หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิเคราะห์วงจรเป็นขั้นตอนที่สำคัญ สำหรับการศึกษาและออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์วงจรแบ่งออกได้หลายแบบได้แก่ การวิเคราะห์หาจุดทำงานสงบ (dc operating point) การวิเคราะห์หาผลตอบสนองเชิงความถี่ (frequency response) และการวิเคราะห์หาผลตอบสนองเชิงเวลาหรือทรานเซียนต์ (transient response) เป็นต้น การวิเคราะห์หาผลตอบสนองเชิงเวลานั้นเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากที่สุด เพราะต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ชั้นสูงและประสบการณ์ของผู้ออกแบบเองเข้าช่วยด้วย แต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์แบบนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญและมีประโยชน์มากต่อการออกแบบในทางปฏิบัติ

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญประเภทหนึ่งได้แก่ วงจรเชิงเส้นแบบท่อน ซึ่งเป็นวงจรที่จำลองวงจรไม่เชิงเส้นโดยประมาณ ประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ ไดโอด และสวิตช์ เป็นต้น มีที่ใช้กันมากเช่น วงจรขยายสัญญาณขนาดใหญ่ (power amplifier) วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (power electronics) วงจรเชิงเลขที่คำนึงถึงระดับสัญญาณเชิงอุปมา และอื่นๆ การวิเคราะห์วงจรเหล่านี้มักวิเคราะห์ได้ยาก ส่วนใหญ่การวิเคราะห์วงจรประเภทนี้มักเป็นการวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลา

วิชาการและเทคโนโลยีด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะเจริญและรุดหน้าไปอย่างมากถ้าเราสามารถวิเคราะห์วงจรได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยไม่ต้องเสียเวลาและรายจ่ายในการหาอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเป็นวงจรขึ้นมาทดลองจริงๆ แต่การวิเคราะห์วงจรให้ถูกต้องนั้น จะต้องใช้คณิตศาสตร์ชั้นสูงที่ยุ่งยากซับซ้อน และในบางครั้งอาจทำไม่ได้เลยถ้าไม่ใช้วิธีการประมาณวงจรเข้าช่วย ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง ยิ่งในปัจจุบันวงจรมีความซับซ้อนมากขึ้น จึงทำให้การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยวิเคราะห์วงจรเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์วงจรที่ซับซ้อนมากได้อย่างละเอียด ถูกต้อง และรวดเร็ว โดยไม่ต้องอาศัยการประมาณวงจรเข้าช่วยโดยไม่จำเป็น การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยวิเคราะห์นี้นั้นจะมีประโยชน์อย่างเต็มที่ถ้าทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ง่าย และผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรม หรือเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการโปรแกรม ก็สามารถใช้ได้เช่นกัน

ด้วยเหตุนี้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงมองเห็นประโยชน์และความสำคัญของการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบ (microcomputer aided design หรือ /ICAD) ทางวิศวกรรมไฟฟ้า เพราะในปัจจุบันไมโครคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงจนอยู่ในระดับที่บุคคลในวงการศึกษาสามารถซื้อมาใช้ได้ จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการศึกษาสำหรับนิสิตนักศึกษา นักออกแบบ และผู้สนใจทั่วไป จึงได้ริเริ่มโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์บนไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าขึ้น เพื่อกระตุ้นให้มีการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยงานทางด้านวิศวกรรมกันมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาความรู้และ

การพัฒนาประเทศ ผลงานที่ผ่านมาของโครงการนี้คือ โปรแกรมวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรเชิงเส้นก็ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี มีการตีพิมพ์เผยแพร่ในหนังสือวิชาการต่างๆ มาแล้วหลายครั้ง การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นแบบท่อนนี้ก็เป็นก้าวสำคัญอีกก้าวหนึ่งของโครงการนี้ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์และออกแบบวงจรทั้งที่เป็นเชิงเส้นและเชิงเส้นแบบท่อนทั่วไป

1.2 งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในต่างประเทศได้มีการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมาไม่ต่ำกว่า 10 ปีแล้ว โปรแกรมที่ถือได้ว่ามีชื่อเสียงที่สุดในปัจจุบันคือ 'SPICE [1]' โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมขนาดใหญ่ที่มีความสามารถสูงและผ่านการทดสอบแก้ไขมานาน แต่ก็ต้องใช้กับคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ระดับมินิคอมพิวเตอร์ (minicomputer) ขึ้นไป โดยมีขีดความสามารถในการคำนวณหาจุดทำงานสงบ ลักษณะสมบัติโอนย้าย (dc transfer characteristic) ผลตอบสนองเชิงความถี่ และผลตอบสนองเชิงเวลาหรือทรานเซียนต์เป็นต้น

ในประเทศไทยนั้น ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับใช้คำนวณหาผลตอบสนองเชิงความถี่มีชื่อว่า 'เล็ก 1.0 [2]' โปรแกรมดังกล่าวนี้มีประโยชน์ทั้งในการศึกษาภาคทฤษฎี และใช้ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นในทางปฏิบัติจริงๆ ได้ด้วย เช่น การออกแบบและสร้างชุดสายอากาศรับโทรทัศน์แบบกำจัดภาพซ้อน[10] เป็นต้น อย่างไรก็ตี 'เล็ก' ก็ยังไม่มีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจร

นอกจากนี้ก็มีโปรแกรมที่ใช้ศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาวงจรเชิงเส้นคือ 'TRSIM [3]' ซึ่งเป็นเพียงการศึกษาถึงความเป็นไปได้ขั้นต้น และแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรได้อย่างไร โดยการทดลองใช้กับวงจรเชิงเส้นซึ่งง่ายพอสมควร และไม่มีการควบคุมความผิดพลาด ด้วยขบวนการทางคณิตศาสตร์ ทำให้ต้องกำหนดขนาดขั้นเวลาคงที่ (fixed timestep) ตลอดช่วงเวลาของการวิเคราะห์วงจร

ถึงแม้ว่า 'SPICE' จะสามารถคำนวณผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรไม่เชิงเส้นได้ก็จริง แต่ก็เป็นการใช้ลักษณะสมบัติไม่เชิงเส้นทั่วไปในการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีการนี้ไม่เหมาะสมกับการนำมาพัฒนาบนไมโครคอมพิวเตอร์ เพราะต้องใช้เทคนิคที่ยุ่งยากซึ่งจะทำให้โปรแกรมต้องมีขนาดใหญ่จนไม่สามารถใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ได้

สำหรับโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นนี้เป็นโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Apple][สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบที่เป็นเชิงเส้นและแบบที่เป็นเชิงเส้นแบบท่อน โดยมีลักษณะโครงสร้างการเก็บข้อมูลของวงจรคล้ายคลึงกับ 'เล็ก' จุดเด่นของโปรแกรมก็คือ มีวิธีการควบคุมความผิดพลาดไม่ให้เกินขอบเขตที่ผู้ใช้กำหนดให้ และยังสามารถลดเวลาในการคำนวณโดยการปรับขนาดขั้นเวลา (variable timestep) อัตโนมัติได้ด้วย

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนสำคัญคือ

1) ศึกษาการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เชิงเลข (numerical analysis) เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2) พัฒนาโปรแกรมขั้นต้นบนไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิท เพื่อคำนวณหาผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นแบบท่อนทั่วไปที่ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ แหล่งกำเนิดสัญญาน ไดโอด ออปแอมป์ ทรานซิสเตอร์ และสวิตช์

ส่วนของพัฒนาโปรแกรมนั้น แท้จริงแล้วก็เป็นการตรวจสอบและสนับสนุนทฤษฎีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เชิงเลขที่เลือกมาใช้ในการวิเคราะห์วงจรนั่นเอง

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาและวางขอบข่ายของโปรแกรม

1.4.2 ศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเลขและออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

1.4.3 ศึกษาอุปกรณ์เชิงเส้นแบบท่อนเพื่อสร้างสมการคณิตศาสตร์ที่กำหนดลักษณะสมบัติเชิงเส้นแบบท่อนที่เหมาะสม

1.4.4 เขียนโปรแกรมในส่วนอินพุท เอ้าต์พุท และส่วนประมวลผลเบื้องต้น

1.4.5 แก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมสำหรับการประมวลผลอุปกรณ์เชิงเส้นแบบท่อน

1.4.6 ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมโดยให้มีการปรับขั้นเวลาโดยอัตโนมัติ

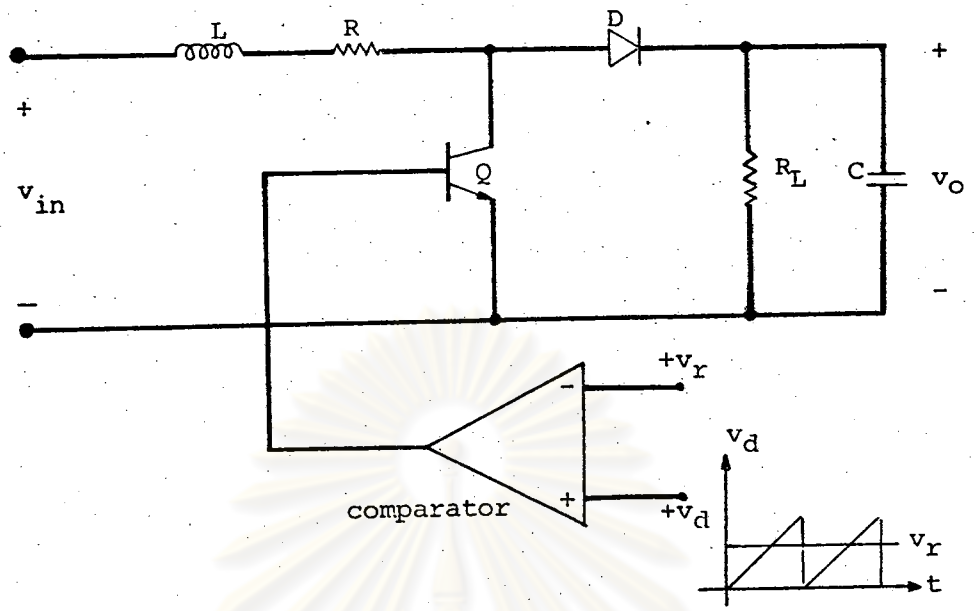
1.4.7 เรียบเรียง แก้ไข และพิมพ์วิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ได้โปรแกรมต้นแบบที่ทำงานได้จริง สามารถนำไปวิเคราะห์หาผลตอบสนองเชิงเวลาของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งที่เป็นวงจรเชิงเส้นและเชิงเส้นแบบท่อนได้เช่น วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง และวงจรเชิงเลข เป็นต้น ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 1.1

1.5.2 ได้แนวทางการวิเคราะห์แบบเชิงเลขที่สามารถนำไปปรับปรุงโปรแกรมให้ดีขึ้นอีก

1.5.3 เป็นประโยชน์กับวิศวกร นักออกแบบ นิสิตนักศึกษา นักเรียน ตลอดจนบุคคลที่สนใจทั่วๆ ไป สำหรับใช้ในการเรียน การทดลอง การออกแบบวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นแบบท่อนทั่วไป



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างวงจรที่สามารถวิเคราะห์ได้

1.6 เนื้อหาโดยย่อของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 8 บท โดยที่แต่ละบทจะมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันและเรียงลำดับความสำคัญจากน้อยไปหามาก ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงหลักการทั่วไปของวิธีในการสร้างและแก้สมการวงจรเชิงเส้นที่เลือกมาใช้ในโปรแกรมนี้ และเน้นถึงวิธีการสร้างสมการวงจรรีซีสดีฟซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับที่ใช้สำหรับสร้างสมการของวงจรชนิดอื่น ๆ ด้วย เพียงแต่การสร้างสมการวงจรชนิดอื่นๆ นั้น ต้องใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์และเทคนิคการโปรแกรมเข้าช่วยในลักษณะที่ต่างกัน ในบทที่ 3 ก็จะอธิบายเทคนิคทางคณิตศาสตร์เชิงเลขที่นำมาใช้ช่วยสร้างสมการของวงจรพลวัตเชิงเส้นทั่วไป สำหรับวงจรเชิงเส้นแบบท่อน การสร้างสมการวงจรก็ยังคงใช้วิธีเดียวกันกับในบทที่ 2 และ 3 และได้เพิ่มเทคนิคทางการโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวิเคราะห์และปรับภาวะอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นเข้ามาด้วย ซึ่งเราจะกล่าวไว้ในบทที่ 4 ส่วนบทที่ 5 เป็นส่วนของวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการควบคุมความผิดพลาดในขบวนการวิเคราะห์และการปรับขนาดขั้นเวลาในการวิเคราะห์อย่างอัตโนมัติ โครงสร้างของโปรแกรม ขั้นตอนการโปรแกรม และวิธีใช้โปรแกรม จะกล่าวรวมกันในบทที่ 6 ซึ่งเป็นการนำความรู้ที่ได้จากบทที่ 2 ถึง 5 มาใช้ร่วมกันอย่างมีกฎเกณฑ์และเรียงลำดับขั้นตอน ทำให้สามารถเข้าใจวิธีการทางคณิต-ศาสตร์และหลักการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อน ๆ ได้เป็นอย่างดี บทที่ 7 เป็นตัวอย่างการทดสอบโปรแกรมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ และวิเคราะห์ผลการคำนวณที่ได้

เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจถึงขีดความสามารถในการใช้งานที่แท้จริงของโปรแกรม บทที่ ๘ ซึ่งเป็นบทสุดท้ายจะสรุปผลการวิจัย และเสนอแนวทางสำหรับปรับปรุงหรือศึกษาเพื่อพัฒนาให้โปรแกรมมีคุณสมบัติดีขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย