

การอธิบายพฤติกรรมของระบบเชิงเส้นอันดับที่หนึ่งทางไฟฟ้าอย่างแม่นยำด้วยเทคนิคตัวแปรเวลาหลายตัว

The Accuracy Behavior Explanation of Electrical First-Order System Based on Multi-Time Technique

นพดล สีสุข¹ เกียรติศักดิ์ พรหมภักดี¹ อนุชา แก้วพลสุข¹ สุวัฒน์ ไชยบาล¹ และ ปราโมทย์ วาดเขียน²

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ต. ท่าโพธิ์ อ. เมือง จ. ขอนแก่น 43000 โทรศัพท์ : 0-5596-3501 E-mail: noppadon_su@hotmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ : 0-2329-8000 E-mail: promote@telecom.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์แบบใหม่สำหรับระบบอันดับที่หนึ่ง เทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าวจะอยู่บนพื้นฐานเงื่อนไขทางเวลาหลายตัวแปร จากการใช้เทคนิคใหม่นี้จะให้การวิเคราะห์หรือผลตอบสนองที่ละเอียดมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น แอมพลิจูดของผลตอบสนองธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันผลตอบสนองบังคับไม่ใช่เฉพาะที่เวลาเริ่มต้นเท่านั้น แต่จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันผลตอบสนองบังคับอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น สำหรับฟังก์ชันบังคับที่มีค่าคงที่ ผลตอบสนองบังคับที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคใหม่จะเหมือนกับผลตอบสนองบังคับที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคเดิม ซึ่งผลจากการจำลองและผลการทดลองของวงจรอาร์ซี (RC) สอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคใหม่ดังกล่าว

คำสำคัญ: ระบบเชิงเส้นอันดับหนึ่ง, เวลาหลายตัว, สมการเชิงอนุพันธ์

Abstract

In this paper, a new analysis technique for ordinary first-order systems is presented. By employing this new technique more accurate results with regard to response can be obtained which are compared to the result of the conventional technique. For example, amplitude of the natural response is shown to be a function of the forced response not only at the initial time but also at arbitrary points in time. Thus, for a constant forced function, which results in a constant forced response the results of the new technique is identical to the conventional technique. Numerical and experimental results obtained from the resistor-capacitor (RC) shows sufficient agreement with the theoretical results.

Keywords: first order system, multi temporal, Differential equation

1. คำนำ

สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ (ODE) ประกอบด้วยคำตอบเอกพันธ์ ($x_h(t)$) คำตอบเฉพาะ ($x_p(t)$) และคำตอบสมบูรณ์ ($x_c(t)$) ที่

ได้จากการรวมกันของคำตอบเอกพันธ์และคำตอบเฉพาะ ($x_c(t) = x_h(t) + x_p(t)$) สำหรับในกรณีที่ดำเนินการกับระบบทางไฟฟ้า และวงจรเครือข่ายทางไฟฟ้าที่ประกอบ ด้วยอุปกรณ์พาสซีฟ คำตอบสมบูรณ์ คำตอบเอกพันธ์ และคำตอบเฉพาะจะแทนด้วยผลตอบสนองสมบูรณ์ผลตอบสนองธรรมชาติ และผลตอบสนองบังคับตามลำดับ จากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม ขนาดของผลตอบสนองธรรมชาติจะเป็นค่าคงที่และคงที่ตามเวลาเสมอ แม้ว่าจะมีการใช้ฟังก์ชันอินพุตบังคับร่วมด้วย ซึ่งเป็นเพราะเงื่อนไขเริ่มต้น (ผลตอบสนอง) ถูกสมมติให้เป็นผลรวมของผลตอบสนองธรรมชาติและผลตอบสนองบังคับที่เวลาเริ่มต้น t_0 อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองของวงจรเครือข่ายทางไฟฟ้าอันดับที่หนึ่งที่ถูกป้อนด้วยฟังก์ชันบังคับที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จะพบว่า ผลการทดลองไม่ตรงกับผลการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมในช่วง transient แต่จะเข้ากันได้ในช่วง steady สำหรับในกรณีที่ฟังก์ชันบังคับเป็นค่าคงที่ ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์จะสอดคล้องกันเป็นอย่างดีทั้งในช่วง transient และ steady

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอเทคนิคในการวิเคราะห์แบบใหม่ โดยทางผู้วิจัยได้ทบทวนและศึกษาดารานและงานวิจัยหลายๆเรื่อง (Johnson, 1989; Alexander and Sadiku, 2000; Dorf and Svoboda, 2004) แต่ก็ไม่ได้พบว่าดาราและงานวิจัยเหล่านี้ได้กล่าวถึงจุดที่น่าสนใจอย่างเข้มข้น การวิเคราะห์ที่พบในดาราและงานวิจัยต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันซึ่งก็คือ ขนาดของผลตอบสนองธรรมชาติเป็นค่าคงที่ โดยไม่คำนึงว่าผลตอบสนองบังคับจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือไม่ เมื่อไม่นานมานี้ Roychowdhury ได้นำเสนอเทคนิคใหม่เพื่อใช้วิเคราะห์วงจรที่มีแบบจำลองแบบไม่เชิงเส้นโดยการแยกสเกลเวลาออกจากกันโดยใช้วิธี Numerical PDE (Roychowdhury, 2001) แต่ปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้นก็ยังไม่ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามแนวคิดในการแยกสเกลเวลาออกจากกันก็เป็นเทคนิคที่น่าสนใจที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหัวข้อที่ผู้วิจัยสนใจ

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการวิเคราะห์แบบใหม่ของระบบเชิงเส้นอันดับที่หนึ่งโดยการใช้ตัวแปรเวลาหลายตัว ซึ่งผลเฉลยแบบปิดที่ได้จะเข้ากันได้กับผลการทดลองในช่วง transient และ steady เมื่ออินพุตเป็นฟังก์ชันบังคับที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา