำลังใจแก่นักเรียน เมื่อนักเรียนรู้สึกท้อถอย

2.3.4 ให้ความสนับสนุนและอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการทำ
โครงการวิทยาศาสตร์ เช่น จัดเวลาว่างที่บ้านให้นักเรียนมีโอกาสทำโครงการวิทยาศาสตร์
จัดสถานที่ที่เหมาะสมให้ ช่วยจัดหาวัสดุอุปกรณ์และให้ความช่วยเหลือในการจัดซื้อบ้างเท่าที่จำเป็น

2.3.5 ให้คำแนะนำหรือเป็นที่ปรึกษาของนักเรียนในบางเรื่อง
บางกรณี เท่าที่จะทำได้

2.4 บทบาทของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

เนื่องจากโครงการวิทยาศาสตร์มีขอบเขตของเนื้อหากว้างมาก
ในบางครั้งอาจมีเนื้อหาหรือเทคนิควิธีที่ยู่ยากซับซ้อน เกินความรู้ความสามารถของครูที่จะ
ให้คำปรึกษาแนะนำได้ จึงจำเป็นต้องมีบุคคลที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านนั้น ๆ โดยเฉพาะ
คอยให้คำปรึกษาและแนะนำร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวได้แก่ อาจารย์
ในมหาวิทยาลัย นักวิจัย แพทย์ วิศวกร และนักวิทยาศาสตร์ในกรม กอง หรือสถาบันต่าง ๆ
เป็นต้น ซึ่งสามารถให้คำแนะนำปรึกษาการทำโครงการวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนได้เป็นอย่างดี
และอาจจะให้ยืมเครื่องมือทดลอง หรือสถานที่ทดลองได้ ทั้งนี้เพราะโครงการวิทยาศาสตร์
บางเรื่องอาจต้องการความรู้ วัสดุอุปกรณ์หรือเทคนิคเฉพาะที่สูงเกินกว่าอาจารย์ที่ปรึกษาจะ
ให้คำแนะนำได้ (ธีระชัย ปุณณโชติ, 2531 และ สสวท.2531)

1.7 แนวปฏิบัติในการสอนนักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ในการสอนนักเรียนให้ทำโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น สิ่งที่ครูควรปฏิบัติมีหลายประการ ซึ่ง ชีระชัย ปุณณโชติ (2531) ได้เสนอแนะไว้ดังต่อไปนี้

1. กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
2. แนะนำให้นักเรียนรู้หลักการและวิธีการในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
3. จัดกิจกรรมเพื่อช่วยให้นักเรียนได้สัมผัสกับปัญหาหรือมองเห็นปัญหา
4. แนะนำแนวทางแก่นักเรียนในการเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
5. ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการวางแผนดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์
6. อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
7. ติดตามการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกระยะ และให้คำแนะนำปรึกษาหรือช่วยเหลือเมื่อจำเป็น

8. ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการเขียนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์
9. ให้โอกาสนักเรียนได้แสดงผลงานของตนต่อผู้อื่นในโอกาสและรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

10. ประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1. การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากจะทำโครงงานวิทยาศาสตร์อาจทำได้หลายวิธี เช่น

1.1 การเล่าให้นักเรียนฟังเกี่ยวกับงานแสดงหรือประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เคยจัดในที่ต่าง ๆ

1.2 การเล่าให้นักเรียนฟังถึงโครงงานวิทยาศาสตร์บางโครงงานที่น่าสนใจ

1.3 การพานักเรียนไปชมนิทรรศการหรืองานแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์

1.4 การพานักเรียนไปศึกษานอกสถานที่เป็นครั้งคราวตามสถานที่ ๆ มีการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.5 การจัดหาเอกสารหรือสิ่งพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า

2. การแนะนำให้นักเรียนรู้หลักการและวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

แนะนำให้นักเรียนรู้หลักการและวิธีการในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น มิฉะนั้น นักเรียนจะไม่ทราบว่าควรจะเริ่มได้อย่างไร และจะดำเนินการต่อไปอย่างไร ในเรื่องนี้ตัวครูเองจำเป็นต้องมีความรู้และเข้าใจในเรื่องดังกล่าวเสียก่อน

3. การจัดกิจกรรมเพื่อช่วยให้นักเรียนได้สัมผัสหรือมองเห็นปัญหา

การที่นักเรียนจะคิดหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ได้นั้น นักเรียนจะต้องมองเห็นปัญหาที่ทำให้เขาต้องการจะรู้คำตอบ หรือได้สัมผัสกับสถานการณ์ที่จะช่วยกระตุ้นหรือชี้แนะให้เขามองเห็นปัญหา หรือเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเสียก่อน ทั้งนี้ไม่ใช่เป็นการช่วยคิดให้นักเรียนเสียเอง แต่ควรช่วยด้วยการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะช่วยชี้แนะให้นักเรียนได้สัมผัสกับปัญหาหรือสิ่งที่เขาสนใจ เช่น

3.1 การพานักเรียนไปชมสภาพการณ์จริงตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น หน่วยงานวิจัย หรือห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สถานที่เพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ

3.2 การเชิญวิทยากรมาบรรยายในหัวข้อที่น่าสนใจ

3.3 การจัดกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์

3.4 การจัดค่ายวิทยาศาสตร์

3.5 การพานักเรียนไปชมนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์ หรืองานประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

4. การแนะนำนักเรียนในการเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

เมื่อนักเรียนมองเห็นปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะศึกษาแล้ว นักเรียนอาจมีปัญหาในการเลือกหัวข้อเรื่องให้เหมาะสม ครูควรแนะนำนักเรียนให้พิจารณาตามแนวทางดังนี้

4.1 นักเรียนมีพื้นฐานความรู้และทักษะที่จำเป็นในเรื่องดังกล่าวเพียงพอหรือไม่

4.2 มีความเป็นไปได้สักเพียงใดในการศึกษาค้นคว้าเรื่องดังกล่าว

4.3 หัวข้อเรื่องที่กำหนดขึ้นมีความชัดเจน และเฉพาะเจาะจงเพียงพอหรือยัง

4.4 มีแหล่งความรู้ที่จะค้นคว้าหรือไม่

4.5 มี หรือสามารถหาผู้ที่มีความรู้ในเรื่องดังกล่าวสำหรับให้คำแนะนำปรึกษาหรือไม่

4.6 มี หรือสามารถหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการศึกษาค้นคว้าอย่างเพียงพอหรือไม่

4.7 งบประมาณมีเพียงพอหรือไม่

4.8 มีความปลอดภัยหรือเสี่ยงต่ออันตรายในการทำโครงงานดังกล่าวเพียงใด

4.9 จะต้องใช้เวลานานเพียงใดในการศึกษาค้นคว้า

5. การให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการวางแผนดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์

เมื่อนักเรียนคิดและเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การวางแผนดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องให้ความรู้แก่

นักเรียนในการวางแผนทำโครงการ ซึ่งเป็นการกำหนดแผนงานที่จะดำเนินการล่วงหน้า และให้นักเรียนเขียนเค้าโครงของโครงการวิทยาศาสตร์มาเสนอเพื่อขอคำติชมและความเห็นชอบเสียก่อน ทั้งนี้อาจารย์ที่ปรึกษาจะได้พิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการ และความเหมาะสมของแผนดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ และให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงให้การดำเนินโครงการมีความปลอดภัยและประสบผลสำเร็จ และเพื่ออาจารย์ที่ปรึกษาจะได้เตรียมจัดหาวัสดุอุปกรณ์ เอกสารสำหรับค้นคว้า สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิที่จะให้คำแนะนำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นักเรียนด้วย

6. การอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

เมื่อนักเรียนวางแผนดำเนินโครงการวิทยาศาสตร์เสร็จแล้วและพร้อมที่จะดำเนินการตามแผนที่วางไว้ อาจารย์ที่ปรึกษาควรอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถดำเนินงานจนบรรลุผลสำเร็จได้ เช่น การจัดหาเอกสารหรือชี้แนะแหล่งที่จะค้นคว้าหาข้อมูล การจัดหาสถานที่สำหรับทำโครงการ เช่น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน พร้อมทั้งจัดหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำโครงการ การขอความร่วมมือจากบุคคล หรือหน่วยงานภายนอกในการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาไม่สามารถให้คำปรึกษาได้ การจัดเวลาให้นักเรียนได้ทำโครงการในช่วงเวลาที่เหมาะสม การจัดเวลาของตัวเองเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสพบเพื่อขอคำแนะนำปรึกษา ฯลฯ

7. การติดตามและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

ในระหว่างที่นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องให้ความสนใจและติดตามการทำงานของนักเรียนทุกระยะ ทั้งนี้เพราะนักเรียนอาจประสบปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจจะทำให้นักเรียนทำงานไม่สำเร็จ หรือเกิดความเบื่อหน่ายท้อถอย ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องมีบทบาทในการสร้างกำลังใจให้นักเรียนด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การแสดงความสนใจ การยกย่องชมเชย การให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนต้องการ เป็นต้น

8. การให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการเขียนรายงาน

เมื่อนักเรียนดำเนินการทำโครงการวิทยาศาสตร์เสร็จแล้ว ขั้นต่อไปที่นักเรียนจะต้องกระทำคือการเขียนรายงาน อาจารย์ที่ปรึกษาควรให้ความรู้แก่นักเรียนเกี่ยวกับรูปแบบและวิธีเขียนรายงาน เช่น การอธิบาย และให้นักเรียนดูตัวอย่างการเขียนรายงาน โครงการวิทยาศาสตร์ที่ถูกสมบูรณ์ และช่วยตรวจแก้ไขปรับปรุงรายงานที่นักเรียนเขียนเสร็จแล้ว

9. การให้โอกาสนักเรียนแสดงผลงาน

เมื่อนักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์และเขียนรายงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงผลงานของตนต่อผู้อื่นด้วย เพื่อให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจ

ในความสำเร็จของตน และยังเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนคนอื่นในใจที่จะทำบ้าง การแสดงผลงานของนักเรียนอาจกระทำในรูปแบบและโอกาสต่าง ๆ เช่น

- 9.1 การแสดงผลงานต่อเพื่อนนักเรียนในชั้น
- 9.2 การแสดงนิทรรศการ หรือจัดประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียน
- 9.3 การส่งเข้าประกวดภายนอกโรงเรียน

10. การประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

เมื่อนักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์เสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินผลการทำงานโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลป้อนกลับให้นักเรียนทราบว่าผลงานของตนมีคุณภาพเพียงใด มีข้อบกพร่องหรือข้อดีเด่นอะไรบ้าง เกณฑ์ที่ควรพิจารณาในการให้คะแนนหรือประเมินคุณค่าของโครงงานวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปประกอบด้วย

- 10.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 10.2 ความถูกต้องและเหมาะสมของวิธีการศึกษาค้นคว้า
- 10.3 การเขียนรายงานของโครงงาน และ/หรือการจัดแสดงโครงงาน
- 10.4 การอธิบายด้วยวาจา

แนวทางในการดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานงานแต่ละขั้นตอน ที่สำคัญสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2542: 10 – 17) เสนอไว้ดังนี้

1. การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
2. การวางแผน ประกอบด้วย
 - 2.1 การกำหนดจุดประสงค์
 - 2.2 การตั้งสมมุติฐาน
 - 2.3 การกำหนดวิธีการศึกษา
 - 2.4 การลงมือปฏิบัติ
 - 2.5 การเขียนรายงาน
 - 2.6 การนำเสนอผลงาน

ตารางที่ 2.1 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน

ขั้นตอน	กิจกรรมของผู้เรียน	กิจกรรมสนับสนุนของผู้สอน	ผลที่ได้รับ
1. การเลือกเรื่อง/ ปัญหาที่จะศึกษา	1. สำรวจความสนใจของตนเองโดย 1.1 สังเกตและศึกษาข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวหรือชุมชนเพื่อศึกษาว่ามีเรื่องใดเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่จะศึกษา 1.2 ติดตามข่าวเหตุการณ์สำคัญ ๆ และสำรวจตนเองว่าสนใจที่จะศึกษาเรื่องใดเป็นพิเศษ 1.3 คิดเรื่องโยงจากเรื่อง ที่เรียนปกติว่ามีเรื่องใดที่ต้องการจะศึกษาต่อเนื่อง	1. กำหนดให้มีกิจกรรมสำรวจความสนใจของตนเองเพื่อ 1.1 ชี้ชวนชักชวนจัดกิจกรรมให้มีการศึกษาสภาพแวดล้อมรอบตัวหรือชุมชนเพื่อจุดประกายความสงสัยใคร่รู้ให้กับนักเรียนไปสู่แรงจูงใจที่อยากจะศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งใน เชิงลึก 1.2 ใช้คำถามเชื่อมโยงจากข่าวเหตุการณ์หรือปัญหาจากชุมชน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากถาม 1.3 ใช้คำถามเชื่อมโยงจากบทเรียนปกติเช่น“มีเรื่องอะไรอีกที่นักเรียนต้องการรู้ 1.4 ใช้สื่ออื่น ๆ เช่น ภาพนิ่ง ป้ายนิเทศ วัสดุทัศน ฯลฯ และสื่อที่ใช้ควรทั้งปัญหาให้นักเรียนคิดที่จะศึกษาต่อ 1.5 ช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถเลือกเรื่อง/ปัญหาประเด็นที่ตนเองสนใจที่จะรู้เพิ่มขึ้นเพื่อจัดทำเป็นโครงงานร่วมกับนักเรียนวางแผนกำหนดเรื่องตามรูปแบบของ web หรือ Mind Map	นักเรียนได้เรื่องปัญหาประเด็นที่จะจัดทำเป็นโครงงานซึ่งเป็นงานเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมของผู้เรียน	กิจกรรมสนับสนุนของผู้สอน	ผลที่ได้รับ
2. การวางแผน 2.1 การกำหนด จุดประสงค์	1. คิดทบทวนไตร่ตรอง หาเหตุผลประกอบการ ตัดสินใจว่า “ต้องการ อะไรจากการกระทำ โครงการครั้งนี้” 2. เขียนสิ่งที่ตนเอง ต้องการ 3. พูดคุยกับเพื่อนเพื่อ ให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้น	1. ใช้คำถามให้นักเรียนคิดถึง ความต้องการหรือประเด็นที่ ต้องการศึกษาจากเรื่องที่เลือก ได้แล้ว 2. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ ของจุดประสงค์ของนักเรียน และให้ความคิดเห็น เสนอแนะให้คิดอย่าง รอบคอบ 3. ให้กำลังใจ	จุดประสงค์ของ โครงการ
2.2 การตั้ง สมมุติฐาน (การ คาดคะเนคำตอบ เฉพาะบาง โครงการที่ สามารถตั้ง สมมุติฐานได้)	เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่อง จากขั้นที่ 1-2.1 โดยเฉพาะโครงการทาง วิทยาศาสตร์ ดังนั้น นักเรียนควรดำเนินการ ดังนี้ 1. พูด คุยกับเพื่อนเพื่อ กำหนดคำตอบล่วงหน้า ซึ่งอาจมีหลายคำตอบ 2. เลือกคำตอบที่คาดว่า เหมาะสมและเป็นไปได้ มากที่สุด ซึ่งสอดคล้อง กับเรื่องปัญหา ประเด็น และจุดประสงค์ 3. เขียนสิ่งที่คาดเอาไว้ เพื่อการพิสูจน์	1. ใช้คำถามกระตุ้นให้คาด เดาคำตอบล่วงหน้า “นักเรียน คิดว่าน่าจะเป็นอย่างไร ?” 2. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ และให้ความคิดเห็น 3. ถามย้ำเพื่อให้นักเรียนคิด อย่างรอบคอบและมั่นใจใน คำตอบที่คาดคะเน	สมมุติฐาน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมของผู้เรียน	กิจกรรมสนับสนุนของผู้สอน	ผลที่ได้รับ
2.3 การกำหนดวิธีการศึกษา	1. คิดต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 2.1 และ 2.2 (ถ้ามี)ว่าจะศึกษาเรื่องนั้นได้อย่างไร โดย 1.1 ถามตัวเองมีวิธีใดบ้างที่จะศึกษาเรื่องนั้น ๆ ได้ 1.2 เลือกวิธีการที่เหมาะสมและสามารถทำได้ในข้อจำกัดที่มีอยู่ 1.3 กำหนดขั้นตอนหรือวิธีการศึกษา และระยะเวลา หรือ - ศึกษาแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้อง - กำหนดวิธีการที่จะศึกษาจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ - กำหนดระยะเวลา - กำหนดวิธีการนำเสนอ 2. นำข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-2 มาเรียบเรียงจัดทำเค้าโครงของโครงการ	1. กระตุ้น/ส่งเสริม/ให้คำปรึกษาในการ 1.1 คิดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย 1.2 เลือกวิธีการศึกษาที่สามารถทำได้ 1.3 เลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม 1.4 จัดทำเค้าโครงของโครงการ 2. เตรียมการประสานงานเพื่ออำนวยความสะดวกตลอดจนดูแลความปลอดภัยในการศึกษาตามขั้นตอนของโครงการ	เค้าโครง โครงการ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมของผู้เรียน	กิจกรรมสนับสนุนของผู้สอน	ผลที่ได้รับ
3. การลงมือปฏิบัติ	1. ลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด 2. บันทึกข้อมูลทุกขั้นตอน 3. ปรึกษาหารือกับเพื่อนหรือครูเป็นระยะเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4. ร่วมกันสรุปผลการปฏิบัติตามโครงการ	1. สังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมนักเรียน 2. ให้ความช่วยเหลือหรือช่วยแก้ปัญหาเมื่อต้องการ 3. ให้คำแนะนำในกรณีที่ต้องการให้นักเรียนมีการศึกษาที่กว้างขวางขึ้น เช่น อาจแนะนำแหล่งความรู้เพิ่มเติม 4. จัดเวทีให้มีการได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระยะ 5. ให้การเสริมแรงหรือให้กำลังใจ 6. อำนวยความสะดวกต่างๆ แก่ผู้เรียน	กระบวนการศึกษาและผลที่ได้จากการศึกษาขั้นตอนที่กำหนดไว้ในเค้าโครงงาน
4. การเขียนรายงาน	1. ศึกษารูปแบบหรือวิธีการเขียนรายงาน ในลักษณะที่หลากหลาย 2. เลือกวิธีการเขียนรายงานที่เหมาะสม 3. เขียนรายงานซึ่งประกอบด้วยปัญหาที่ทำการศึกษาวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิธีดำเนินการค้นคว้าอุปกรณ์หรือเครื่องมือเครื่องใช้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า	1. ให้คำปรึกษาในการเลือกรูปแบบหรือวิธีการเขียนรายงาน 2. แนะนำและให้ข้อติชมการเขียนรายงาน	เอกสารรายงานที่เป็นรูปเล่ม

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมของผู้เรียน	กิจกรรมสนับสนุนของผู้สอน	ผลที่ได้รับ
	ตลอดจนประโยชน์และ ข้อเสนอต่าง ๆ 4. จัดทำเป็นเอกสาร รูปเล่ม		
5 นำเสนอผลงาน	1. ศึกษาวิธีการนำเสนอ ที่หลากหลาย 2. เลือกวิธีที่เหมาะสม 3. เตรียมการนำเสนอผล ที่ได้จากการทำโครงการ ในหัวข้อ - กระบวนการศึกษา - ผลที่ได้จากการศึกษา	1. ให้คำปรึกษาในการเลือก วิธีการนำเสนอ 2. จัดบรรยากาศ/เวทีการ นำเสนอ 3. ประเมินผลการทำ โครงการของผู้เรียน 4. ส่งผลงานของผู้เรียนเข้า ร่วมแสดงหรือประกวด	รูปแบบการ นำเสนองาน

2. เอกสารเกี่ยวกับการตรวจสอบวงจรป้องกันในเครื่องรับโทรทัศน์สี

เครื่องรับโทรทัศน์ชั้นดี ต้องมีวงจรป้องกันหรือโปรเทกชัน(Protection) ชั้นดีร่วมด้วยเสมอ การออกแบบวงจรป้องกัน ถือเป็นการแสดงสติปัญญาของคนออกแบบเครื่อง เพราะวงจรป้องกันเป็นภาคที่เข้ามาแก้ไขปัญหาการเสียมิให้เกิดการลุกลามไปยังวงจรภาคอื่น ๆ ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับวงจรป้องกันอาจออกแบบให้หยุดวงจรฮอริซอนตอล ออกแบบให้หยุดภาคจ่ายไฟ หรือออกแบบให้หยุดทั้ง 2 อย่างก็ได้แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการออกแบบ

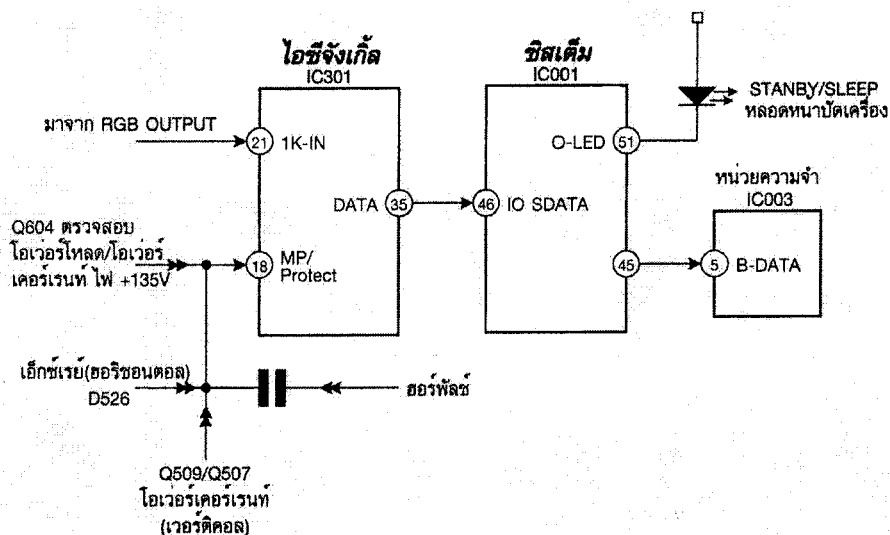
จนถึงยุคของการส่งข้อมูลในซิสเต็มคอนโทรลแบบ IIC หรือ I²C เมื่อวงจรเข้าสู่สภาวะผิดปกติต่าง ๆ ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่เป็นหน่วยซิสเต็มคอนโทรล จึงต้องเข้ามาทำหน้าที่เป็นหน่วยวิเคราะห์อาการเสียให้กับระบบ การออกแบบระบบวิเคราะห์อาการเสียเช่นนี้ มาจากแนวความคิด Electronics project management ที่ต้องการเพิ่มเทคโนโลยีในการผลิตให้มากขึ้น ลดการใช้ฝีมือแรงงานลง ทำให้การผลิตเพิ่มจำนวนผลผลิตและไม่จำเป็นต้องมีพนักงานวิเคราะห์ตรวจสอบอาการเสียในระบบการผลิต (Line product) และนี่คือความเป็นจริงของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในวันนี้ สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต (2545 :75)

เจน สงสมพันธ์ และคณะ “โทรทัศน์สีภาคสนาม 2-6” ได้เสนอหลักการทำงานและการตรวจสอบวงจรป้องกันในเครื่องรับโทรทัศน์สีไว้หลายยี่ห้อในที่นี้จะขอนำเสนอเพียงสามยี่ห้อคือ ยี่ห้อโซนี่ ยี่ห้อเนชั่นแนลหรือพานาโซนิคส์ และชาร์ป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการทำงานและการตรวจสอบวงจรป้องกันของเครื่องรับโทรทัศน์สีโซนี่

วิธีการโปรเทกชันในเครื่องรับโซนี่ก็ไม่ต่างไปจากสิ่งที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนั่นคือมีการนำเอารูปแบบวงจรโปรเทกชันแบบเดิม ที่มี “จุดแข็ง” มาใช้งานร่วมกับระบบใหม่ที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งแนวคิดที่เขียนออกมาเป็นไดอะแกรม ดังเห็นได้ในรูปที่ 2.1 โดยการตรวจสอบระบบทำได้โดยวงจรโปรเทกชันภายในหน่วยจังก์เกิ้ล ที่เป็นภาคฮอริซอนตอล นั่นคือเมื่อระบบเกิดปัญหาต้องหยุดการทำงานของฮอริซอนตอลเป็นอันดับแรก ทั้งยังส่งผลไปยังหน่วย PLL เพื่อให้ระบบอินเตอร์เฟสข้อมูล IC รับรู้ การตรวจสอบโปรเทกชัน ตรวจสอบที่ขา 18 ของ IC301 ส่งผลข้อมูลออกไปทางขา DATA คือขา 35 กลับไปยัง IC001 ซึ่งเป็นภาคซิสเต็มคอนโทรล (ไมโครคอมพิวเตอร์) ปกติแล้วขา 18 ของ IC103 มีสถานะเป็นไฮ หากแรงดันไฟฟ้าที่ขาดังกล่าวหายไปหรือเป็นโลว์ จะทำให้วงจรเข้าสู่สถานะโปรเทกชัน ตัดการทำงานของฮอริซอนตอล หยุดการทำงานของภาคจ่ายไฟแสดงผลความบกพร่องเป็นการกระพริบของ LED หน้าปัดเครื่อง

การตรวจสอบที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบโอเวอร์โวลด์-โอเวอร์เคอร์เรนท์ของระบบไฟ +135 โวลต์, การตรวจสอบเอกซ์เรย์โปรเทกชัน, การตรวจสอบโอเวอร์โวลด์ของเวอร์ติคอลล และการตรวจสอบการทำงานของฮอริซอนตอล



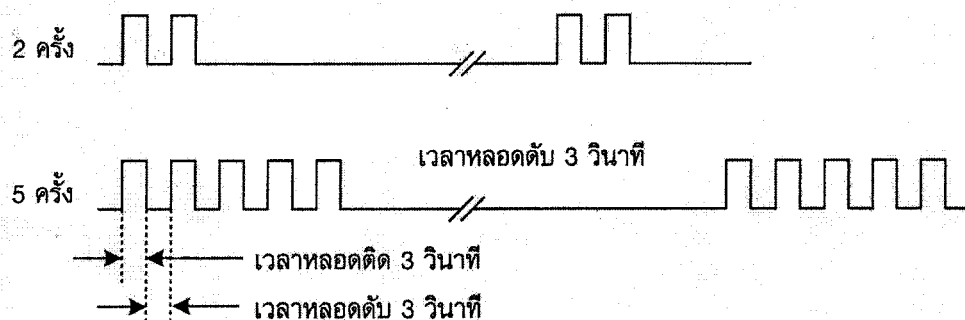
ภาพที่ 2.1 กระบวนการโปรเทกชัน

นั่นหมายถึงเกิดปัญหากับระบบโปรเทกชัน หรือฮอริซอนตอลไม่ทำงาน มีผลของอาการออกมาแบบเดียวกัน

ระบบโปรเทกชันที่กล่าวมาจึงส่งผลคำสั่งไปตัดการทำงานของภาคจ่ายไฟ และหลอดสแตนด์บายที่หน้าปัดเครื่อง 2 ครั้ง แล้วทิ้งจังหวะ กระพริบอีก 2 เป็นจังหวะอย่างนี้ต่อเนื่อง

นอกจากนี้แล้ว ระบบโปรเทกชันยังมีเพิ่มเติมการตรวจสอบการทำงานของวงจรขยาย R G B Output ด้วยการสำรวจกลับมายังขา 21 ของ IC301 ด้วย หากเบ็คกราวด์เกิดปัญหาไม่สมดุล หรือวงจร R G B ไม่ทำงาน ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขา 21 ลดต่ำลง เครื่องจะเข้าสู่ภาวะโปรเทกชัน โดยตัดภาพออกไป ระบบอื่น ๆ ยังคงเป็นปกติ แสดงผลความบกพร่อง เป็นการกระพริบของ LED ที่หน้าปัดเครื่อง 5 ครั้ง/ช่วง

การแสดงผลการกระพริบของหลอด LED ในขั้นตอนโปรเทกชัน แสดงรูปสัญญาณไว้ในภาพที่ 2.1 แล้ว

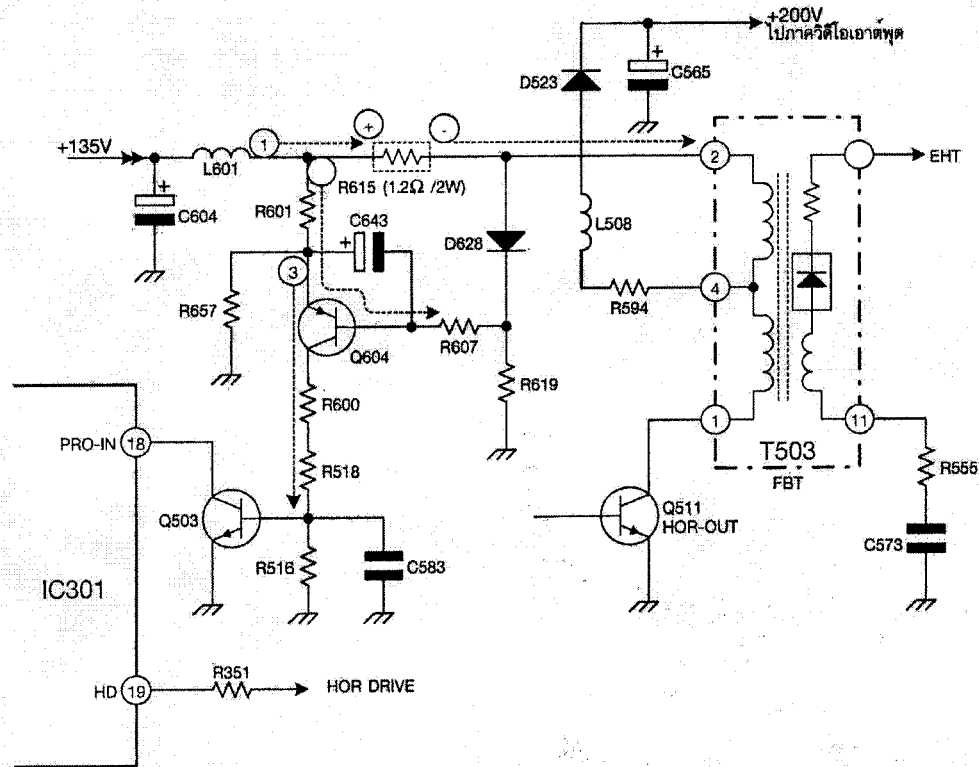


ภาพที่ 2.2 การกระพริบของ LED เมื่อโปรเทกชันทำงาน

2.1.1 วงจรตรวจสอบโอเวอร์เคอร์เร้นท์ของฮอริซอนตอล

ในกรณีที่ภาคฮอริซอนตอลทำงานเกินปกติ วงจรโปรเทกชันในหน่วยฮอริซอนตอลจะสำรวจกระแสส่วนเกิน ผลสุดท้ายคือหยุดการทำงานของวงจรฮอริซอนตอล เป็นลักษณะ จอมืดภาคจ่ายไฟทำงาน แอลอีดีหน้าปัดเครื่องแสดงผลความบกพร่องเป็นการกระพริบ 2 ครั้ง/ช่วง

วิธีการสำรวจโอเวอร์เคอร์เรน્ટ ในส่วนของฮอริซอนตอลกระทำได้ดัง
แสดงไว้ในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 วงจรป้องกันฮอริซอนตอลโอเวอร์เคอร์เรนท

ภาคฮอริซอนตอลจะรับแรงดันไฟฟ้าจาก +135 โวลต์ ซึ่งส่งผ่าน R615 ส่งเข้าไปยัง ฟลายแบ็ค ทรานฟอเมอร์ที่อยู่ในรูป T503 วงจรตรวจสอบกระแสส่วนเกินของฮอริซอนตอลกระทำโดยการตรวจสอบจากกระแสที่ไหลผ่าน R615 ซึ่งรีซิสเตอร์ดังกล่าวมีค่า 1.2 โอห์ม โดยใช้วงจรของ Q604 ดังปรากฏในภาพที่ 2.3 ต่อในลักษณะของการตรวจสอบไบอัสโดยเอาวงจรทางด้านอิมิตเตอร์กับเบสของ Q604 ต่อคร่อม R615 เอาไว้ โดยด้านที่กระแสของแรงดันไฟ +135 โวลต์ส่งเข้านั้นต่อกับขาอิมิตเตอร์ และทางกระแสออกของ R615 ต่อไดโอด D628 เพื่อนำเอากระแสแรงดันไฟออกส่งเข้าขาเบสของ Q604 เพื่อให้ Q604 คัดออฟ ในสภาวะปกติ Q604 ไม่นำกระแส

แต่เมื่อใดก็ตาม ถ้าฮอริซอนตอลลัดวงจร (อาจเป็นเพราะ Q511 ลัดวงจรหรือ ฟลายแบ็คทรานฟอเมอร์ลัดวงจร) กระแสจำนวนมากจะไหลผ่าน R615 (ให้กระแสหมายเลข 1) แรงดันไฟตกคร่อม R615 เป็นลบ ศักย์ที่เป็นลบคือแรงดันไฟบวกที่มีค่าต่ำลงในกรณีนี้

แรงดันไฟบวกผ่าน R615 แล้วลดต่ำลงนี้ จึงทำให้แรงดันที่ส่งผ่าน D628 เพื่อที่ทำให้ Q604 คัดออฟ ที่ค่าต่ำลงเปิดโอกาสให้เกิดกระแสหมายเลข 2 ไหลผ่าน R601 เข้าขาอีมิเตอร์ออกขาเบสของ Q604 ผ่าน R6027 เป็นไบอัสให้กับ Q604 ได้ในขั้นตอนสุดท้าย

เมื่อทรานซิสเตอร์ Q604 มีไบอัสแล้ว ทรานซิสเตอร์ดังกล่าวจึงจ่ายกระแส เป็นกระแสหมายเลข 3 ส่งออกขาคอลเล็กเตอร์ ส่งผ่าน R600 ผ่าน R518 แล้วจึงส่งเข้าไปยังขาเบส ของทรานซิสเตอร์ Q503 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q503 ต่อเอาขา 18 ของ IC301 ลงกราวด์ หยุดความถี่ สอริซอนตอลและส่งออกทางขา 19 ทำให้ภาคสอริซอนตอลหยุดทำงานเกิดอาการจอมืด ทั้งยังส่งผล ต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ให้ตัดการทำงานของภาคจ่ายไฟ(ตัวรีเลย์ออก) แสดงสภาวะผิดปกติใน ระบบโปรเทกชันโดยการกระพริบของ LED 2 ครั้ง/ช่องจังหวะ ในขั้นตอนสุดท้าย

2.1.2 เอ็กซ์เรย์โปรเทกชัน

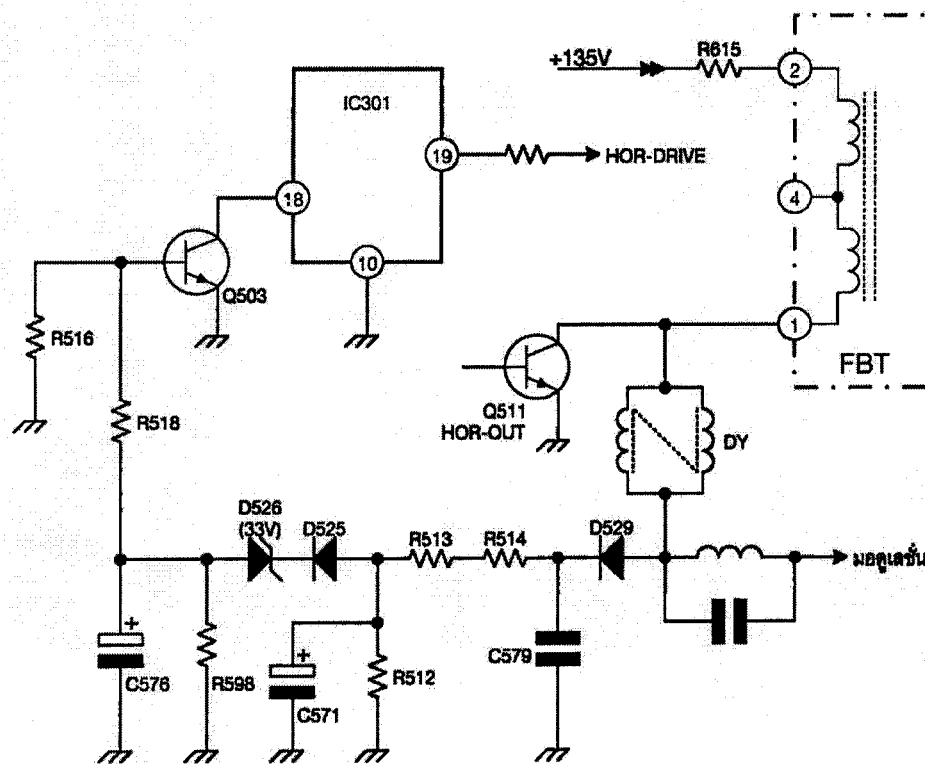
กรณีที่ภาคสอริซอนตอลทำงานเกินปกติ วงจรป้องกันจะต้องเข้ามาแก้ปัญหา เพราะภาคสอริซอนตอลเอาท์พุทจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแรงดันไปสูง ไม่ให้จ่ายไฟสูงเกินไป และพร้อมกันนั้น ถ้าวงจรสอริซอนตอลเอาท์พุททำงานเกินปกติระบบจ่ายไฟต่ำของ ฟลายแบ็คทรานฟอร์เมอร์ก็จะยับยั้งด้วย วงจรหลอดภาพที่เป็นหลอดภาพจอแบน(เป็นหลอดภาพ แบบดับเบิลโฟกัส) เพื่อทำให้ประสิทธิภาพของวงจรดีขึ้น จึงออกแบบเพิ่มกระแสเข้าไปเป็น 4 เท่าของปกติ ถ้าสอริซอนตอลทำงานเกินปกติ ระบบแรงดันไฟสูงย่อมเพิ่มตามมา ทวีความผิดพลาด ทำให้จอแตกได้

วงจรเอ็กซ์เรย์โปรเทกชันที่ปรากฏใน รูปที่ 2.4 อาจจะดูแปลกแตกต่างไป จากวงจรยี่ห้ออื่น ๆ เนื่องจากในขณะนี้ใช้วิธีการตรวจสอบการทำงานของสอริซอนตอลด้วยการ นำเอาพัลส์จากฟลายแบ็คทรานฟอร์เมอร์ที่ส่งผ่านดีเฟลิกชัน โย้มาสำรวจโดยวงจรเรกติฟลาย (ด้วย D529) และมาแบ่งแรงดันไฟที่ R514, R513, และ R512 ส่งแรงดันไฟที่เป็นผลตกคร่อม R512 ผ่านไดโอด D525 แล้วสำรวจแรงดันไฟด้วยซีเนอร์ไดโอด D526 ที่มีค่าจุดเบรคดาวนอยู่ที่ 33 โวลต์

วงจรเอ็กซ์เรย์โปรเทกชันทั่วไปจะใช้วิธีการนำเอาไฟจุดไส้หลอดมาตรวจสอบ (เมื่อสอริซอนตอลทำงานเกินปกติยอมทำให้ไฟจุดไส้หลอดยับยั้งสูง) แต่การที่โซนี่ทำวงจรเอ็กซ์เรย์ โปรเทกชันแบบนี้ ก็เพื่อการสำรวจได้ 2 ลักษณะแรกคือการตรวจสอบการทำงานของสอริซอนตอล วงจรต่อมาคือวงจรที่ใช้เพื่อการตรวจแก้พินคูลชัน

หากวงจรสอริซอนตอลหรือวงจรพินคูลชันทำงานเกินปกติ ย่อมจะทำให้เกิด แรงดันไฟสูงกว่าปกติ เป็นผลให้ D526 นำกระแส โดยกระแสที่ไหลผ่าน D526 จะผ่าน R518 ไป เข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q503 ทำให้ Q503 เป็นสวิตช์ต่อเอาขา 18 ของ IC301 ลงกราวด์ ทำให้ วงจรโปรเทกชันหยุดการทำงานของภาคสอริซอนตอล ความถี่ที่ส่งออกขา 19 ของ IC301 จึงหายไป

และการทำงานจะทำงานค้างอยู่อย่างนั้น เป็นอาการโปรเทกชันจอมืด ทั้งยังส่งข้อมูลไปยัง PLL ของระบบอินเทอร์เฟซข้อมูล ส่งผลต่อไปยัง IC001 (ซิสเต็มคอนโทรล) หยุดการทำงานภาคจ่ายไฟ ในอันดับต่อมา



ภาพที่ 2.4 วงจรเอ็กซ์เรย์โปรเทกชัน

2.1.3 การตรวจสอบโอเวอร์เรนท์ของเวอร์ติคอลล

วงจรเวอร์ติคอลลจะออกแบบให้รับแรงดันไฟ +13 โวลต์ โดยขณะที่แรงดัน +13 โวลต์ ได้มาจากฟลายแบ็กทรานส์ฟอร์มเมอร์ขา 9 เร็กติไฟด้วย D522 และฟิลเตอร์ด้วย C556 จ่ายแรงดัน +13 โวลต์ ผ่าน L501 และ R534 แล้วจึงจ่ายเข้าไปยังขา 2 และขา 6 ของ IC503 ขณะเดียวกันด้านที่จ่ายแรงดันไฟ -13 โวลต์ จะมาจากขา 7 ของฟลายแบ็กทรานส์ฟอร์มเมอร์ (T503) เพื่อส่งผ่านระบบเร็กติไฟด้วย D521 และฟิลเตอร์ด้วย C557 เพื่อจ่ายผ่าน L504 แล้วส่งเข้าขา 4 ของ IC503 ลักษณะรูปแบบของการจ่ายไฟเหมือนกับวงจรขยายเสียงโอซีแอล

การตรวจสอบโอเวอร์เคอร์เรนท์ของเวอร์ติคอลลจะใช้วิธีการสำรวจกระแสที่ไหลผ่าน R534 ดังปรากฏอยู่ในภาพที่ 2. 5 โดยในสภาวะปกติเราจะนำเอาแรงดันไฟฟ้าทางเข้าส่งผ่าน

R529 และ R528 เพื่อเป็นวงจรดีไวเดอร์ลดแรงดันไฟลงมา จ่ายแรงดันไฟดังกล่าวนี้ให้ขาอิมิตเตอร์ของ Q507 ในขณะที่อีกด้านหนึ่งของ R534 ที่ต่อไว้กับขา 2 ของ IC503 จะส่งแรงดันไฟบวกผ่าน D508 เพื่อเอาแรงดันไฟ +13 โวลต์ไปต่อไว้กับ R546 เพื่อรีเวิร์ส Q507 ทำให้แรงดันไฟทางขาเบสของ Q507 สูงกว่าอิมิตเตอร์

ในกรณีที่เวอร์ติคอลลโดย IC503 ลัดวงจร ย่อมทำให้กระแสไหลผ่าน R534 มากขึ้น แรงดันตกคร่อม R534 มากขึ้น โดยแรงดันไฟทางเข้าถือว่าเป็นสัปดาห์บวกและแรงดันไฟทางออกถือว่าเป็นสัปดาห์ลบ เมื่อแรงดันไฟทางเข้ามีค่าขยับสูงขึ้นและแรงดันไฟทางออกซึ่งจะต้องจ่ายผ่าน D508 ไปรีเวิร์สขาเบส Q507 ให้ต่ำลง กรณีเช่นนี้จะยอมทำให้ Q507 นำกระแสได้ เกิดการไหลของกระแสหมายเลข 1 ซึ่งเป็นกระแสมาจากไฟทางเข้าของ R534 (ดูรูปที่ 2.5) จะไหลผ่าน R529 เข้าขาอิมิตเตอร์ Q507 ทำให้ Q507 มีไบอัส ทรานซิสเตอร์ Q507 จึงสามารถจ่ายกระแสจากขาอิมิตเตอร์ออกไปยังขาคอลเล็กเตอร์ของมันเองได้ กระแสดังกล่าวจะผ่าน R536, D505 เพื่อส่งไปยังวงจรทางด้านเบสของ Q503 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q503 เป็นสวิตช์ต่อวงจร เอาขา 18 ของ IC301 ลงกราวด์ ระบบโปรเทกชันจึงทำงานได้อีกครั้งหนึ่ง

การโปรเทกชันในวงจรส่วนนี้ ยังรวมไปถึงการที่แรงดันไฟ -13 โวลต์หายไปด้วย ไม่ว่าจะหายไปเพราะไม่มีการจ่ายแรงดันไฟส่วนนี้เข้าสู่วงจร หรือเป็นเพราะวงจรเวอร์ติคอลลเอาท์พุทลัดวงจรก็ตาม อาการโปรเทกชันจึงเกิดขึ้นได้เสมอ

2.1.4 การตรวจสอบการทำงานโดยรวมของระบบดีเฟกชัน

ในกรณีภาคฮอริซอนตอลไม่สามารถทำงานได้ หรือกรณีที่ภาคเวอร์ติคอลลไม่สามารถผลิตสัญญาณขึ้นมาได้วงจรโปรเทกชันจะสั่งหยุดฮอริซอนตอลและภาคจ่ายไฟ ทำให้การตรวจซ่อมนั้นมีความยุ่งยากอยู่พอสมควร ขณะนี้หากพิจารณาวงจรตามภาพที่ 2.5 พบว่ามีการสำรวจการทำงานของฮอริซอนตอลและเวอร์ติคอลล โดยสำรวจจากแบลงกิ้งพัลส์ของเวอร์ติคอลล มีการนำเอาแบลงกิ้งพัลส์ของเวอร์ติคอลลที่ปรากฏขึ้นที่ขา 3 ของไอซีเวอร์ติคอลลเอาท์พุท (เกิดขึ้นได้ต่อเมื่อวงจรเวอร์ติคอลลทำงานได้แล้ว) ส่งผ่านวงจรคัปปลิ่งซึ่งทำงานด้วย C526 และลดแรงดันไฟลงด้วย R559 และ R558 ไปเรกติฟายด้วย D512 ฟิลเตอร์ด้วย C524 เอาแรงดันไฟดังกล่าวนี้ส่งผ่านไดโอด D511 เพื่อไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q509 ทำให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q509 เป็น 0 โวลต์ตลอด หากวงจรเวอร์ติคอลลและฮอริซอนตอลทำงาน

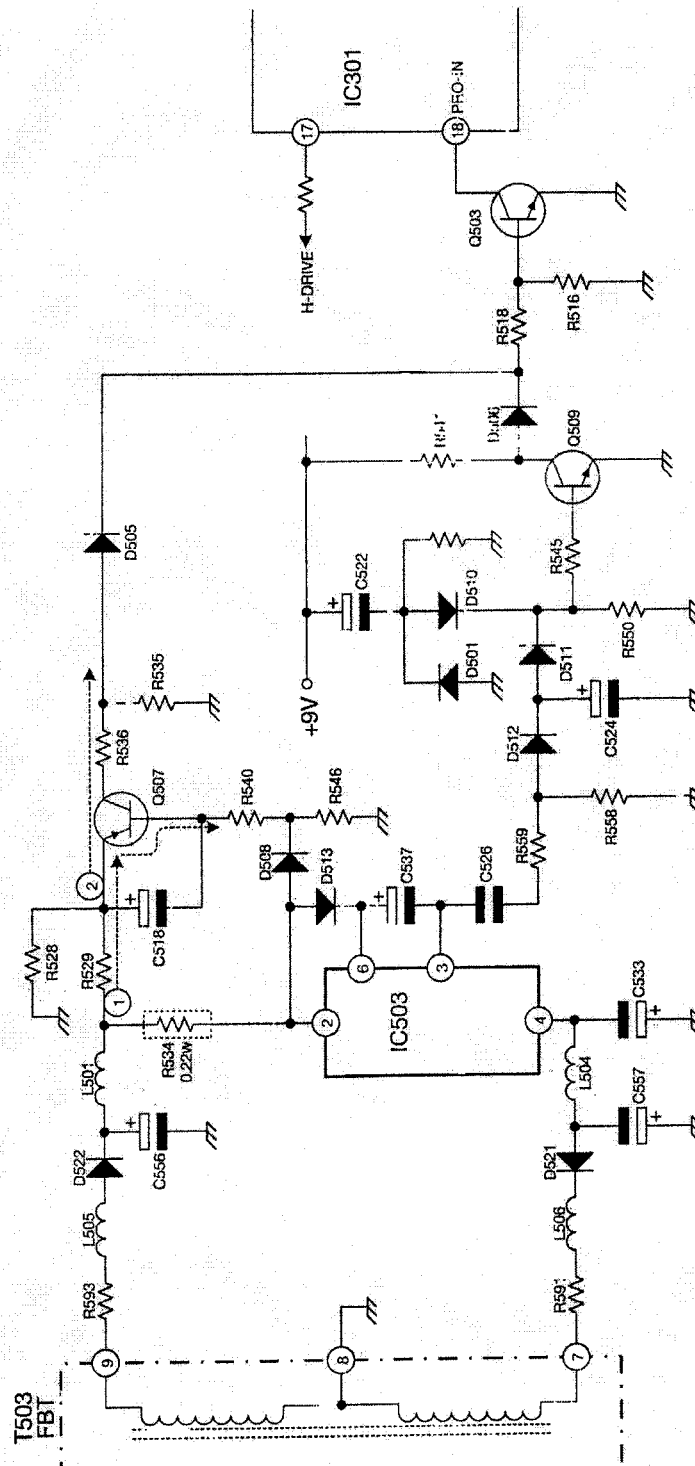
แต่ถ้าเมื่อไรก็ตามวงจรแบลงกิ้งไม่สามารถผลิตสัญญาณแบลงกิ้งขึ้นมาได้ หรือเมื่อไรที่วงจรฮอริซอนตอลไม่สามารถจ่ายพัลส์ออกมาอย่างชัดเจนได้ ย่อมทำให้สัญญาณแบลงกิ้งไม่เกิดขึ้น แรงดันไฟที่เรกติฟายด้วย D512 และฟิลเตอร์ด้วย C524 จะหมดไป ไบอัสทรานซิสเตอร์ Q509 จะหมดไปเช่นกัน และทำให้แรงดันไฟทางด้านขาคอลเล็กเตอร์ของ Q509 ขยับสูงขึ้น เพราะ

คอลเล็กเตอร์ของ Q509 ต่อบรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟ +9 โวลต์ซึ่งมาจากภาคเพาเวอร์ซัพพลายให้ส่งผ่าน R541 ผ่านไดโอด D506 จ่ายเป็นแรงดันไฟเพื่อไบอัสให้กับ Q503 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q503 เป็นสวิตช์ต่อเอาขา 18 ของ IC301 ลงกราวด์ วงจรจึงเข้าสู่ภาวะโปรเทกชัน

การทำอย่างนี้เพื่อลือการทำงานของโปรเทกชันให้ค้างการทำงานตลอดเวลา ไม่ให้วงจรโปรเทกชันทำงานแบบสออีวงจรรฮอร์ซอนตอลหยุดไป โดยที่ภาคจ่ายไฟ +9 โวลต์ลือกวงจรค้างไว้ และต่อจากนั้นซิสเต็มคอลโทรลจะสั่งตัดการจ่ายไฟ แรงดันไฟ +9 โวลต์จึงหายไป

แต่อย่างไรก็ดีในการเริ่มต้นการทำงานนั้น ไฟจากภาคจ่ายไฟที่เป็นแรงดัน +9 โวลต์ ย่อมจ่ายเข้าสู่่วงจรก่อนที่ฮอร์ซอนตอลจะทำงาน ดังนั้นแรงดันไฟ +9 โวลต์ จึงต้องส่งผ่าน C522 เพื่อให้คาปาซิเตอร์ดังกล่าวทำการชาร์จประจุส่งผ่านไดโอด D510 เพื่อเป็นไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q509 รอเวลาให้ฮอร์ซอนตอลทำงาน เมื่อฮอร์ซอนตอลทำงานได้แล้ว และเวอร์ติคอลทำงานตามมานั้นเป็นเวลาเดียวกับที่ C552 ชาร์จประจุเต็มที่และ C522 จะไม่นำกระแสอีกต่อไป เปิดโอกาสให้แรงดันไฟที่มาจากภาคเวอร์ติคอลแบลงกึ่งส่งเข้ามาไบอัส Q522 ทดแทน

การโปรเทกชันเกิดขึ้นหลังจากขาดเวอร์ติคอลแบลงกึ่งตั้งแต่ 7 ลูกขึ้นไป



ภาพที่ 2.5 โอเวอร์คอร์เรนท์ของเวอร์ติคัล

2.1.5 การวิเคราะห์ตรวจสอบในกรณีโปรเทกชัน

กรณีโปรเทกชันของโซนี่ ยังเป็นลักษณะวงจรแบบเดิม ๆ นั่นก็คือ การหยุดวงจรซอร์ชอนตอล และภาคจ่ายไฟ อาการที่เกิดขึ้นจึงไม่ใช่อาการที่เครื่องตัดเข้าสู่สถานะแสดงตนคบายธรรมดา อาการโปรเทกชันจะเป็นอาการจอมืดไฟสูงไม่มี ไฟจุดไส้หลอดไม่ออก แอลอีดีแสดงผลกระพริบ ครึ่งในแต่ละช่วงจังหวะ แต่ขั้นตอนการตรวจสอบวงจร จะใช้เวลาวิเคราะห์ไม่เกิน 7 วินาที เพราะหลังจากนั้นแล้วการวิเคราะห์ด้วยการวัดแรงดันจะไม่สามารถวัดผลใดๆได้ การวิเคราะห์ตรวจสอบจึงต้องวัดแรงดันรอไว้ก่อนเปิดเครื่อง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) วัดแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q604 (ขากลาง) โดยวัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติจะไม่มีแรงดันไฟ หากผลการวัดมีแรงดันไฟเกิดขึ้นที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q604 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ทรานซิสเตอร์ Q511 ซึ่งเป็นภาคซอร์ชอนตอลเอาท์พุทรวหรือลัควงจรพลาเย็คทรานฟอร์เมอร์ T503 ซอร์ตรอบ

ก) ภาควิดีโอเอาท์พุทมีปัญหา ให้ถอดซ็อกเก็ตของวงจรหลอดภาพออก แล้วทดสอบว่าเครื่องทำงานได้หรือไม่

ข) R615 ซึ่งเป็นรีซิสเตอร์ค่า 1.2 โอห์มยัดค่า

ค) ทรานซิสเตอร์ Q604 รั่ว

ง) C643 ลดค่า

จ) ไฟดันทางที่เป็นไฟ +135 โวลต์ เกินปกติ

ฉ) วงจรภาค อาร์ จี บี เอาท์พุทเสีย

ทั้ง 7 ส่วนนี้ ส่วนไหนที่วิเคราะห์ตรวจสอบได้ง่ายที่สุด ให้ไปวิเคราะห์วงจรนั้นเพื่อตัดประเด็นอุปกรณ์ที่น่าสงสัยออกไปทีละตัว จนกระทั่งถึงตอนสุดท้ายท่านจะได้ตัวเสียที่แท้จริง อย่างกรณีนี้ท่านต้องวัดแรงดันไฟ +135 โวลต์ ว่าแรงดันไฟดังกล่าวสูงเกินปกติหรือไม่ ถ้าแรงดันไฟดังกล่าวสูงเกินปกติ ท่านต้องไปตรวจสอบภาคจ่ายไฟที่เป็นชนวนทำให้ไฟจ่ายเกิน หลังจากนั้นหากสำรวจ Q511 ได้ง่ายให้สำรวจ Q511 หรือมีเช่นนั้นให้สำรวจค่าความต้านทานของ R615 ว่ายัดค่าหรือไม่ ส่วนคาปาซิเตอร์ C643 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาของ Q604 ในช่วงจังหวะแรก เพื่อให้แรงดันที่ขาอิมิตเตอร์กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q604 มีค่าระดับแรงดันไฟเท่ากันในระดับเริ่มต้นครั้งแรก ถ้าสงสัยว่า C643 จะลดค่าให้ใช้คาปาซิเตอร์ภายนอกต่อพร้อม C643 เข้าไปถ้าวงจรทำงานปกติก็คือ C643 เสีย

การสำรวจกรณีโอเวอร์โวลของภาคอาร์จีบี ทำได้โดยการวัดแรงดันที่ขา 21 ของ IC301 ปกติแรงดันไฟไม่เกิน 3-3.5 โวลต์ หากแรงดันไฟเกินนี้แสดงว่าตัวเสียคือหน่วย

อาร์จีบี การวัดใช้วิธีวัดรอก่อนเปิดเครื่อง(ใช้มิเตอร์แบบเข็ม) อยากทราบว่าทรานซิสเตอร์ตัวไหนเสีย ให้ไปวัดวงจรคอหอย โดยวัดประตั้นดังต่อไปนี้

ก) วัดไฟที่ขา C ของ Q709 วัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติไฟที่จุดนี้ไม่เกิน

3 โวลต์ หากไฟเกิน R714 ขาด, Q706, Q712 ชอร์ต

ข) วัดไฟที่ขา C ของ Q708 วัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติที่จุดนี้ไม่เกิน 3

โวลต์ หากไฟเกิน R712 ขาด, Q705, Q711 ชอร์ต

ค) วัดไฟที่ขา C ของ Q707 วัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติที่จุดนี้ไม่เกิน 3

โวลต์ หากไฟเกิน R710ขาด, Q704, Q710 ชอร์ต

กรณีของวงจรนี้ หากดูความสัมพันธ์ในระบบ ดูได้จากภาพที่ 2.7 และภาพที่ 2.9 แต่อย่างไรก็ดีต้องห้ามอยู่กรณีหนึ่งว่า ในกรณีที่ท่านสงสัยทรานซิสเตอร์ Q604 ให้สงสัยเป็นกรณีสุดท้าย และอย่าไปปลด Q604 ก่อนที่จะวิเคราะห์โหนดอื่น ๆ เพราะ Q604 จะเป็นเพื่อนที่ซื่อสัตย์ให้กับวงจรโปรเทกชัน

2) ตั้งมิเตอร์วัดพัลส์ AC ที่เกิดขึ้นที่ขา 6 ของฟลายแบ็คทรานฟอเมอร์ T503 โดยการวัดรอก่อนเปิดเครื่อง ถ้าวงจรฮอริซอนตอลทำงานเป็นปกติ เซมิคอนดักเตอร์จะขึ้นแล้วก็ลง แต่ถ้าการวัดปรากฏว่าไม่มีพัลส์เกิดขึ้นเลย นั้นหมายความว่าวงจรฮอริซอนตอลยังไม่สามารถทำงานได้ แต่อย่างไรก็ดี ให้ลองสลับสายมิเตอร์อีกครั้งหนึ่ง โดยวัดรอก่อนเปิดเครื่อง หากไม่มีพัลส์ที่จุดนี้ ถือว่าตอนนี้ท่านต้องทำการซ่อมในส่วนของภาคฮอริซอนตอล

3) วัดแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ Q507 โดยวัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติแรงดันไฟที่จุดนี้จะเป็น 0V แต่ถ้าเมื่อไรที่เกิดแรงดันไฟขึ้นที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q507 นั้นหมายถึงว่า

ก) IC503 ลัดวงจร

ข) R534 ยึดค่า

ค) แรงดันไฟ -13 โวลต์ ของ IC503 หายไป

ง) C518 ลดค่า

จ) Q507 รั่ว

กรณีดังกล่าวนี้ให้ท่านสำรวจ R534 ค่า 0.22 โอห์ม เป็นลำดับแรก ว่ายึดค่าหรือขาดไปแล้วหรือไม่ หลังจากนั้นให้วัดแรงดันไฟ -13 โวลต์ ที่ขา 4 ของ IC503 โดยการวัดรอก่อนเปิดเครื่อง หากแรงดันไฟ -13 โวลต์ไม่มี นั้นหมายถึง R591 ขาด D521 เสีย

แต่ถ้าได้ปฏิบัติตามที่ว่ามาครบถ้วนแล้ว แต่วงจรยังไม่สามารถทำงานได้ ให้ลองขา 2, ขา 6 และขา 4 ของ IC503 ออก (การที่ถอดล่อยวงจรของ IC503 ออกได้เพราะวงจรเวอร์ติคอลไม่ส่งผลใด ๆ ให้กับฮอริซอนตอลเกิดความเสียหาย)พร้อมกันนั้นให้ต่อขาคอลเล็กเตอร์

ของ Q503 ซึ่งเป็นตัวตรวจสอบฮอริซอนตอล (ขากลาง) ลงกราวด์ หลังจากนั้นให้จ่ายไฟเข้าเครื่อง ถ้าหากว่าเครื่องทำงานได้แสดงว่า IC503 เสีย หรือ C518 ลดค่า แต่ถ้าเครื่องยังทำงานไม่ได้ นั่นหมายถึงว่า Q507 เป็นตัวเสีย

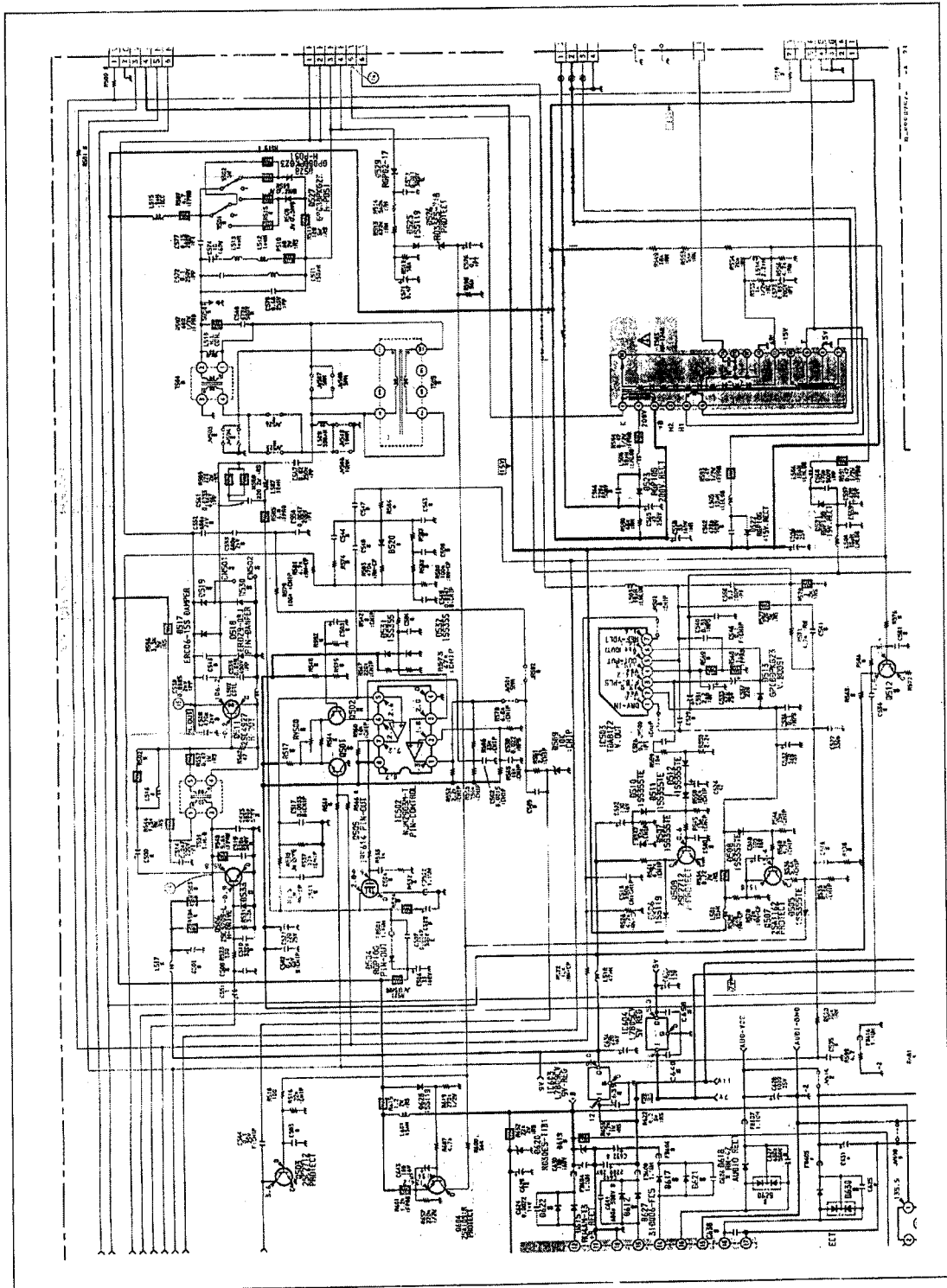
2.1.6 การตรวจสอบฮอริซอนตอล

ในกรณีที่พบว่าวงจรฮอริซอนตอลไม่สามารถทำงานได้ วงจรโปรเทกชันจะตัดวงจรทำให้เกิดอาการจอมืด และตัดภาคจ่ายไฟเป็นอันดับถัดมา ในการวิเคราะห์ตรวจสอบนั้น จะต้องทำการวิเคราะห์ด้วยการวัดไฟรอก่อนเปิดเครื่อง ซึ่งวิธีการซ่อมลักษณะนี้สามารถอ้างอิงได้จากการตรวจสอบเครื่องเนชั่นแนล ในตำรา โทรทัศน์สีภาคสนามเล่ม 2 หรืออ้างอิงจากการซ่อมเครื่องยี่ห้อชาร์ปใน เทคโนโลยีทีวีจอแบน และ เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์ 3

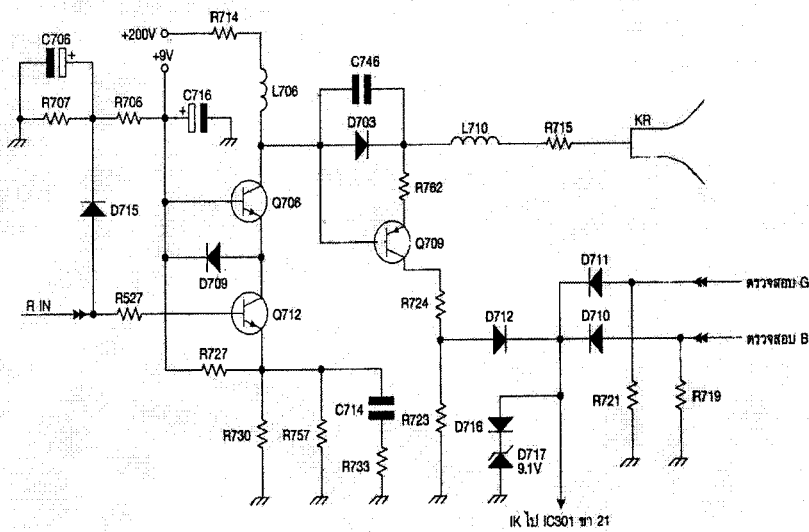
2.1.7 โปรเทกชันในภาควิดีโอเอาต์พุต

หากภาค R G B Output เกิดลัดวงจร ผลการทำงานจะมีการโปรเทกชันโดยตรงอยู่แล้ว จากการที่มีการดึงกระแสผ่านฟลายแบ็กทรานส์ฟอร์มเมอร์

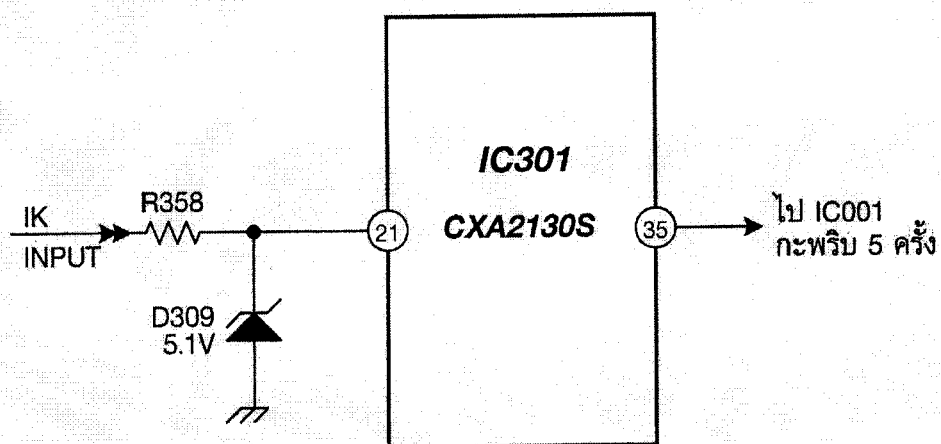
ภาพที่ 2.7 แสดงภาพให้เห็นว่า วงจรดังกล่าวใช้ไฟเลี้ยงวงจรจาก +200 โวลต์ เมื่อมองไปที่วงจรใช้งาน แรงดันไฟ +200 โวลต์นี้ได้มาจากขดลวดไพรมารีของฟลายแบ็กทรานส์ฟอร์มเมอร์ ซึ่งเป็นขดลวดที่มีการจ่ายแรงดันไฟ +135 โวลต์ จากภาคจ่ายไฟโดยตรง เมื่อวงจรอาร์ จี บี เอาท์พุต เกิดปัญหาลัดวงจร หรือโอเวอร์เคอร์เรนท์ ย่อมส่งผลเสมือนการโอเวอร์เคอร์เรนท์ของฮอริซอนตอล โดยวิธีการวิเคราะห์ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้



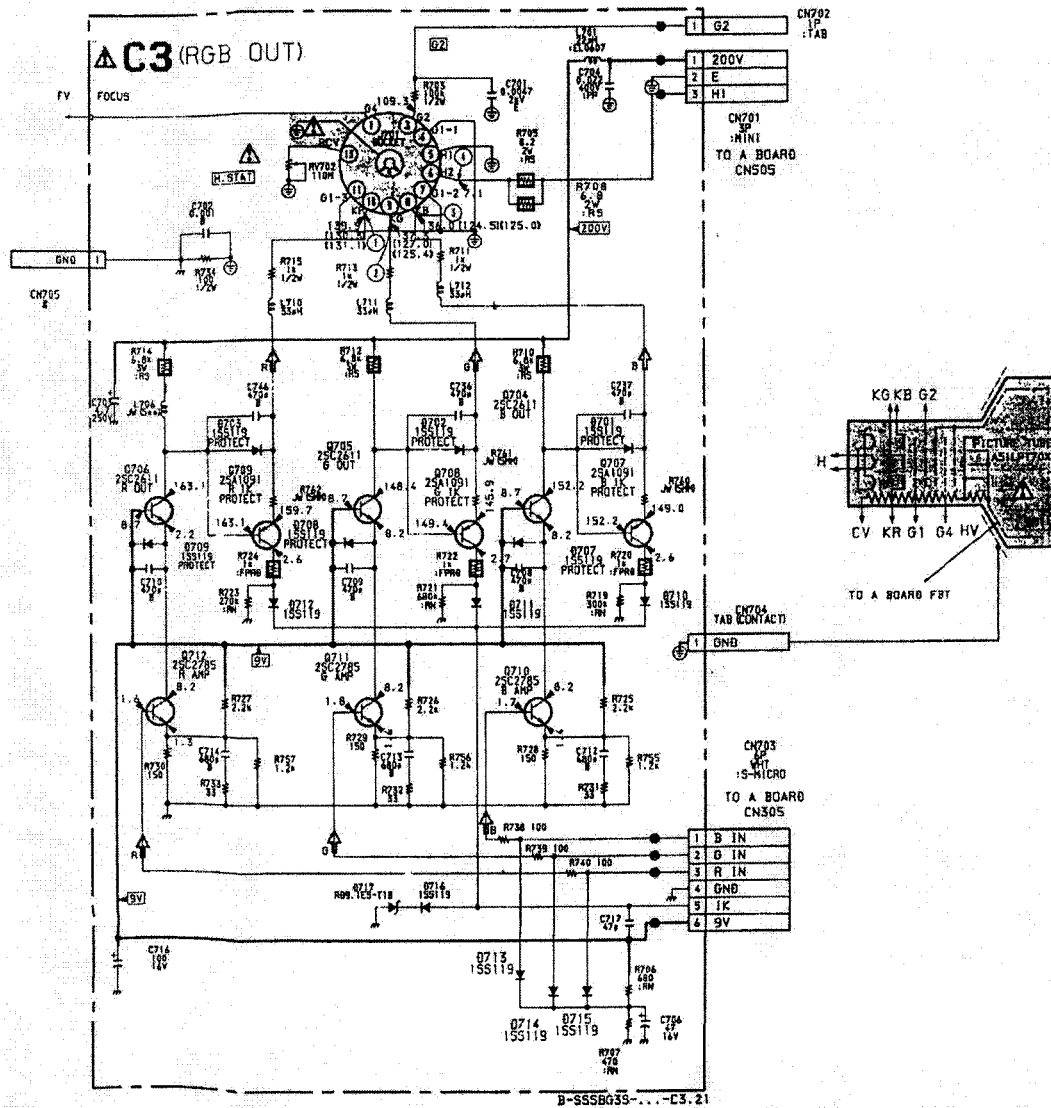
ภาพที่ 2.6 วงจรรวมของโปรเตกชั่น



ภาพที่ 2.7 แสดงวิธีตรวจสอบภาค R G B Output



ภาพที่ 2.8 แสดงการเข้าโปรเทกชั่น



ภาพที่ 2.9 วงจรของภาค RGB Output

การตรวจสอบระบบในเครื่องนี้ เข้ามาตรวจสอบการทำงานของ RGB ว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่ โดยภาพที่ 2.7 แสดงเพียงวงจรของเอาต์พุตสีแดงอย่างเดียว ส่วนของสีอื่น ๆ มีรูปวงจรเหมือนกัน อาจดูวงจรเปรียบเทียบได้จากรูปที่ 2.9 โดย Q712 เป็นไดโอด Q706 เป็นเอาต์พุต มีวงจร Q709 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบการทำงานหรือเป็นโปรเทกชัน

หากวงจรทำงานตามปกติ ย่อมทำให้กระแสจำนวนหนึ่งขึ้นกับ Q709 เกิดแรงดันไฟปกติที่ขาคอลเล็กเตอร์ประมาณ 2.5-2.6 โวลต์ หากไม่มีราสเตอร์ แรงดันตรงนี้จะหายไป ส่งผลไปยังขา 21 ของ IC301 ดังแสดงความสัมพันธ์ของระบบเอาไว้ในภาพที่ 2.8 ส่งผลไปยัง

ซิสเต็มคอนโทรล สั่งตัดสัญญาณภาพออก และแสดงการกระพริบของ LED 5 ครั้ง/ช่วงจังหวะเวลา
การเกิดโปรเทกชันของกรณีนี้ยังเกิดขึ้นได้เมื่อเบ็คกราวด์ไม่สมดุล

การตรวจสอบทำได้โดยการวัดไฟที่ ขา 21 ของ IC301 อยู่ที่ 3-3.5 โวลต์
ไฟที่จุดต่ำ แสดงว่ามีการโปรเทกชันมาจากระบบจอ หรือจอไม่มีสัญญาณภาพ หากไฟเกินปกติ
เกิดจาก R G B โอเวอร์เคอร์เรนซ์

ตารางที่ 2.2 แสดงอาการเสียของโปรเทกชัน ที่แสดงผลด้วยการกระพริบของ LED ที่หน้าเครื่อง

จำนวนครั้ง การกระพริบ	วิเคราะห์ อาการเสีย	มูลเหตุ	ตัวที่เสียที่เป็นไปได้	รหัสดิจิทัล
ไม่ติดเลย	- ไฟไม่จ่าย	- ภาจจ่ายไฟไม่ทำงาน - ระบบไฟ AC มีปัญหา	- ฟิวส์ F4601 - สาย AV	-
2 ครั้ง	- โหลด +B ลัดวงจร - ภาจจ่ายไฟจ่ายไฟ เกิด - เวอร์ติคอลลอยด์ ทำงาน - สอริชอนตอลทำงาน เกินปกติ	- ภาจจ่ายไฟไม่ทำงาน - โหลดภาจจ่ายไฟ ลัดวงจร - เข้าสู่สถานะแสดงนบาย หลังมีราสเตอร์ - ภาจจ่ายไฟลัดวงจร	- Q511 สอริเอทท์พุต ลัดวงจร - IC701 วิดีโอ เอทท์พุตลัดวงจร - ไม่มีไฟ -13 โวลต์ - IC503 เสีย	002 : 000 หรือ 002 : 001 ~ 255 003 : 001 ~ 255 004 : 001 ~ 255 หรือทำนองเดียวกัน
5 ครั้ง	- วงจรไวท์บาลานซ์	- ไม่มีราสเตอร์ - กระแสคาโอดของ RGB น้อยไป	- ไฟสกรีนไม่ถูก - จอภาพ - IC701 หรือภาจ วิดีโอเอทท์พุต - IC301 เสีย - หัวต่อพริ้นต์ A ไม่ต่อกับพริ้นต์ B	005 : 000 หรือ 005 : 001 ~ 255
-	- ไมโครคอมพิวเตอร์รี เซ็ต	- ภาจจ่ายไฟตัดเมื่อเข้าสู่ NORMAL - ไมโครคอมพิวเตอร์ค้าง	- ดิสชาร์จจอภาพ - ดิสชาร์จสเตติก - สัญญาณรบกวน ภายนอก	101 : 00 หรือ 101 : 001 ~ 225

2.1.8 การกระพริบของหลอดแอลอีดี

ในกรณีที่เกิดมีปัญหาทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ หลอดแอลอีดีที่เป็นหน่วย แสดงนับายจะกระพริบก่อนที่จะค้างการทำงาน การกระพริบของหลอดแอลอีดีจะเป็นตัวบอกรหัสอย่างหนึ่งให้กับระบบ โดยสามารถที่จะชี้ประเด็นเพื่อนำไปวิเคราะห์ตรวจสอบได้ดังต่อไปนี้

กระพริบ 3 ครั้ง เป็นการบอกถึงความล้มเหลวของข้อมูลภายใน IC301

กระพริบ 4 ครั้ง แสดงให้เห็นถึงว่าในขณะนี้มีฟลายแบ็กพัลส์ส่งให้กับ IC301 ให้สำรวจฟลายแบ็กพัลส์

กระพริบ 5 ครั้ง เป็นการชี้ให้เห็นว่าข้อมูล Stack ของ IC301 ไม่สามารถผ่านไปได้อีก

กระพริบ 6 ครั้ง แสดงให้เห็นถึงระบบโปรเทกชันแรงดันไฟ +B, แสดงให้เห็นถึงฟลายแบ็กทรานฟอร์เมอร์มีปัญหาหรือ IC501 ลัดวงจร

กระพริบ 7 ครั้ง นั้นหมายถึงหน่วยความจำล้มเหลว IC003 เสีย

กระพริบ 8 ครั้ง นั้นหมายถึงหน่วยความจำและ IC301 ร่วมกันเป็นปัญหาค่าเสียอาจจะเป็น IC002 หรือ IC301 หรือทั้ง 2 ตัว

กระพริบ 9 ครั้ง เป็นความผิดพลาดโดยทั่วไปของระบบ I2C BUS ตัวที่มีปัญหาได้แก่ IC001, IC002, IC003 หรือ IC301

2.2 วิธีการทำงานและการตรวจสอบวงจรป้องกันของเครื่องรับโทรทัศน์สีชั้นแนล

2.2.1 วงจรป้องกันหลอดลัดวงจร

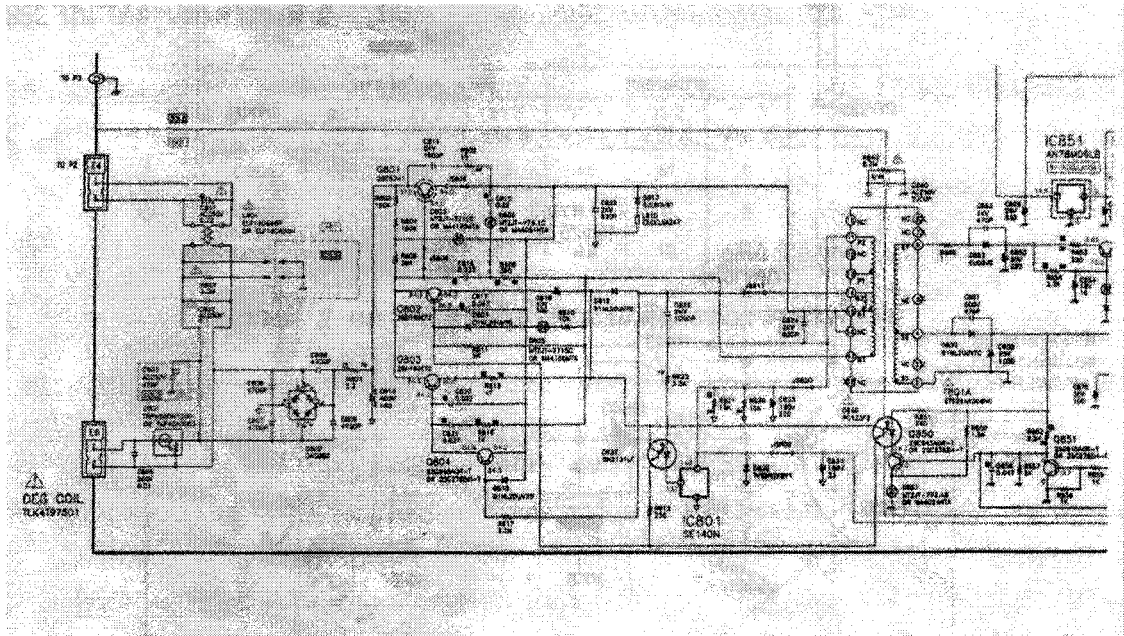
ยังคงมีทรานซิสเตอร์ภายใน IC701 ที่ยังไม่ได้มีการกล่าวถึงอยู่อีกตัวคือ Q3 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรโอเวอร์เคอร์เรนต์โปรเทกชัน โดยวงจรของการนี้จะเป็นไปตามรูปที่ 2.10

1) การตรวจสอบการทำงานว่า ขณะนี้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ในตัวของ ic701 นำกระแสเกินปกติหรือไม่ ใช้รีซิสเตอร์ R712 เป็นตัวตรวจสอบ หากโหลดเกินวงจรหรือดึงกระแสเกินปกติ ย่อมทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 นำกระแสมากขึ้น แปรผลเป็นแรงดันไฟตกคร่อม R712 มากขึ้น แรงดันไฟ

2) ผลจากการที่ Q851 เป็นสวิตช์ออฟ ย่อมจะทำให้ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q851 มีระดับแรงดันไฟสูงขึ้น กระแสที่มาจากชุดของไฟ 24 โวลต์ จึงไหลผ่าน R852, R544 และ R543 ส่งไปยังขาเบสของ Q548 ได้ และทำให้ Q548 ทำงานเป็นลักษณะสวิตช์ต่อวงจร

3) เมื่อ Q548 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อวงจรได้แล้ว ทรานซิสเตอร์ดังกล่าวจึงไปดึงเอาไบอัสเบสของ Q549 ซึ่งเป็นหน่วยฮอริซอลคอลไดร์เวอร์ให้ไบอัสของ Q549 ส่งผ่าน R545 มีค่า 100 โอห์ม ผ่านการทำงานของ Q548 ซึ่งเป็นสวิตช์ต่อไปยังกราวด์โดยตรง ผลเช่นนี้ย่อมทำให้ Q549 หยุดทำงาน

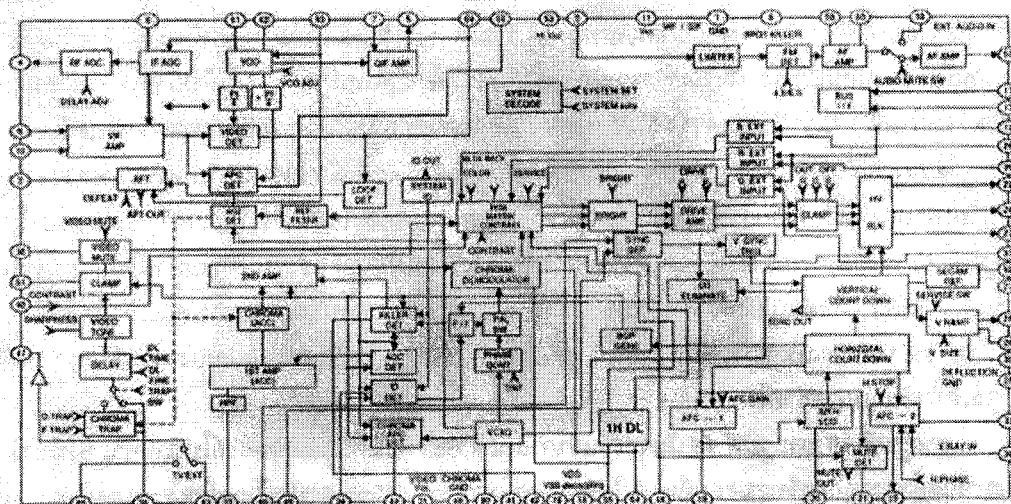
นั่นก็หมายความว่าขณะนี้ เมื่อสอริซอลตอลโคโรเวอร์ไม่สามารถทำงานได้ จะไม่สามารถส่งความถี่สอริซอลตอลผ่านโคโรเวอร์ทรานฟอร์เมอร์ T550 ไปยังภาคสอริซอลตอล เอาต์พุตได้ ภาคสอริซอลตอลเอาต์พุตจึงหยุดทำงาน และในกรณีเช่นนี้ย่อมจะทำให้ไบอัส หลอดภาพและไฟสูงของหลอดภาพไม่สามารถจะมีขึ้นมาได้ จึงเป็นอาการจอมืด ไม่มีภาพ ไม่มีเสียงนั่นเอง



ภาพที่ 2.10 วงจรรวมทั้งหมดของภาคจ่ายไฟแท่นเครื่อง MX-5

2.2.2 ฮอริซอลตอลและโปรเท็กชั่น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปัญหาที่นักบริการเครื่องพบเจอกันมากที่สุดคือ ปัญหาในส่วนของการจ่ายไฟและปัญหาในส่วนของการซิงโครไนซ์ ในแท่นเครื่อง MX-5 ใช้ IC601 เป็นไอซีจังก์ชันบอร์ด M52770ASP ทำหน้าที่เป็นหน่วยผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้กับฮาร์ดดิสก์ โดยวงจรภายในของไอซีจังก์ชันดังกล่าวนี้แสดงไว้ในภาพที่ 2.11 โดยหลักของระบบยังเกิดยังคงใช้วิธีเดิมๆ นั่นก็คือ จะมีการผลิตความถี่สำหรับฮาร์ดดิสก์ 500 kHz ซึ่งเป็นความถี่ 32 เท่าของความ

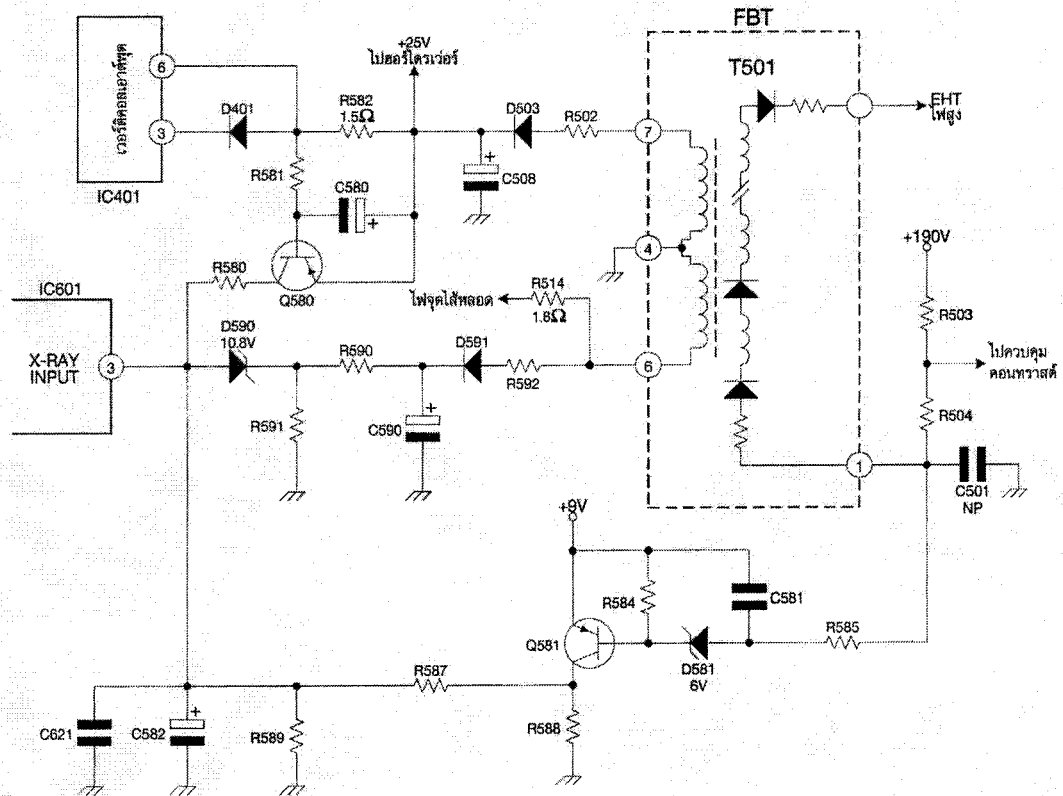


ภาพที่ 2.12 แสดงทางเดินของฮอริซอลตอล

เมื่อได้ความถี่ 15,625 Hz แล้วจะส่งความถี่ที่ได้ไป 2 ทาง ทางหนึ่งส่งไปเปรียบเทียบกับสัญญาณฮอริซอลตอลซิงค์ซึ่งนำมาแยกสัญญาณซิงค์ ว่าระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับมีความถี่ตรงกันหรือไม่ถ้าความถี่ของระบบนี้ไม่ตรงกันหรือเฟสของสัญญาณไม่ตรงกันจะต้องจ่ายแรงดันไฟไปบังคับการทำงานของวงจรผลิตความถี่ VCO ซึ่งเป็นความถี่ 32 เท่าของฮอริซอลตอลให้ผลิตความถี่ที่มีเฟสตรงกับเครื่องส่ง

ส่วนทางที่จะนำความถี่ฮอริซอลตอลไปใช้งานนั้น จะส่งผ่านวงจรเปรียบเทียบกับเฟสของวงจรที่ 2 เพื่อปรับเฟรมภาพหรือที่เรียกว่า การตั้งเส้นเตอร์ของภาพ ก่อนจะส่งไปยังวงจรไดร์เวอร์ ซึ่งในขณะนี้ถ้าดูตามรูปที่ 2.12 จะใช้ไดร์เวอร์ Q549 โดยการขับเคลื่อนของวงจรไดร์เวอร์ จะขับเคลื่อนผ่านไดร์เวอร์ทรานส์ฟอร์เมอร์ T550 เพื่อส่งไปยังฮอริซอลตอลเอาต์พุต Q551 โดยในส่วนของฮอริซอลตอลเอาต์พุต ซึ่งประกอบด้วย Q551 ฟลายแบ็กทรานส์ฟอร์เมอร์และดีเฟล็กชันโยคนั้น จะเป็นคอมมอนของกราวด์ร่อน หรือเป็นกราวด์เดียวกับภาคจ่ายไฟ

จากภาพที่ 2.11 และภาพที่ 2.12 นั้นจะเห็นว่าฝ่ายใน IC601 จะมีหน่วยเอ็กซ์-เรย์โปรเทกชัน ซึ่งทำหน้าที่ในการหยุดยั้งความถี่ฮอริซอลตอลที่จะส่งไปกับหน่วยไดร์เวอร์ เราเอาประโยชน์ของวงจรหยุดยั้งความถี่ฮอริซอลตอลนี้มาใช้สำหรับหน่วยโปรเทกชัน ซึ่งแสดงรูปของวงจรไว้ในภาพที่ 2.13 โดย IC601 ขาที่ 36 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบโปรเทกชัน



ภาพที่ 2.13 วงจร โปรเทกชั่นของแท่นเครื่อง MX-5

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาวงจรป้องกันหรือวงจรโปรเทกชั่นของแท่นเครื่อง MX-5 พบว่าแท่นเครื่องนี้หากเทียบความยุ่งยากและความพิสดารกับแท่นเครื่องเก่า ๆ อย่างที่เราเห็นในแท่น M15L หรือแท่นเครื่องก่อนหน้านี้ จะพบว่าแท่นเครื่องนี้มีความยุ่งยากและมีความสลับซับซ้อนน้อยกว่าแท่นเครื่องเดิมอยู่หลายขั้นตอน

วงจรโปรเทกชั่นที่สำคัญได้แก่

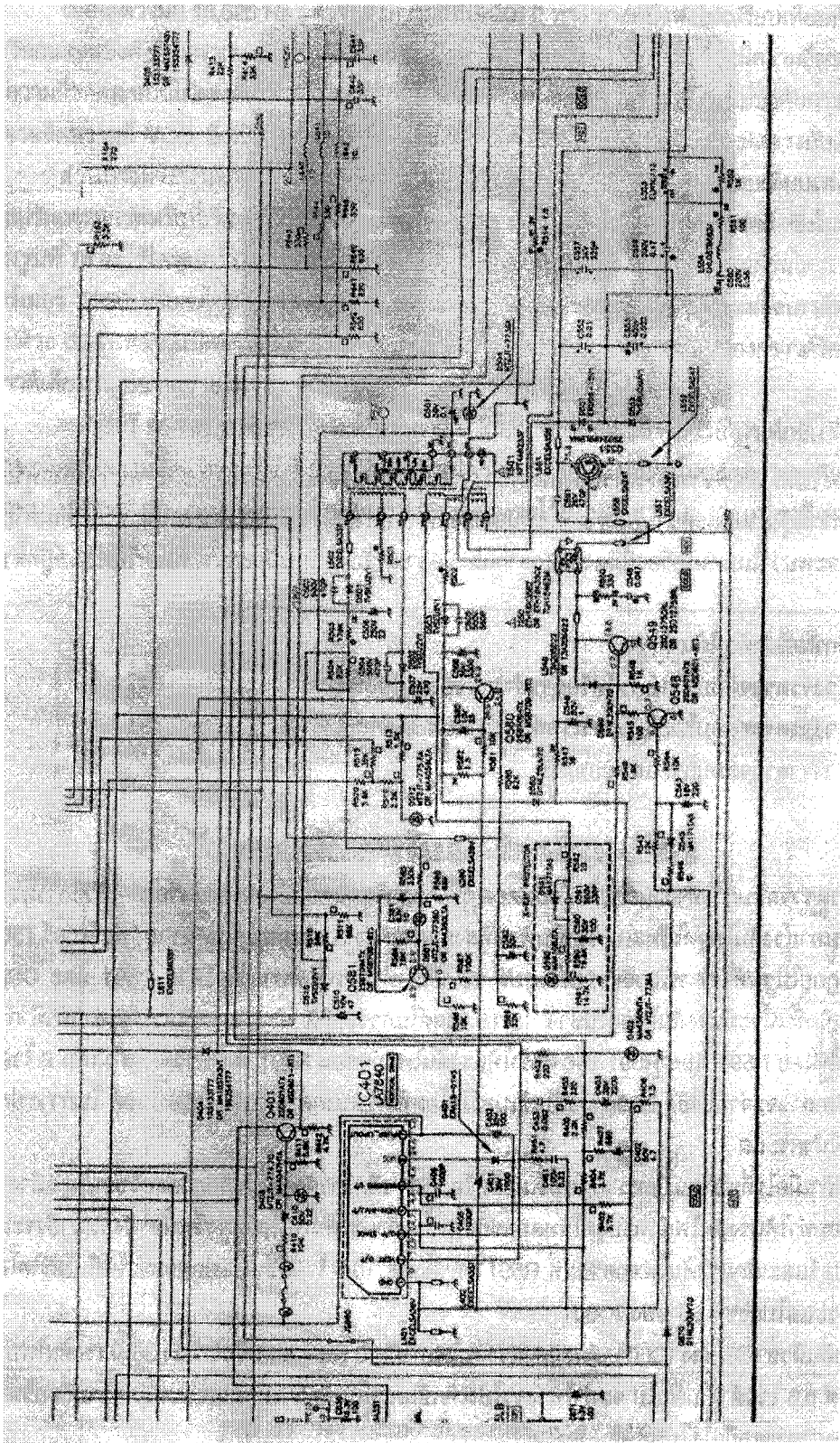
1. วงจรตรวจสอบอ็อกซ์-เรย์หรือการทำงานของฮอริซอนตอล
2. วงจรตรวจสอบโอเวอร์เคอร์เรนท์ของภาคเวอร์ติคอลเอตต์ฟุต
3. วงจรตรวจสอบกระแสหลอดภาพ

2.2.3 หน่วยเอ็ก-เรย์โปรเทกชัน

การตรวจสอบการทำงานของฮอริซอนตอล ว่าภาคฮอริซอนตอลทำงานเกินหรือไม่ ใช้วิธีการตรวจสอบโดยการเอาแรงดันไฟจุดไส้หลอด ซึ่งมีพัลส์ที่ส่งออกมาจากขา 6 ของฟลายแบ็ค ทรานฟอเมอร์ T501 ตามที่ปรากฏในภาพที่ 2.13 หรือวงจรรวมในภาพที่ 2.14 นำมาทำการเรกติฟายเออร์ด้วย D591 และ C590 แรงดันไฟที่เกิดขึ้นนี้จะมีแรงดันไฟอยู่ในช่วง 15-18 โวลต์ ในสถานะปกติ นำเอาแรงดันไฟดังกล่าวมาทำการแบ่งแรงดันไฟโดย R590 และ R591 เพื่อจะทำให้แรงดันไฟตกคร่อมที่ R591 มีค่าแรงดันไฟไม่เกิน 9 โวลต์ ในสถานะปกติ D590 จะไม่นำกระแส

แต่ถ้าเมื่อไหร่ที่ฟลายแบ็ค ทรานฟอเมอร์ หรือ T501 เกิดการลัดวงจรหรือภาคฮอริซอนตอลทำงานเกินปกติ ย่อมทำให้แรงดันไฟสำหรับจุดไส้หลอดขยับสูงขึ้น ถ้าแรงดันไฟที่ขยับสูงขึ้นนั้น ส่งผลมายังระบบเรกติฟายเออร์และเกิดแรงดันไฟตกคร่อมที่ R591 มีค่าตั้งแต่ 10.8 โวลต์ ย่อมจะทำให้ซีเนอริไดโอด D590 นำกระแสไปยังขา 36 ของ IC601

ปกติแล้วขา 16 ของ IC601 ต้องมีค่าแรงดันไฟเท่ากับ 0 โวลต์ หากเมื่อไรที่ขา 36 มีแรงดันไฟบวกเกิดขึ้นตั้งแต่ 0.6 โวลต์ เป็นต้นไปจะทำให้วงจรโปรเทกชันภายในเกิดการ ทำงานและหยุดความถี่ฮอริซอนตอล จะเกิดอาการจอมืดได้ในขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 2.14 ระบบโปรเทกชันฮอริซอนตอล

2.2.4 หน่วยตรวจสอบเวอร์ติคอล

วงจรภาคเวอร์ติคอลเอาต์พุตใช้ IC401 โดยไอซีดังกล่าวนี้ต้องการแรงดันไฟเลี้ยง วงจรเป็นไฟ 25 โวลต์ ซึ่งได้มาจากฟลายแบ็คทรานส์ฟอร์มเมอร์ขา 7 พัลส์ที่ขา 7 ของ T501 หรือฟลายแบ็คทรานส์ฟอร์มเมอร์เรกติฟายเออร์โดย D503 และ C508 ได้เป็นแรงดัน 25 โวลต์ แรงดัน 25 โวลต์นี้ จะจ่ายไปยังภาคฮอริซอนทัลไดเวอร์ด้วย ในเวลาเดียวกัน เราจะนำเอากระแสของแรงดันไฟดังกล่าวส่งผ่าน R582 ซึ่งเป็นรีซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบกระแสโอเวอร์เคอร์เรนซ์ก่อนจะส่งผ่าน D401 ไปยังขา 3 ของ IC401 ซึ่งเป็นขารับแรงดันไฟในช่วงของภาคเอาต์พุต

ปกติแล้วแรงดันไฟตกคร่อม R582 จะมีค่าระดับแรงดันไฟต่ำมาก เนื่องจากค่าความต้านทานของ R580 มีค่าเพียง 1.5 โอห์ม เท่านั้นเอง แต่ถ้าเมื่อไรที่ IC401 เกิดลัดวงจรทำให้กระแสที่ไหลผ่าน R582 มีกระแสสูงขึ้น แรงดันไฟตกคร่อม R580 สูงขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นไบอัสสำหรับ Q580 ย่อมจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q580 จ่ายแรงดันไฟซึ่งรับมา 25 โวลต์ ทางขาอิมิตเตอร์ กลายเป็นกระแสออกขาคอลเล็กเตอร์ เพื่อส่งไปยังขา 36 ของ IC601 เป็นผลทำให้ IC601 หยุดการทำงานของฮอริซอนทัลได้

นั่นหมายความว่า ในขณะนี้หากวงจรเวอร์ติคอลเอาต์พุตลัดวงจร อาการเสียที่เกิดขึ้นเป็นอาการจอมืด (ไม่ใช่อาการเส้นเดียวกลางจออีกต่อไป)

2.2.5 หน่วยตรวจสอบกระแสหลอดภาพ

การตรวจสอบกระแสหลอดภาพนั้น เราจะนำเอาแรงดันไฟ 190 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุดเดียวกับที่จ่ายให้กับวงจรภาควิดีโอเอาต์พุต โดยจ่ายแรงดันไฟ 190 โวลต์ ผ่าน R503 และ R504 เพื่อหักล้างกระแสลบที่ขา 1 ของฟลายแบ็คทรานส์ฟอร์มเมอร์ T501 เพราะเราทราบว่ามีกระแสหลอดภาพที่ปรากฏขึ้นที่ขา 1 ของ T501 ในสภาวะใกล้เคียง 0 โวลต์ เอาจุด ABL มาดิไวเดอร์ โดย R586 เพื่อตรวจสอบแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด D851 ซึ่งมีค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่ 6 โวลต์

จะใช้แรงดันไฟ 9 โวลต์ ต่อเข้ากับขาอิมิตเตอร์ของ Q581 เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ Q581 ตรวจสอบกระแสหลอดภาพในภาวะปกติ แล้วแรงดันไฟบวก 9 โวลต์ที่จ่ายให้กับขาอิมิตเตอร์ Q841 จะไม่สามารถไหลออกไปยังขาเบสของมันได้ เพราะซีเนอร์ไดโอด D851 ยังไม่ถึงจุดทำงาน แต่ถ้าเมื่อไรที่กระแสของวงจรหลอดภาพมากขึ้นหรือแสงหน้าจอมีระดับมากเกินไป ย่อมจะทำให้ขา 1 ของฟลายแบ็คทรานส์ฟอร์มเมอร์ T501 มีสภาวะเป็นแรงดันไฟลบ ส่งผลให้ซีเนอร์ไดโอด D851 ถึงจุดทำงาน Q851 ก็สามารถที่จะนำกระแสจากขาอิมิตเตอร์ส่งออกไปยังขาเบส ผ่านซีเนอร์ไดโอด D851 ไปครบวงจรกับความเป็นลบที่ขา 1 ของฟลายแบ็คทรานส์ฟอร์มเมอร์ หรือจุด BCL ได้

ขณะนี้ Q851 มีไบอัสเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทรานซิสเตอร์ Q851 จึงจ่ายกระแสออกมาทางด้านคอลเล็กเตอร์ กระแสดังกล่าวจะส่งผ่าน R587 เพื่อส่งต่อไปยังขา 36 ของ IC601 จึงหยุดความถี่ฮอริซอนตอลในขั้นตอนสุดท้าย

2.2.6 การตรวจสอบวงจรโปรเทกชั่น

วงจรโปรเทกชั่นของแท่นเครื่อง MX-5 นี้ แม้ว่าระบบโปรเทกชั่นจะทำงานไปแล้ว แต่ LED ซึ่งเป็นตัวแสดงผลที่หน้าปัดเครื่องจะไม่สามารถบอกภาวะอะไรในแท่นเครื่องนี้ได้เลย เพราะฉะนั้น การวิเคราะห์จากแสง LED ว่าวงจรเข้าสู่ภาวะสแตนด์บายหรือไม่ ไม่สามารถที่จะกระทำได้ในเครื่องรุ่นนี้ เพราะการหยุดวงจรใช้วิธีการหยุดฮอริซอนตอลโดยไม่เกี่ยวข้องกับภาคจ่ายไฟ ในขณะที่วงจรโปรเทกชั่นทำงานนั้นจะเกิดอาการจอมืด ไม่มีภาพ ไม่มีเสียง

อาการไม่มีภาพ ไม่มีเสียง จอมืด จะวิเคราะห์ว่าโปรเทกชั่นทำงานอยู่หรือไม่ มีแนวทางในการวิเคราะห์ได้หลายแนวทางเช่น

- 1) ทำได้โดยการวัดแรงดันไฟที่ขา 36 ของ IC601 ด้วยการวัดรอก่อนเปิดเครื่อง ปกติแล้วขา 36 ของ IC601 จะมีค่าแรงดันไฟเท่ากับ 0 โวลต์ ถ้าผลของการวัดปรากฏว่าเข็มมิเตอร์ขึ้นแล้วตก แสดงว่าปัญหามาจากระบบ โปรเทกชั่นแน่นอน
- 2) การวัดที่ขา 36 ของ IC601 มีระดับแรงไฟเพียงเล็กน้อย ถ้าใช้มิเตอร์แบบมูฟวี่งคอยล์จะวัดได้ผลดีทีเดียว แต่ถ้าใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือ ออสซิสิโลสโคปวัดไปที่ส่วนนี้ อาจจะไม่สามารถวิเคราะห์อาการที่เสียที่เกิดขึ้นได้ (ยกเว้นดิจิตอลมิเตอร์นั้นมีบาร์กราฟ ซึ่งจะแสดงผลการทำงานออกมาได้รวดเร็วกว่าระบบตัวเลข) อาจจะต้องใช้วิธีการวัดไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ฮอริซอนตอลเอาต์พุต Q551 โดยการวัดไฟรอก่อนที่จะทำการเปิดเครื่อง ถ้าภาคฮอริซอนตอลสามารถทำงานได้ (จะต้องวัด AC เลียบจุดเอาต์พุต) เป็นสัญญาณพัลส์ออกมาประมาณ 700 โวลต์ ถ้าเข็มมิเตอร์ชี้ชัดว่าพัลส์ที่ออกมานั้นมีค่าหลายร้อยโวลต์ นั้นหมายความว่าขณะนี้ฮอริซอนตอลเอาต์พุตทำงานได้แล้ว และถ้าฮอริซอนตอลทำงานได้แล้ว วงจรที่มีปัญหา ก็คือระบบโปรเทกชั่นนั่นเอง

3. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2538

3.1 หลักการของการจัดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2538

3.1.1 เป็นหลักสูตรช่วงฝีมือระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังมัธยมศึกษา

ตอนต้น เพื่อพัฒนากำลังคน ให้มีความชำนาญเฉพาะด้าน มีคุณธรรม บุคลิกภาพ และเจตคติที่เหมาะสมออกไปประกอบอาชีพ ได้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคม ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ

3.1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกรเรียนได้อย่างกว้างขวาง เพื่อเน้นความชำนาญเฉพาะด้านและเลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพ และโอกาสของผู้เรียน สามารถถ่ายโอนผลการเรียนและสะสมการเรียนเทียบความรู้และประสบการณ์ จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ และสถานประกอบอาชีพอิสระได้

3.1.3 เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษา
ร่วมกัน ระหว่างหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน

3.1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา ชุมชน และท้องถิ่น มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้ตรงตามความต้องการ สอดคล้องกับสภาพของชุมชนและท้องถิ่นนั้น ๆ

3.2 จุดหมายการจัดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2538

3.2.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์นำไปปฏิบัติในอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเลือกวิธีการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน เพื่อสร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชนและประเทศชาติ

3.2.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีทักษะในการจัดการ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียน เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ สามารถสร้างอาชีพ และพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

3.2.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจ และภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนและผู้อื่น

3.2.4 เพื่อให้เป็นพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อกับครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่น และประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคมเข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น รู้จักใช้และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

3.2.5 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม และวินัย ในตนเอง มีสุขภาพอนามัยสมบูรณ์เหมาะสมกับงานอาชีพนั้นๆ

เพื่อให้มีความตระหนัก มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ของประเทศและของโลกปัจจุบัน มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนร่วม ดำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบ ประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

3.3 หลักสูตรสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์ของหลักสูตร

- 3.3.1 มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะประกอบอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์
- 3.3.2 มีความสามารถในการประกอบอาชีพอิสระได้
- 3.3.3 มีเจตคติต่อการดำรงชีวิตเป็นช่างอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี
- 3.3.4 มีมนุษยสัมพันธ์ สามารถปฏิบัติงานร่วมกันกับผู้อื่นได้ดี
- 3.3.5 สามารถใช้และบำรุงรักษาเครื่องจักรกล เครื่องมือ เครื่องทดสอบและ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเป็นช่างฝีมือ
- 3.3.6 รู้จักเทคนิคและวิธีการ ตลอดจนการดำเนินงานตามขั้นตอนของงานให้ บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด
- 3.3.7 รู้จัก และเข้าใจวิธีแสวงหาความก้าวหน้าในอาชีพ ตามสภาพการ เปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และอุตสาหกรรม
- 3.3.8 สามารถดำรงตนในอาชีพและสังคมตามวิถีทางการปกครองในระบบ ประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข
- 3.3.9 มีความซื่อสัตย์ สุจริต มานะ อดทน และขยันในการประกอบอาชีพ

4. เจตคติต่อการเรียนปฏิบัติเครื่องรับโทรทัศน์สี

จากที่ได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อการเรียนปฏิบัติเครื่องรับโทรทัศน์สีจะกำหนด เป็นแนวกว้าง ๆ ตามจุดมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช. 2538) ได้ดังนี้

- 4.1 เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี
- 4.2 มีเจตคติต่อการดำรงชีวิตเป็นช่างอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี

4.3 รู้จักและเข้าใจแสวงหาความก้าวหน้าในอาชีพ ตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม

4.4 มีความซื่อสัตย์ มานะอดทน และช่วยในการประกอบอาชีพ

5. การสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยและการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

5.1 การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นหรือเจตคติ

5.1.1 ความหมายและความสำคัญ

แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัยที่นิยมใช้กันแพร่หลายในหมู่นักวิจัยทางสังคมศาสตร์ เพราะเป็นเครื่องมือที่ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไป ตลอดจนประหยัดแรงงาน เวลาและค่าใช้จ่าย และได้ข้อมูลเป็นจำนวนมากกว่าวิธีอื่น

พิตร ทองชั้น (2542: 221) ได้ให้ความหมายของแบบสอบถามไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวบุคคลด้านต่าง ๆ เช่น ความคิดเห็น ความรู้สึก ท่าที เจตคติ ตลอดจนสติปัญญา โดยให้บุคคลตอบในแบบสอบถามซึ่งอาจเป็นข้อความ รูปภาพ หรือสัญลักษณ์ ก็ได้

5.1.2 ขอบข่ายของแบบสอบถาม

ถ้าความหมายของแบบสอบถาม กว้าง ๆ จะคลุมความไปถึงการรวบรวมข้อมูลทุกอย่างที่อยู่ในตัวบุคคล ซึ่งประกอบด้วย 3 ภาคใหญ่ ๆ คือ

1) ภาคความรู้หรือด้านสมอง (cognitive domain) ได้แก่ การทดสอบผลสัมฤทธิ์ ความถนัด เป็นต้น

2) ภาคความรู้สึกหรือเจตคติ (Affective domain) ได้แก่ ทดสอบทางด้านเจตคติ ความคิดเห็น ความสนใจ และอื่น ๆ

3) ภาคกลไกทางประสาท (Psycho-motor domain) ได้แก่ ความสามารถทางด้านทักษะ หรือความคล่องแคล่วต่าง ๆ ในการปฏิบัติ

จากทั้ง 3 ภาคดังกล่าว แบบสอบถามก็จะมีเครื่องมือต่าง ๆ เข้าไปวัดได้ ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้

ก) Opinionative or attitudes scale คือ แบบสอบถามที่ถามเกี่ยวกับความคิดเห็น เจตคติ ซึ่งมักจะทำในรูปของแบบมาตราประมาณค่า (rating scale)

ข) Inventory คือ แบบสำรวจความสนใจต่าง ๆ ของบุคคล

ค) Sociometry คือ แบบสังคมมิติ ใช้วัดความสามารถทางด้านสังคม

ง) Projective technique คือ การวัดจิตภาพ เป็นการวัดทางด้านอารมณ์ความรู้สึกของบุคคล

จ) Test คือ แบบทดสอบต่างๆ ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ความถนัด หรือเจตคติ ตลอดจนจัดประเภททักษะ หรือกลไกทางประสาทนั่นเอง

5.1.3 ประเภทคำถามในแบบสอบถาม

ประเภทการสร้างคำถามในแบบสอบถามมีหลายแบบหลายอย่าง แต่ละอย่างก็มีจุดมุ่งหมายแตกต่างกันไป (พิตร ทองชั้น 2542: 222-226) เช่น

1. แบบคำถามปลายเปิด (opened-end question) ได้แก่ คำถามที่ให้ตอบโดยอิสระ เสรี (free response) แล้วแต่ผู้ตอบจะต้องการ แบบปลายเปิดนี้ ยังแบ่งเป็นชนิดย่อย ๆ อีก เช่น แบบเติมได้ตามต้องการ แบบเติมในช่องว่าง แบบเติมในตาราง แบบปลายเปิดคือในแง่ความเกี่ยวกับความคิดความเห็น แต่จะยากลำบากตอนรวบรวมจัดประเภท เพราะคำตอบจะกระจายมาก

2. แบบคำถามปลายปิด (closed-end question) ได้แก่ คำถามที่ได้กำหนดการตอบไว้ตายตัวแน่นอน แบบนี้ยังแบ่งเป็นลักษณะย่อย ๆ อีก เช่น

2.1 แบบเลือก 2 คำตอบ (Dichotomous question) แบบนี้จะมีให้เลือก 2 ตัวว่าจะเอาตัวไหน จะตอบรับหรือปฏิเสธก็ได้ เช่น เรียนครูท่านว่าดีหรือไม่ ☐ ดี ☐ ไม่ดี

2.2 แบบเลือกคำตอบเดียวจากหลายคำตอบ (Multiple-choice) ได้แก่ คำถามที่มีหลายคำตอบ ผู้ตอบเลือกได้คำตอบเดียว อาจจะมีตัวเลือกให้เปิดตอบเสรีให้ 1 ตัว เพื่อตัวเลือกที่กำหนดมานั้นยังไม่ตรงกับที่ตนต้องการ

3. แบบเลือกตอบแบบตรวจสอบรายการ (checklist) ได้แก่ คำถามประเภทให้เลือกตอบจากรายการต่าง ๆ ที่กำหนดให้ เหมือนแบบ Multiple choice แต่ checklist ตอบได้หลายอย่าง

4. แบบจัดเรียงลำดับ (ranking) ได้แก่ การให้จัดลำดับที่แท้จริงยิ่งขึ้น เช่น ลำคัญอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เช่น จงจัดลำดับหนังสือที่ท่านชอบอ่านโดยใส่อันดับตามที่ท่านชอบ หนังสือพิมพ์รายวัน หนังสือ นวนิยาย หนังสือสารคดี หนังสือตำราวิชาการ

5. แบบมาตราประมาณค่า (rating scale) เป็นแบบให้จัดอันดับความสำคัญ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด แบบนี้มาจัดตั้งแต่ 3 อันดับ จนถึง 11 อันดับ ตัวอย่างการจัดแบบ 5 อันดับ ท่านรักอาชีพครูอย่างไร ☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย ☐ น้อยที่สุด แบบนี้มักจะใช้ในการสร้างแบบสอบถามทางเจตคติ หรือสำรวจความสนใจ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกสร้างแบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า เพื่อทดสอบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาปฏิบัติเครื่องรับโทรทัศน์สีของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการ

ทำโครงการสิ่งประดิษฐ์ โดยจัดอันดับความสำคัญ 5 อันดับ คือเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

5.1.4 หลักเกณฑ์ในการสร้างแบบสอบถาม (Criteria for constructing)

หลักเกณฑ์เราอาจแบ่งกล่าวเป็นส่วน ๆ ของแบบสอบถามดังนี้

1) เกี่ยวกับการสร้างคำถาม (Item) ควรมีเกณฑ์ยึดดังนี้

- (1) คำถามหรือคำที่ใช้ต้องชัดเจน แม่นยำ ไม่มีความหมายคลุมเครือ ศัพท์ที่ใช้ควรเข้าใจง่าย
- (2) เรียงคำถามตามหลักเหตุผล คำถามใดควรถามก่อนหลัง จัดไว้ให้เหมาะสม เรียงลำดับเป็นลูกโซ่ และคำถามที่ดีควรถามคำถามละประเด็นเดียว
- (3) คำถามต้องสั้น กระชับรัดกุม ไม่เยิ่นเย้อ ตัดคำฟุ่มเฟือยหรือไม่จำเป็นทิ้ง
- (4) คำถามควรเป็นคำถามที่ดึงดูดความสนใจ ไม่เบื่อหน่ายแก่ผู้ตอบ
- (5) คำถามคำนึงถึงวัย ความสามารถ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ ตลอดจนการใช้ภาษาของผู้ตอบด้วย
- (6) ข้อคำถามให้ตรงกับข้อปัญหาของการวิจัย
- (7) หลีกเลี่ยงคำถามที่ทำให้ผู้ตอบลำบากใจ หรืออึดอัดใจ เช่น อายุ เพศ การหย่าร้าง เป็นต้น
- (8) การใช้คำถามไม่ทำให้ต้องคิดมากหรือในกรณีข้อความหรือเนื้อหา ยาวอาจจะแบ่งเป็นคำถามย่อยๆ ควรแจ้งให้ทราบว่าคำตอบไม่มีผิดหรือถูก
- (9) หลีกเลี่ยงคำประเภชนามธรรม เช่น รวย จน ความดี สวย เพราะคำถามเหล่านี้ การตีความของบุคคลจะแตกต่างกันมาก
- (10) คำถามต้องไม่แคบเกินไป หรือมีขอบเขตจำกัด หรือเป็นปรัชญามากเกินไป
- (11) ควรหลีกเลี่ยงคำถามนำ คำถามเกี่ยวกับส่วนตัว การใช้คำวิเศษณ์ คุณศัพท์และตัวย่อต่าง ๆ เป็นต้น
- (12) คำถามปลายปิดควรให้มากกว่าปลายเปิด เพราะวิเคราะห์ได้ง่าย ส่วนปลายเปิดนั้นยากตรงที่จะทำการจำแนกและแปลความหมายด้วย

2) เกี่ยวกับรูปแบบ (Format) ควรมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

- (1) ควรวางรูปแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน ผู้ตอบเข้าใจง่าย กระดาษหรือตัวอักษรสะอาด เรียบร้อย น่าสนใจ การใช้กระดาษสีก็ทำให้น่าสนใจมากขึ้น
- (2) ลำดับการถามแต่ละรายการควรจัดให้มีระเบียบ มีเหตุผล

(3) พยายามให้สั้นกะทัดรัดที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะทำให้มีโอกาสได้แบบสอบถามคืนมากกว่า

(4) คำชี้แจงควรง่าย สั้น และเข้าใจดี แจ่มแจ้ง

(5) พยายามออกแบบให้ผู้ตอบลำบากใจน้อยที่สุด โดยเฉพาะการเขียนหนังสือ ถ้าให้แต่กาข้อความที่ต้องการ ผู้ตอบจะพอใจมากกว่า (ยกเว้นจำเป็นจริงๆ)

(6) พยายามเน้นให้เห็นความสำคัญ of คำ คำถาม หรือขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งโดยการขีดเส้นใต้ หรือถ้าพิมพ์โรงพิมพ์ให้ตัวใหญ่กว่า เป็นต้น

(7) ถ้าจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ตรวจ ควรวางแผน ข้อคำถามต่างๆ ไว้ล่วงหน้า

3) เกี่ยวกับทั่ว ๆ ไป หลักการสร้างทั่วไปๆ ควรคำนึง

(1) ไม่ควรใช้เวลานานเกินไปในการตอบ ยิ่งแบบสอบถามสั้นเท่าไรยิ่งดี ถ้าแบบสอบถามต้องใช้เวลาตอบเกินกว่าครึ่งชั่วโมง ผู้ตอบมักไม่อยากจะตอบ หรือไม่ส่งคืนให้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับวัยของผู้ตอบ ถ้าสูงอายุก็อาจถามได้ยาวกว่าผู้อยู่ระหว่างทำงาน

(2) คำนึงผู้ตอบว่าเป็นใคร มีความสามารถตอบหรือไม่ และตั้งใจตอบเพียงไร

(3) ควรมีการวางแผนในการสร้าง และควรผ่านการทดลองใช้ (pretest) เพื่อปรับปรุงให้เป็นแบบสอบถามที่สมบูรณ์

(4) การส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบ ถ้าส่งไปโดยตัวเองหรือผู้ช่วยนำส่ง (self administered) อาจจะสามารถรอคำตอบ หรือให้คำชี้แจงที่สงสัยได้ แต่ถ้าส่งโดยทางไปรษณีย์ (mailed questionnaire) เป็นวิธีประหยัด สะดวก และนิยมทำกัน หากจะเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่าย เพราะมักจะติดแถมไปและกลับ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ตอบ การส่งทางไปรษณีย์ถ้าไม่ได้รับคืน ก็ควรมีจดหมายทวงถาม ถ้าไม่คืนอีกก็ถามเป็นครั้งที่ 2 พร้อมกับส่งแบบสอบถามให้ไปใหม่อีก ถ้าไม่ได้รับก็ควรตัดทิ้งได้ แต่ถ้าข้อมูลยังไม่ครบก็อาจจะต้องส่งย้อนกลับไปอีก หรือออกไปสัมภาษณ์เลยก็ได้

(5) ควรมีคำชี้แจงที่ทำให้ผู้ตอบสบายใจ เช่น บอกว่าไม่ต้องระบุชื่อผู้ตอบและให้คำมั่นสัญญาว่าจะเก็บข้อมูลเป็นความลับ จะนำมาวิเคราะห์เพื่อวิชาการเท่านั้น ตลอดจนชี้แจงจุดมุ่งหมาย และนัดแนะการส่งกลับคืนด้วย

5.1.5 โครงสร้างของแบบสอบถาม ปกติองค์ประกอบของโครงสร้างแบบสอบถามแบ่งออกได้ 4 ตอนดังนี้

1) จุดประสงค์ของแบบสอบถาม

- 2) ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติของผู้ตอบ
- 3) ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม
- 4) ข้อสรุป

5.1.6 การวางแผนในการสร้างแบบสอบถาม

พิตร ทองชั้น (2542: 226-233) ได้เขียนสรุปไว้มีขั้นตอนดังนี้ คือ

1. การกำหนดข้อมูลที่ต้องการ
2. การกำหนดรูปแบบที่จะใช้
3. การยกร่างแบบสอบถามขึ้น
4. การตรวจสอบและทำบรรณาธิการ (editing)
5. การทดลองใช้ (pretest or tryout)
6. การสร้างเป็นแบบสอบถามที่สมบูรณ์ (final form)

สรุปการสร้างแบบสอบถามที่ดีจะต้องผ่านกระบวนการที่ดีและถูกต้อง จึงจะได้แบบสอบถามที่มีคุณค่า การสร้างดูอาจจะง่าย แต่จะสร้างให้ดีไม่ใช่่ง่ายนัก จะต้องมีความรู้ประสบการณ์อย่างเพียงพอทีเดียว

5.1.7 แบบสอบถามความคิดเห็นหรือเจตคติ เป็นการสอบถามเพื่อมุ่งหาความจริงเกี่ยวกับความคิดเห็น (เรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือเรื่องทั่วไป) ซึ่งผู้วิจัยได้ยึดแบบและเทคนิคการวัดแบบมาตราลิกเคิร์ต (Likert's scaling) วิธีนี้ Likert เป็นผู้คิดขึ้นและเรียกวิธีนี้ว่า summated rating หรือ Sigma scale เป็นการวัดความเห็นหรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยแบ่งมาตรประมาณค่า 5 อันดับ ดังนี้

- ☐ เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)
- ☐ เห็นด้วย (agree)
- ☐ ไม่แน่ใจ (uncertain)
- ☐ ไม่เห็นด้วย (disagree)
- ☐ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly disagree)

โดยผู้ตอบจะต้องเลือกตอบแบบมาตราประมาณค่าอย่างใดอย่างหนึ่งและกำหนดน้ำหนัก (weighting) ไว้ ถ้าคำถามประเภทสนับสนุน (favorable statement) จะได้ดังนี้

1. อาชีพครูเป็นอาชีพที่เสียสละ

- ☐ เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้น้ำหนัก 4 หรือ 5
- ☐ เห็นด้วย ให้น้ำหนัก 3 หรือ 4
- ☐ ไม่แน่ใจ ให้น้ำหนัก 2 หรือ 3

- ☐ ไม่เห็นด้วย ให้น้ำหนัก 1 หรือ 2
- ☐ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้น้ำหนัก 0 หรือ 1

ถ้าคำถามประเภท ไม่สนับสนุน (unfavorable statement) จะให้น้ำหนัก
กลับกัน ดังนี้

2. อาชีพครูเป็นอาชีพไม่มีใครยกย่อง

- ☐ เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้น้ำหนัก 0 หรือ 1
- ☐ เห็นด้วย ให้น้ำหนัก 1 หรือ 2
- ☐ ไม่แน่ใจ ให้น้ำหนัก 2 หรือ 3
- ☐ ไม่เห็นด้วย ให้น้ำหนัก 3 หรือ 4
- ☐ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้น้ำหนัก 4 หรือ 5

เทคนิคการวิเคราะห์ เมื่อผู้ตอบให้คำตอบต่างๆ ในแบบสอบถามมาแล้วก็
มาหาค่าน้ำหนัก โดยใช้วิธีของ normal deviate rating ซึ่งหาจากผู้ตอบนั่นเอง โดยการให้
คะแนนตามน้ำหนักที่ให้ แล้วเรียงคะแนนของผู้ตอบทั้งหมดจากสูงไปหาต่ำ และใช้ 25% สูง
และ 25% ต่ำเอามาเป็นตัวแทนของผู้ตอบทั้งหมดในการประเมินค่าที่แสดงความคิดเห็น หรือเจตคติ
ในเรื่องที่ถามในแบบสอบถาม

จากนั้นก็วิเคราะห์คำถามทีละข้อ โดยการหาค่า $\bar{X}$ และ S^2 และใช้สูตร
ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S^2_H}{N_H} + \frac{S^2_L}{N_L}}}$$

เมื่อ $\bar{X}_H$ และ $\bar{X}_L$ แทน คะแนนเฉลี่ยของน้ำหนักกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

S^2_H และ S^2_L แทน ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

N_H และ N_L แทน จำนวนผู้ตอบจาก 25 % กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ค่า t ที่ได้นี้เป็นค่าวัดหรือเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มสูงและ
กลุ่มต่ำของแต่ละประโยคคำถาม ถ้าค่า $t \geq 1.75$ ขึ้นไป เป็นเครื่องชี้ว่า คำตอบของกลุ่มสูงและ
กลุ่มต่ำต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หมายถึงคำถามนั้นมีอำนาจจำแนกสูงเป็นที่เชื่อถือได้

จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและนำไปวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก
ปรากฏว่าทุกข้อ ค่า t ที่ได้สูงกว่า 1.75 จึงสรุปได้ว่าเป็นแบบสอบถามที่มีคุณภาพและเชื่อถือได้

5.2 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย (จากประมวลสาระชุดวิชา วิทยานิพนธ์ 2 หน่วยที่ 1-2 แผนกวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช)

เครื่องมือการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจะต้องสอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการวัด เพื่อมุ่งตอบคำถามหรือวัตถุประสงค์การวิจัย และผลการวิจัยจะเชื่อถือได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือวิจัยเป็นสำคัญ ฉะนั้นเมื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัยแล้วจะต้องตรวจสอบคุณภาพ โดยพิจารณาคุณภาพเครื่องมือเป็นรายข้อและคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยเป็นรายข้อ เป็นการพิจารณาว่า แต่ละข้อคำถามมีลักษณะอย่างไร กล่าวคือ มีความยากและอำนาจจำแนกเพียงใด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยทั้งฉบับ เป็นการพิจารณาว่า เครื่องมือการวิจัยทั้งฉบับมีลักษณะอย่างไร กล่าวคือ มีความเที่ยงและความตรงเพียงใด

5.2.1 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยเป็นรายข้อ

1) เครื่องมือการวิจัยใช้วัดความรู้ในเนื้อหาวิชา เครื่องมือการวิจัยใช้วัดความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เรียกว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นส่วนใหญ่จะใช้แบบทดสอบ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นรายข้อจะพิจารณาค่าสถิติ 2 ค่า คือ ความยากและอำนาจจำแนก

ความยาก คือ สัดส่วนของจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เช่น ถ้าข้อสอบข้อหนึ่งมีผู้สอบ 100 คน มีคนตอบถูก 60 คน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยากเท่ากับ 0.60 การหาค่าความยากของข้อสอบเขียนเป็นสูตรทั่วไปได้ดังนี้

$$p = \frac{R}{T}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยาก

R คือ จำนวนผู้สอบที่เลือกคำตอบถูก

T คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

สำหรับในกรณีที่ผู้สอบมาก จะนำคะแนนของผู้สอบมาจัดเรียงตามลำดับ จากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มคะแนนสูง และกลุ่มคะแนนต่ำ ด้วยเทคนิค 50% 27% 25% แล้วแต่ความเหมาะสม โดยปกติถ้าผู้สอบน้อย เช่น 20 คน ก็ควรใช้เกณฑ์ 50% ถ้าผู้สอบ 40 คน อาจใช้เกณฑ์ 25% (Gronlund and Linn. 1990 : 247) แต่ถ้ามีผู้สอบจำนวนมากให้ใช้วิธีการสุ่มกระจายคำตอบมาจำนวน 370 แผ่น และใช้เกณฑ์ 27% ในการ

แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำจะได้ผู้สอบในกลุ่มสูงจำนวน 100 คน และผู้สอบในกลุ่มต่ำจำนวน 100 คน การหาค่าความยากของข้อสอบสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$p = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยาก
 H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
 L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกนั้น
 N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
 N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก การแปลความหมายของค่าความยากอาจแบ่งช่วงได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงการแปลความหมายของค่าความยาก

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

อำนาจจำแนก คือ ความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกผู้สอบที่ได้คะแนนสูงออกจากผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำ สำหรับในกรณีที่น่าคะแนนของผู้สอบมาจัดเรียงตามลำดับจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด การหาค่าอำนาจจำแนกสามารถหาได้จากสูตรดังนี้

อำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก

$$r = \frac{H - L}{N_H}$$

หรือ $r = \frac{H - L}{N_L}$

อำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

หรือ $r = \frac{L - H}{N_H}$

หรือ $r = \frac{L - H}{N_L}$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนกสามารถแปลความหมายได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณา ข้อสอบใดดีหรือไม่ดีนั้น จะพิจารณาจาก ค่าความยากและอำนาจจำแนก กล่าวคือ ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้จะต้องมีค่าความยากของตัวที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

การหาค่าความยากของข้อสอบแบบความเรียงหรืออัตนัยสามารถหา ความยากและอำนาจจำแนกได้โดยการหาค่าความยาก หาค่าอำนาจจำแนกและหาค่าความเที่ยงของ วิทนี และ ซาเบอร์ส (Mehrens and Lehman 1984: 198-199; citing Whitney and Sabers 1970) โดยใช้สูตร

การวิเคราะห์หาค่าความยาก (p)

$$\text{ความยาก (p)} = \frac{(\Sigma H + \Sigma L) - (2N \text{ScoreMin})}{2N(\text{ScoreMax} - \text{ScoreMin})}$$

การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก

$$\text{อำนาจจำแนก (r)} = \frac{\Sigma H - \Sigma L}{N(\text{ScoreMax} - \text{ScoreMin})}$$

เมื่อ ΣH	คือ ผลรวมคะแนนของกลุ่มคะแนนสูง
ΣL	คือ ผลรวมคะแนนของกลุ่มคะแนนต่ำ
N	คือ จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ
Score Max	คือ น้ำหนักคะแนนสูงสุดของแบบทดสอบ
Score Min	คือ น้ำหนักคะแนนต่ำสุดของแบบทดสอบ

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 1) นำข้อสอบไปสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างแล้วตรวจให้คะแนน
- 2) เรียงคะแนนของนักเรียนจากคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด
- 3) แบ่งกลุ่มคะแนนของนักเรียนออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วย

เทคนิค 25 %

- 4) คำนวณผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูงและผลรวมของคะแนนใน

กลุ่มต่ำ

5.2.2 เครื่องมือการวิจัยที่ใช้วัดความคิดเห็น เจตคติ ค่านิยม หรือคุณลักษณะอื่น ๆ

เครื่องมือการวิจัยส่วนใหญ่คือ แบบสอบถามที่มีลักษณะแบบมาตราประมาณค่า หรือแบบวัดเจตคติ ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือการวิจัยเป็นรายข้อ จะพิจารณาเฉพาะ ค่าอำนาจจำแนก วิธีที่นิยมใช้คือการใช้กลุ่มอ้างอิง (known group technique) ซึ่งเป็นการทดสอบ ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่มีคุณลักษณะตามที่ต้องการวัดสูงและกลุ่มที่มี คุณลักษณะตามที่ต้องการวัดต่ำ โดยใช้เทคนิค 25% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ส่วนนำคะแนน เฉลี่ยที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัดในแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) เป็นรายข้อ ถ้าคะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม ในแต่ละข้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า ข้อคำถามนั้นมีอำนาจจำแนก สำหรับสูตรของสถิติทดสอบที (Edwards 1957 : 152)

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{n_H} - \frac{S_L^2}{n_L}}}$$

มีดังนี้

เมื่อ t คือ ค่าสถิติที่ได้จากการคำนวณ

$\bar{X}_H$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง

$\bar{X}_L$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำ

S_H^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของกลุ่มสูง

S_L^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของกลุ่มต่ำ

n_H คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มสูง

n_L คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มต่ำ

ในการเปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้โดยปกติแล้วจะต้องทราบระดับ ความมีนัยสำคัญค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ แต่เพื่อความสะดวก เอ็ดวอร์ด (Edward 1957: 153) เสนอให้เปรียบเทียบค่า t ที่คำนวณได้กับค่า t เท่ากับ 1.75 นั่นคือ ถ้าค่า t ที่คำนวณได้ มีค่า เท่ากับหรือสูงกว่าค่า 1.75 แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีอำนาจจำแนก

ถ้า $n_H = n_L = n$ จากสูตร (1) สามารถเขียนได้ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{\Sigma(X_H - \bar{X}_H)^2 + \Sigma(X_L - \bar{X}_L)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ

$$\Sigma(X_H - \bar{X}_H)^2 = \Sigma X_H^2 - \frac{(\Sigma X_H)^2}{n}$$

และ

$$\Sigma(X_L - \bar{X}_L)^2 = \Sigma X_L^2 - \frac{(\Sigma X_L)^2}{n}$$

5.2.3 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยทั้งแบบ จะพิจารณาในเรื่องความเที่ยงและความตรง

1) ความเที่ยง ในความหมายทั่ว ๆ ไป หมายถึง ความคงที่ของการวัดซึ่งเป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าเครื่องมือมีความคงที่ในการวัดมากน้อยเพียงใด ส่วนในความหมายเชิงทฤษฎี หมายถึง สัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่ได้สามารถหาได้โดยใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีนี้จะช่วยแก้ปัญหาโดยไม่ต้องทำการทดสอบ 2 ครั้งและไม่ต้องสร้างแบบทดสอบ 2 ฉบับ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถหาความเที่ยงจากการใช้แบบทดสอบเพียงฉบับเดียวและดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว วิธีที่ใช้ในการตรวจสอบความเที่ยงโดยการพิจารณาความสอดคล้องภายในมี 3 วิธีคือ

- (1) วิธีแบ่งครึ่ง (Split-Half Method)
- (2) วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Method)
- (3) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-coefficient Method)

ในกรณีนี้จะขออธิบายวิธีการทดสอบความสอดคล้องในวิธีที่ 3 คือ วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ซึ่งเป็นวิธีการของครอนบาค (Cronbach) ให้หาความเที่ยงกับแบบทดสอบที่มีการให้คะแนนที่ไม่ใช่ 0 กับ 1 นั่นคือวิธีการนี้ เหมาะกับแบบทดสอบที่มีลักษณะแบบความเรียงและเครื่องมือการวิจัยอื่น ๆ เช่นแบบสอบถามที่มีลักษณะแบบมาตราประมาณค่าซึ่งเป็นเครื่องมือ

การวิจัยที่ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด วิธีการหาความเที่ยงสามารถทำได้ โดยการนำแบบทดสอบหรือเครื่องมือการวิจัยในทดสอบผู้สอบเพียงครั้งเดียว แล้วนำคะแนนที่ได้แทนค่าในสูตร ดังนี้

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)$$

เมื่อ α คือ ความเที่ยงของแบบทดสอบ

k คือ จำนวนข้อในแบบทดสอบ

s_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนข้อสอบแต่ละข้อ

s_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนของผู้สอบทั้งหมด

2) การหาความตรง คือความสามารถของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างแท้จริง การหาความตรงของเครื่องมือการวิจัยมีดังนี้ (1) ความตรงเชิงเนื้อหา (2) ความตรงเชิงโครงสร้าง

(1) ความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการพิจารณาว่าเครื่องมือการวิจัยวัดในเนื้อหาที่ต้องการวัดได้มากน้อยเพียงใด คำว่า “ความตรงเชิงเนื้อหา” นั้น เกย์ (Gay 1992: 156) กล่าวว่า รวมถึงความตรงของข้อคำถาม (item validity) และความตรงในการสุ่ม (Sampling validity) สำหรับความตรงของข้อคำถามเป็นการพิจารณาถึงข้อคำถามในแบบทดสอบว่าเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ และความตรงเชิงสุ่ม เป็นการพิจารณาถึงการสุ่มเนื้อหาทั้งหมดว่าสามารถสุ่มได้ดีเพียงใด การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาไม่ได้พิจารณาเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงแบบวัดทางจิตวิทยา ทักษะและพฤติกรรมต่าง ๆ ด้วย ตัวอย่าง เช่น การวัดทักษะการตีเทนนิส ถ้าไม่มีเนื้อหาการตีลูกด้วยหลังมือก็จะมี ความตรงเชิงเนื้อหาไม่สูง เพราะว่าเนื้อหาที่สุ่มมาประเมินไม่เป็นแทนของเนื้อหาทั้งหมด ในทำนองเดียวกันแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาที่วัดเฉพาะด้านคำศัพท์และภาษา ย่อมมีความตรงเชิงเนื้อหาน้อยกว่าแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาที่มีเรื่องเกี่ยวกับ รูปภาพ จำนวน มิติสัมพันธ์ และการให้เหตุผลเชิงนามธรรม

(2) ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการพิจารณา เครื่องมือการวิจัยวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาหรือความสามารถทางจิตวิทยาตรงตามที่ต้องการวัดหรือไม่คำว่า “โครงสร้าง” เป็นคุณลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่นเชาวน์ปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ ความถนัดเชิงจักรกล ความวิตกกังวล ความคิดวิจารณ์ญาณแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เพราะฉะนั้น ในการ

พิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างจะต้องนิยามตัวแปรที่ต้องการวัดให้ชัดเจน กำหนดสมมติฐานบนพื้นฐานทางทฤษฎีของตัวแปรนั้น และสมมติฐานต้องทดสอบในเชิงเหตุผลและเชิงประจักษ์ได้

สำหรับการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบทดสอบ แบบสอบถาม หรือแบบวัดเจตคติก็ตาม มีวิธีการตรวจสอบความตรงหลายวิธี ดังนี้

1. อาศัยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ถ้าเป็นแบบทดสอบก็ให้พิจารณาจากข้อคำถามเทียบกับแผนผังการสร้างข้อสอบ แต่ถ้าเป็นแบบสอบถามหรือแบบวัดเจตคติก็พิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือลักษณะของพฤติกรรมที่ต้องการวัด ด้วยการทำเป็นแบบตรวจสอบรายการ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ในว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

จากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญนำมาหาความตรงโดยนำคะแนนแต่ละข้อคำถามแทนค่าในสูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

R คือ คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การพิจารณา

ถ้า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ .50 แสดงว่าข้อคำถามนั้นวัดหรือเป็นตัวแทนของวัตถุประสงค์การวิจัยหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ถ้า IOC น้อยกว่า .50 แสดงว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดหรือไม่เป็นตัวแทนของวัตถุประสงค์การ วิจัยหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

หากกล่าวโดยสรุป ในการพิจารณาความตรงของเครื่องมือการวิจัย ถ้าเป็นแบบทดสอบจะพิจารณาทั้งความตรงเชิงเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ส่วนเครื่องมือการวิจัยอื่น ๆ เช่น แบบสอบถาม แบบวัดเจตคติ ถ้าพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาสามารถทำได้โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเช่นเดียวกัน แต่ถ้าเป็นความตรงเชิงโครงสร้างสามารถทำได้โดยการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กับเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน การใช้กลุ่มอ้างอิง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นต้น

6. การทดสอบทักษะปฏิบัติ

จันทร์เพ็ญ พรสีภาค (2537) ได้กล่าวถึงการทดสอบทักษะปฏิบัติไว้ดังนี้

6.1 ทักษะปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการทำผลิตภัณฑ์วัดได้จากแบบประเมินผลการปฏิบัติ ครอบคลุมพฤติกรรม 6 ด้าน คือ การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์พร้อมที่จะปฏิบัติงาน การเลือกใช้เครื่องมือตรงกับงาน การปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอน การใช้เครื่องมือถูกต้องและคล่องแคล่ว การใช้วัสดุตามความจำเป็นของงาน การทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด(วิวัฒน์ 2532: 9) ได้ดัดแปลงแบบประเมินผลทักษะปฏิบัติมาประเมินผลครอบคลุมพฤติกรรม 10 ด้าน คือ การเลือกใช้เครื่องมือให้ตรงกับงาน การใช้เครื่องมือถูกต้องและคล่องแคล่ว การปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอน การแก้ปัญหาและไหวพริบในการปฏิบัติงาน การใช้วัสดุฝึกลักษณะอย่าง ประหยัด การทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด ความประณีตและความเรียบร้อยของงาน การตัดสินใจเกี่ยวกับงาน ผลงานเรียบร้อยถูกต้องตามรูปลักษณะ โครงสร้าง ผลงานที่ถูกต้องตามหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและ

เคตัน (สุวิธ 2524: 8; อ้างอิงมาจาก Deighton, 1971) ได้นิยามความหมายของทักษะ (skill) ไว้ว่า เป็นระดับของความคล่องแคล่วที่เกิดขึ้น ในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะ หรืองานหลายๆอย่างที่เกี่ยวเนื่องกัน เดอ เซคโก และครอฟอร์ด (สุวิธ 2524: 8-9; อ้างอิงมาจาก De Cecco และ Crawford, 1974) ได้ให้นิยามคำว่า ทักษะไว้ว่า คือการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่ต่อเนื่องเชื่อมโยง และสัมพันธ์กัน นอกจากนั้นจะต้องอาศัยการประสานงานของมือและสายตา สำหรับการเรียนรู้ด้านอวัยวะและการประสานงานของลิ้นกับฟันในการเรียนรู้ทางภาษา

6.2 แบบทดสอบปฏิบัติ (Performance Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคล เป็นการวัดผลรวม (Summative Test) โดยให้ผู้เรียนแสดงการกระทำ หรือปฏิบัติงานออกมา ซึ่งจะวัดทั้งการปฏิบัติ (Process) และผลงานที่ได้จากการปฏิบัติ (Product) มาร์แชล (หทัยทิพย์ 2531: 8; อ้างอิงมาจาก Marshall, 1971) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบ

ภาคปฏิบัติไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวหรือการตอบสนองที่เป็นการกระทำของผู้ถูกสอบ มาร์แชลได้จัดรูปแบบของแบบทดสอบไว้ 3 ความหมาย คือ

6.2.1 แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่เกี่ยวกับการความสามารถทางสมองด้านความคิด ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการสอบทักษะด้านภาษาทางการฟัง การพูด และการกระทำที่เกี่ยวข้องกับความคิด

6.2.2 แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่ทดสอบความสามารถในการใช้เครื่องจักร และเครื่องมือต่าง ๆ ประกอบในการทำงานสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ประสบผลสำเร็จ

6.2.3 แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่ได้กำหนดให้เกิดการทำงานจากสถานการณ์จำลอง เช่น การให้เขียนตัวเลข การพิมพ์

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา (2531: 156-158) ได้กล่าวไว้ว่า การวัดด้านการปฏิบัติ อาจจะเริ่มตั้งแต่การทดสอบทางด้านความรู้ความคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติ จนกระทั่งให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง ดังนั้นการวัดในด้านการปฏิบัติจึงเป็นการเลียนแบบชีวิตจริงในระดับต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความเป็นจริงที่กำหนด เช่น ระดับความเป็นจริงในการทดสอบการปฏิบัติทักษะในการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในการแลกเปลี่ยนเงิน ทองเงิน ถ้าทำการทดสอบเพียงแต่เอาปัญหาการซื้อของในร้านค้ามาให้แก่นักเรียนทำ ก็เป็นการเลียนแบบที่มีความเป็นจริงต่ำ (Low Realism) แต่ถ้าให้นักเรียนเข้าซื้อของในร้านจริง ๆ ก็เป็นการเลียนแบบที่มีความเป็นจริงสูง (High Realism)

6.3 การทดสอบการปฏิบัติ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ตามระดับความเป็นจริง

6.3.1 การทดสอบการปฏิบัติด้วยการเขียนตอบ จะแตกต่างไปจากการสอบโดยทั่วๆ ไป เพราะการทดสอบนี้จะมุ่งการใช้ความรู้และทักษะ คำถามส่วนใหญ่เป็นการใช้ความรู้ที่เป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ผ่านมา คำกริยา “สร้าง (Construct)” มักจะใช้กับการสอบการปฏิบัติเช่น ให้นักเรียนสร้างแผนที่อากาศ แผนที่ภูมิแท่ง แผนที่ภูมิวงจรไฟฟ้า แปลนอาคาร การออกแบบผ้า แผนการทดลอง จากตัวอย่างดังกล่าว การทดสอบการปฏิบัติจะใช้วัดคุณภาพของผลงานในการใช้ความรู้และทักษะของนักเรียน

6.3.2 การทดสอบเชิงจำแนก (*Identification Test*) เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับความเป็นจริงต่างๆ เช่น ให้นักเรียนจำแนกเครื่องมือ หรือชิ้นส่วนของเครื่องมือว่าเป็นอะไรบ้าง และแต่ละชิ้นมีหน้าที่อะไร

6.3.3 การปฏิบัติเชิงสร้างสถานการณ์ประกอบการณ์ (*Simulated Performance*) จะเน้นวิธีการโดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติงานในสถานการณ์ที่เหมือนจริง เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์และ

วิชาชีพให้ทำการทดลองโดยการออกแบบเชิงสร้างสถานการณ์ ตามงานจริง หรือในการฝึกหัดขับรถยนต์ และฝึกหัดขับเครื่องบินก็จะใช้วิธีการสร้างสถานการณ์

6.3.4 การปฏิบัติงานจริง (Work Sample) ในการทดสอบการปฏิบัติซึ่งมีหลายวิธีการนั้น การปฏิบัติงานจริงถือว่ามีระดับความเป็นจริงสูงสุด นักเรียนจะต้องแสดงตัวอย่างของงานภายใต้สภาวะการณ์จริง เช่น ในการทดสอบทักษะการขับรถยนต์ นักเรียนจะต้องขับจริง มีสภาพเหมือนจริง

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์

7.1 งานวิจัยในประเทศ

สมปัญญา ศรีภคานนท์ (2534:ง) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ และความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ กับชุดช่วยแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 48 คน กลุ่มทดลองที่ 1 สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ทดลองที่ 2 สอนโดยชุดช่วยแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์กับชุดช่วยแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์และ ความคิดริเริ่ม ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน ความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ทางวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กัน

ลัดดา สายพานทอง (2535:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทำโครงการวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องละ 30 คน เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกโครงการวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามคู่มือครู ใช้เวลาในการทดลอง 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทำโครงการวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สมยศ ตลอดจน (2535:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “สภาพและปัญหาการดำเนินงานโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เคยทำโครงการวิทยาศาสตร์ 248 คน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ 70 คน และผู้อำนวยการโรงเรียน 41 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. สภาพการดำเนินงานโครงการวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ นักเรียนได้รับการกระตุ้นจากครูในขณะที่มีการเรียนการสอน นักเรียนมีความสนใจและสมัครทำโครงการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง นักเรียนและเพื่อนร่วมกันทำงานโครงการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง นักเรียนและเพื่อนร่วมกันทำโครงการวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนต่าง ๆ ภายใต้การชี้แนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการโรงเรียนเป็นผู้สนับสนุนอุปกรณ์ สถานที่ เงินทุน และการแสดงโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใช้เวลาหลังเลิกเรียนในการดำเนินงานทำโครงการวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นผู้แนะนำแหล่งวิทยาการที่ควรไปหาความรู้เพิ่มเติม ในการรายงานผลใช้รูปแบบที่คณะกรรมการจัดการประกวดเสนอแนะ ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์จากทักษะกระบวนการ

ชูจิต บุตรดี (2535:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาการประชุมปฏิบัติการ การเสนอโครงการวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดขอนแก่นที่สนใจโครงการวิทยาศาสตร์และสมัครเข้ารับการประชุมปฏิบัติการการเสนอโครงการวิทยาศาสตร์ซึ่งจัดขึ้นที่โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัยเป็นเวลา 2 วัน จำนวน 33 คน ดำเนินการวิจัยโดยการจัดการประชุมปฏิบัติการตามโครงการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัย พบว่า

1. ผู้เข้าประชุมสามารถเสนอโครงการวิทยาศาสตร์ในเกณฑ์
2. ผู้เข้าร่วมประชุมมีคะแนนความเข้าใจโครงการวิทยาศาสตร์หลังการประชุมสูงกว่าก่อนประชุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01
3. ผู้เข้าประชุมมีคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังการประชุมสูงกว่าก่อนประชุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ธัญญา เรืองแก้ว (2537:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบความสามารถเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้ฝึกคิดนอกกรอบ ผสมผสานด้วยการคิดวิจารณ์ญาณ กับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนพระแม่มีราษฎร์ประดิษฐ์ เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร จำนวน 48 คนที่เลือกเรียนวิชาเสรี ว017 โครงการวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คน ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกความคิดนอกกรอบผสมผสานด้วยการคิดวิจารณ์ญาณ

กับกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คน ได้รับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. ใช้เวลาในการทดลอง 20 คาบ ๆ ละ 50 นาที ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พิจารณาจากคุณภาพ โครงการงานวิทยาศาสตร์ในด้านภาพและการเพาะความคิดของนักเรียนที่ได้รับการฝึกคิดนอกกรอบผสมผสานด้วยการคิดวิจารณ์ญาณกับการสอนตามแนวของ สสวท. แตกต่างกัน

2. ความสามารถเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พิจารณาจากคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ในด้านความเหมาะสมในการแก้ปัญหา ความเพียงพอในการแก้ปัญหา ความสมเหตุผลตามศาสตร์การใช้ประโยชน์ และความสมบูรณ์ของผลงานของนักเรียนที่ได้รับการฝึกคิดนอกกรอบผสมผสานด้วยการคิดวิจารณ์ญาณกับการสอนตามแนวของ สสวท. แตกต่างกันแต่ในด้านการสื่อความหมายให้คนอื่นเข้าใจไม่แตกต่างกัน

กัญญา ภิญญกิจ (2538:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสนใจกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครู” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 โรงเรียนเสนา “เสนาประดิษฐ์” อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยการทำโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามคู่มือครู ใช้เวลาในการทดลองกลุ่มละ 18 คาบ ๆ ละ 50 นาที ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการทำโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วนิดา นัตรวิราคม (2538:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 54 คน เก็บรวบรวมข้อมูลได้ใช้การสัมภาษณ์และสังเกต ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีสิ่งที่ทำมากที่สุดในแต่ละชั้น ดังนี้ ชั้นตอนการสังเกตใช้ประสาทสัมผัสทางตา ชั้นการตั้งปัญหามีการระบุปัญหาด้วยตนเอง ชั้นตั้งสมมติฐานนักเรียนคาดคะเนคำตอบด้วยตนเอง ชั้นการทดลอง นักเรียนทำโดยไม่มีการวางแผนล่วงหน้า และมีการสรุปในข้อสรุปผลการทดลอง ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 50 ขึ้นไปใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ คือ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภทการหาความสัมพันธ์

ระหว่างสเปกกับสเปส การคำนวณ การลงความคิดเห็นเชิงการอธิบาย การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กลุ่มตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 25 ใช้ในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์คือการพยากรณ์ และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

วนิดา อยู่เย็น (2539:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประดิษฐ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครู” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนโคกสำโรงวิทยา อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี จำนวน 64 คน กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มควบคุม ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดย ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู มีความสามารถในการประดิษฐ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ประพุดิ ศิลพิพัชร (2540:ง) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ ในค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนป้อมนาคราชสวนยานนท์ จังหวัด สมุทรปราการ จำนวน 48 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมเรียนโดยครูเป็นผู้สอนสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์กับครูเป็นผู้สอนสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการประดิษฐ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ ทางวิทยาศาสตร์กับครูเป็นผู้สอนสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อรวรรณ โพธิาสัน (2541) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ผลของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดชัยภูมิ

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2540 จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มทดลองให้เรียนกิจกรรม ใครงงานวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 11 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าคะแนนจากแบบทดสอบ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง หลังการเรียนกิจกรรม ใครงงานวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียน กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นที่ดี และเห็นด้วยต่อการเรียนกิจกรรม ใครงงานวิทยาศาสตร์

สุรัชย์ พิภพนาม (2541) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2540 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดนครปฐม จำนวน 640 คน กลุ่มทดลองเรียนวิทยาศาสตร์และการทำโครงการวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมเรียนวิทยาศาสตร์แบบ ไม่มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผลวิจัยพบว่า

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชา วิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียน ที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบไม่มีการทำ โครงการวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แบบไม่มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ซิลเดรส (Childress, 1983: 280 – A) ได้ทำวิจัยเรื่อง “ผลของการทำโครงการ วิทยาศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับพุทธิปัญญาของวัยรุ่น” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 73 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งกำหนดให้ต้องทำโครงการ ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่สองอาจเลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือไม่ทำก็ได้ และกลุ่มที่สามไม่ ต้องทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า

1. ระดับการพัฒนาทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. กลุ่มตัวอย่างที่กำหนดให้ทำโครงการวิทยาศาสตร์เองไม่มีความแตกต่างกัน ของพัฒนาการทางสติปัญญาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซุบอตนิก (Subotnik, 1985: 317 – A) ได้ทำวิจัยเรื่อง “ความคิดสร้างสรรค์เชิง วิทยาศาสตร์ : พฤติกรรมการคิดค้นแก้ปัญหาของผู้ชนะการประกวดปรีชาญาณทางวิทยาศาสตร์ ของเวสต์ดิงส์เฮาส์ ปี 1983” กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชนะการประกวดปรีชาญาณทางวิทยาศาสตร์จำนวน

146 คน ซึ่งแบ่งตามเพศ ประเภทของโครงการทางวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์กายภาพหรือ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ) และความอิสระในการที่จะทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มตัวอย่างที่เลือกในการทำโครงการวิทยาศาสตร์เอง ไม่ปฏิเสธที่จะทำโครงการวิทยาศาสตร์หลาย ๆ เรื่อง จนกว่าจะได้เรื่องที่จะทำจริง ๆ

2. กลุ่มตัวอย่างที่มีผู้ช่วยเลือกเรื่องที่จะทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลภายนอกมากกว่าครู

3. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นหญิงและผู้ que เลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพแสดงความห่วงใยต่อผลกระทบทางสังคมต่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์

แมทธิวส์ (Matthews, 1990: 3143 – A) ได้ทำวิจัยเรื่อง “ผลของการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักสูตรการสอนที่มีต่อความเชื่อและการปฏิบัติการของครูเกี่ยวกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน” กลุ่มตัวอย่างเป็นครูระดับมัธยมศึกษาของรัฐเคนดักกี จำนวน 506 คน รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของครู ผลการวิจัยพบว่า

1. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการเรียนรู้ที่สำคัญ ๆ เกี่ยวกับหลักสูตรและการเรียนการสอนของครูกับความร่วมมือหรือความไม่ร่วมมือของนักเรียน ร้อยละของเวลาในการทำการทดลองสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง การใช้เวลาในชั้นเรียนในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์ แต่ละชนิดของความช่วยเหลือนักเรียนในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์

2. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการเรียนรู้ที่สำคัญ ๆ เกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอนของครู กับความเชื่อของครูเกี่ยวกับความสำคัญของการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความคิดของนักเรียน และคุณค่าของโครงการวิทยาศาสตร์

3. ครูที่ได้รับประกาศนียบัตรให้ความสำคัญสูงกว่าครูที่ไม่ได้รับประกาศนียบัตรในเรื่องความสำคัญของการพัฒนาความคิดของนักเรียนและคุณค่าของกิจกรรมนี้

4. มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างประสบการณ์ของการสอนของครู กับปริมาณของการให้การสนับสนุนของครูต่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์

5. มีความสัมพันธ์กันทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างประสบการณ์ของการสอนของครูกับปริมาณของการให้การสนับสนุนของครูต่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์

เมสัน (Mason, 1991: 3376 – A) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาประสิทธิภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ที่ครูเป็นผู้ริเริ่มและนักเรียนเป็นผู้ริเริ่ม” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ 7 และ 8 ของนักเรียนมัธยมเมืองออตตาวา จำนวน 285 คน ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ครูเป็นผู้กำหนดโครงการให้นักเรียนทำ

กลุ่มที่ 2 นักเรียนเป็นผู้กำหนดโครงการงานเอง

กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ต้องทำโครงการวิทยาศาสตร์

ดำเนินการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทำโครงการทางวิทยาศาสตร์มีผลทางบวกเล็กน้อยต่อเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย

3. โครงการทางวิทยาศาสตร์ที่ครูเป็นผู้กำหนดให้ทำมีความสำเร็จและสมบูรณ์
มากกว่าโครงการวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเป็นผู้เลือกทำเอง

โฮวิก (Howick, 1992: 4283 – A) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาเฉพาะกรณีนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ทางทะเล” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล ดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียน
19 คน เป็นเวลา 22 วัน ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทางทะเลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. เจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการทำกิจกรรมเปลี่ยนแปลง
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในระยะเริ่มแรกนักเรียนสนใจกิจกรรมนั้นหนาแน่นการต่าง ๆ แต่
หลังจากสิ้นสุดการทำกิจกรรมนักเรียนเน้นความสนใจต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลและแหล่งทรัพยากร
ถูกทำลาย

3. กิจกรรมการทำโครงการวิทยาศาสตร์ทางทะเลส่งเสริมเจตคติในทางบวกต่อ
มโนคติทางวิทยาศาสตร์ทางทะเล