

1.1. Nonlinear System.

ในระบบ control ที่ใช้ในงานจริง ๆ นั้น จะพบบ่อย ๆ ว่าระบบ control จะเข้าไปทำงาน อยู่ในบริเวณ nonlinear characteristics ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้คำนวณไว้โดยอาศัย linear design theory จะผิดพลาด ในกรณีเช่นนี้เราจะคงใช้ nonlinear differential equation เข้ามาคำนวณ โดยทั่ว ๆ ไปเราได้นำค่าจากข้อความไว้ว่า system ใดสามารถใช้หลักการของ superposition ได้เราเรียกว่า linear system, ถ้า system ใดใช้หลักการของ superposition ไม่ได้เราเรียกว่า nonlinear system.

เมื่อระบบ control เป็น nonlinear การออกแบบที่ใช้ root locus จะใช้ไม่ได้ เราจึงใช้วิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้<sup>1</sup>

1. Analog Computer Simulation: วิธีนี้ให้ผลลัพธ์อย่างประมาณ ใช้ได้กับ system ที่มี order ใด ๆ และ system นั้นอาจเป็น multiple continuous หรือ discontinuous ก็ได้ วิธีนี้สามารถใช้กับ dynamic system ใด ๆ ในปฏิบัติ แต่ถ้าใช้กับ sampled-data system จะค่อนข้างยาก เพราะจะพบกับปัญหาในการทำ sampler ให้คล้ายคลึงไม่ได้ใกล้เคียง
2. Piecewise Linear Analysis: วิธีนี้ให้ผลลัพธ์ละเอียดแม่นยำ ใช้ได้กับ system ที่เป็น multiple discontinuous และมี order ใด ๆ การคำนวณจะยากขึ้นเมื่อมี order สูงขึ้นแต่อาจคิดแปลงใช้ analog computer คำนวณได้
3. Difference Equation: วิธีนี้ให้ผลลัพธ์อย่างประมาณ ใช้ได้กับ system ที่เป็น multiple continuous และมี order ใด ๆ วิธีนี้จะคำนวณยากขึ้นเมื่อมี order สูงขึ้นแต่อาจทำให้ง่ายลงได้โดยคิดแปลงใช้ analog computer คำนวณ
4. Describing Function: วิธีนี้จะให้ผลลัพธ์อย่างประมาณและบางครั้งจะให้ผลลัพธ์ค่อนข้างหายาก วิธีนี้ใช้ได้กับ system ที่เป็น single continuous และ discontinuous ที่มี order ใด ๆ

1. A.W. Langill, Jr., "Automatic Control Systems Engineering, Vol. II-Advanced Control Systems Engineering", Prentice-Hall, Inc., 1965, pp.486-489.

แต่ก็มุ่งหวังจะให้ใช้กับ system ที่มี discontinuous element เป็นส่วนใหญ่ โดยได้ศึกษา Bode's plot และ Nichols chart ให้ใช้ได้กับเรื่องนี้

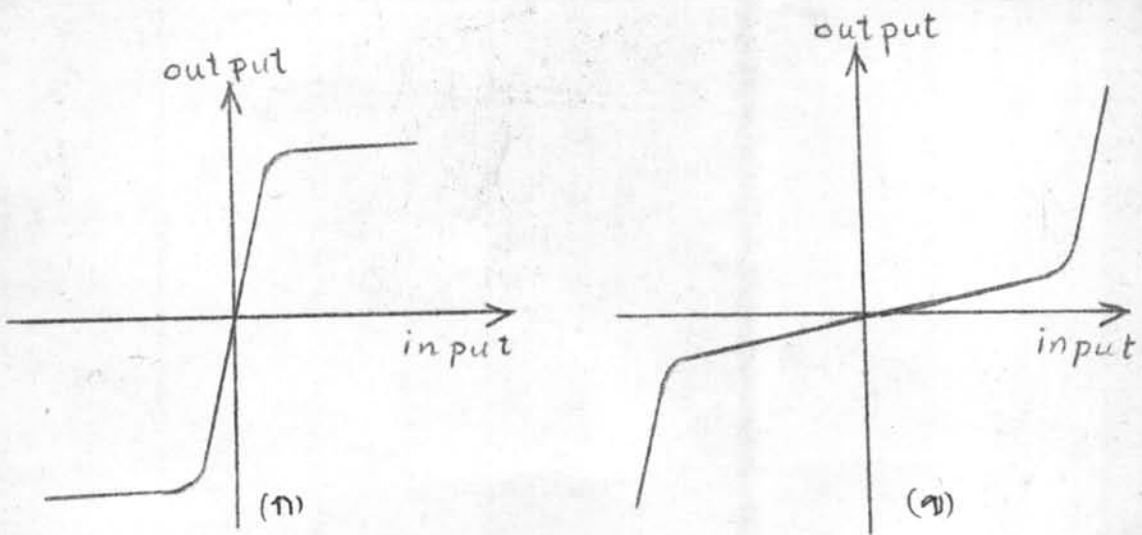
5. Phase Plane: วิธีนี้จะให้ผลดีพอประมาณ ใช้ได้กับ system ที่เป็น single continuous และ discontinuous ส่วนใหญ่มุ่งใช้กับ system ที่มี discontinuous element และใช้ได้กับ system ที่มี order 2 เท่านั้น

6. Lyapunov's Direct Method: วิธีนี้ใช้ได้กับ system ที่เป็น single continuous และมี order ใด ๆ โดยอาศัยวิธีการที่แยกออกเป็นสองฟังก์ชัน ฟังก์ชันหนึ่งเป็น state-variable ของ nonlinear element สำหรับฟังก์ชันที่สองเป็นค่า differentiate ของฟังก์ชันแรก การวินิจฉัยว่า system จะอยู่ใน stable หรือไม่นั้น จากการคุณสมบัติของสองฟังก์ชันนั้น วิธีนี้จึงคล้ายคลึงกับการหา stability ของ linear servo โดยไม่ต้อง solve สมการ linear differential equation โดยตรง วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งไม่เพียงพอซึ่งจะต้องค้นคว้าต่อไปอีก

1.2. คุณสมบัติและคำจำกัดความบางประการของ Nonlinear.

ใน nonlinear system จะมีคำว่า continuous และ discontinuous อยู่ด้วยเสมอ สองคำนี้มีคำจำกัดความว่า ใน system ใดเมื่อ output variable (ให้รวมถึง output variable first derivative ด้วย) ไม่ต่อเนื่องกันเมื่อเทียบกับ input variable เรียกได้ว่า system นั้นเป็น discontinuous nonlinearity กลับกันเมื่อ system ใดมี output variable และ output variable first derivative ต่อเนื่องกันเมื่อเทียบกับ input เรียกได้ว่า system นั้นเป็น continuous nonlinearity

นอกจากนี้ nonlinear system อาจแบ่งพวกออกเป็น ซ้ำหรือเร็ว อ่อนและแข็ง และคังใจ ให้เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาเอง คำว่าซ้ำหรือเร็ว หมายความว่า system ที่พิจารณาเปิดแฉกแปลงซ้ำหรือเร็วไปตามสิ่งที่เข้ามากระตุ้น สำหรับคำว่าอ่อนหรือแข็งมีคำจำกัดความว่า system ใดเกิดไม่เสถียรภาพขึ้นได้เมื่อป้อน input เข้าไปเพียงเล็กน้อย system นั้นเรียกว่า soft nonlinearity (ดูรูปที่ 1.1(ก)) และกลับกัน system ใดเมื่อป้อน input เข้าไปมาก ๆ จึงจะเกิดเสถียรภาพ system นั้นเรียกว่า hard nonlinearity (ดูรูปที่ 1.1(ข))



รูปที่ 1.1

Nonlinearity ใน feedback control system โดยทั่ว ๆ ไปจะเกิดขึ้นจากสิ่งกีดขวางของ ส่วนประกอบต่าง ๆ สิ่งกีดขวางนั้นคือ saturation, dead zone, backlash, hysteresis หรือการเปลี่ยนแปลงค่า parameter ตามฟังก์ชันของการทำงาน - nonlinearity ที่เกิดขึ้นเช่นนี้จำเป็นจะต้องเกิดขึ้น เพราะเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสิ่งของที่นำมาใช้ สำหรับ nonlinearity ที่ตั้งใจให้เกิดขึ้นนั้นคือ ใน system เป็น linear แต่เนื่องด้วยถ้าทำให้เป็น nonlinear จะทำให้การทำงานของ system ดีขึ้น เร็วขึ้น และสามารถลดค่าพิกัดลงได้ ดังตัวอย่างใน on-off หรือ relay-type servo system, voltage regulator ในรถยนต์ และ "bang-bang" attitude control ของจรวดนำวิถี

1.3. Scope ของการวิจัย.

การวิจัยนี้มีขอบเขตอยู่แต่เพียงการใช้ analog computer เข้าช่วยคำนวณ servo system ที่ใช้ relay ที่มีคุณสมบัติ

1. ideal relay
2. relay with dead zone
3. relay with dead zone and hysteresis

และมี input เป็น step displacement function โดยใช้ differential equation method of simulation.