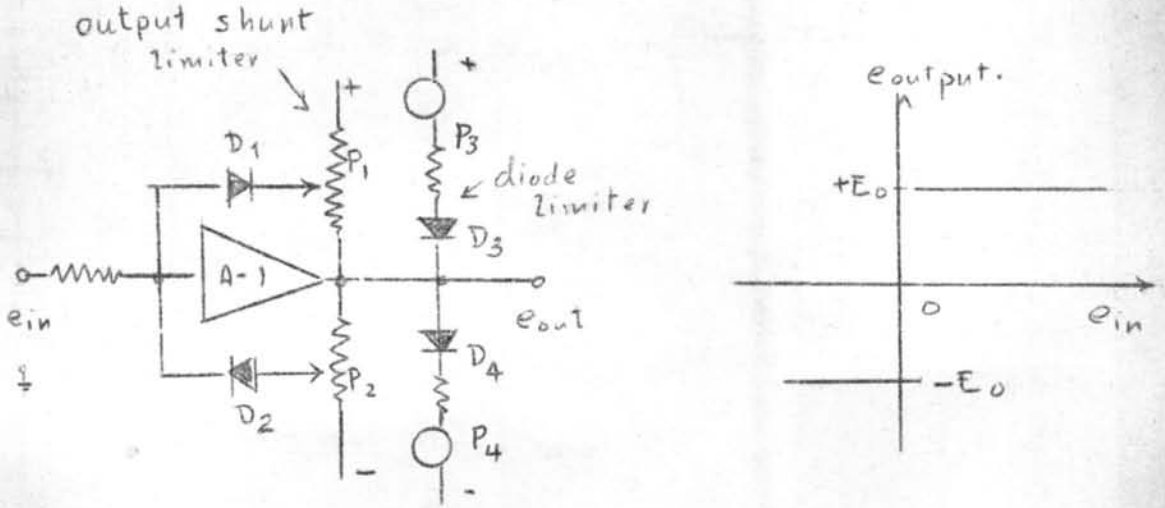
บทที่ 4.

ANALOG SIMULATION

4.1. Simulation of Relay-Type Servo Characteristics.

1. ideal relay. รูปที่ 4.1(ก) แสดงวงจรที่ใช้เป็น analog ของ ideal relay โดยมีหลักการทำงานดังนี้ [1]

สมมุติว่ามี input ที่เป็นลบและมี amplitude น้อยมากเข้าป้อนให้กับ A-1 ซึ่งเมื่อคูณด้วย open-loop amplifier gain จะทำให้ได้แรงดันที่เป็นบวกมีค่าสูงปรากฏที่ output, potentiometer P_2 จะเห็นศักย์บวกปรากฏขึ้นเพื่อที่จะรักษาศักย์บวกนี้ไว้ตามค่าที่ต้องการ ให้ตั้งpotentiometer P_2 นี้ไว้ตามค่าที่ต้องการ เมื่อมีศักย์บวกปรากฏขึ้นเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ก็จะมีกระแสไหลผ่าน diode D_2 ทำให้ศักย์ที่ output มีค่าบวกตามต้องการ สำหรับ diode D_1 จะทำหน้าที่อย่างเดียวกันแต่ใช้กับ input ที่เป็นบวก ดังนั้นจะได้ ideal relay ดังรูปที่ 4.1(ข) potentiometer P_1,P_2,P_3 และ P_4 ใช้ปรับให้ได้ output มีค่าตามต้องการ diode limiter D_3,D_4 ทำหน้าที่ clip ให้ได้คุณสมบัติของ ideal relay ที่สมบูรณ์

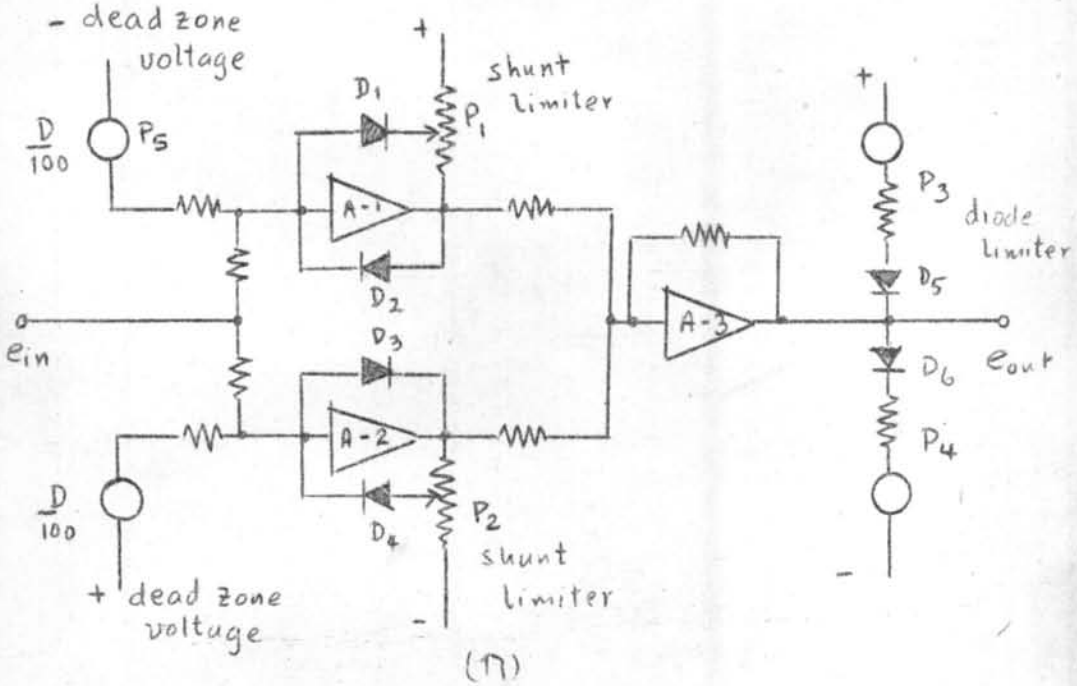


รูปที่ 4.1

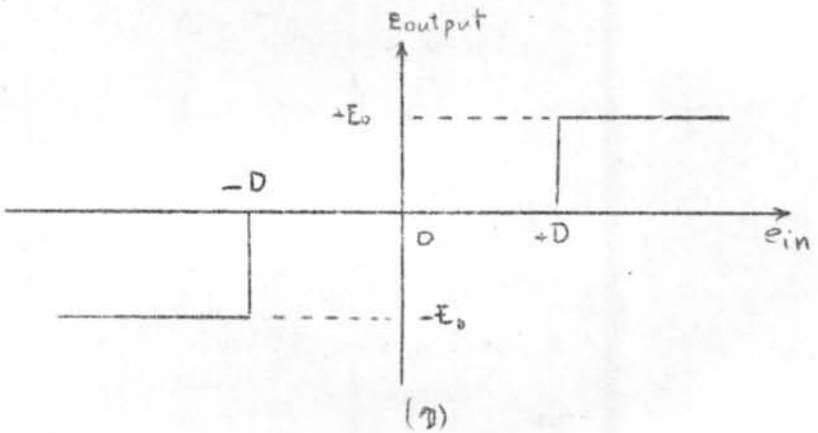
---

1. A.W. Langill, Jr, "Automatic Control Systems Engineering Vol.II-Advanced Control Systems Engineering", Prentice-Hall, 1965, pp.497-498

2. relay with dead zone. รูปที่ 4.2(ก) แสดงวงจรที่ใช้ใน analog ของ relay with dead zone[2] โดยที่ output shunt limiter P_1 และ P_2 ใช้เพื่อทำให้ได้ค่า saturation ของ relay, diode limiter D_5 และ D_6 ใช้ปรับค่า saturation ของ relay ให้สมบูรณ์ potentiometer P_5 และ P_6 ใช้ปรับค่า dead zone D ดังรูปที่ 4.2(ข) amplifier A-3 ใช้ปรับค่า gain.



(ก)

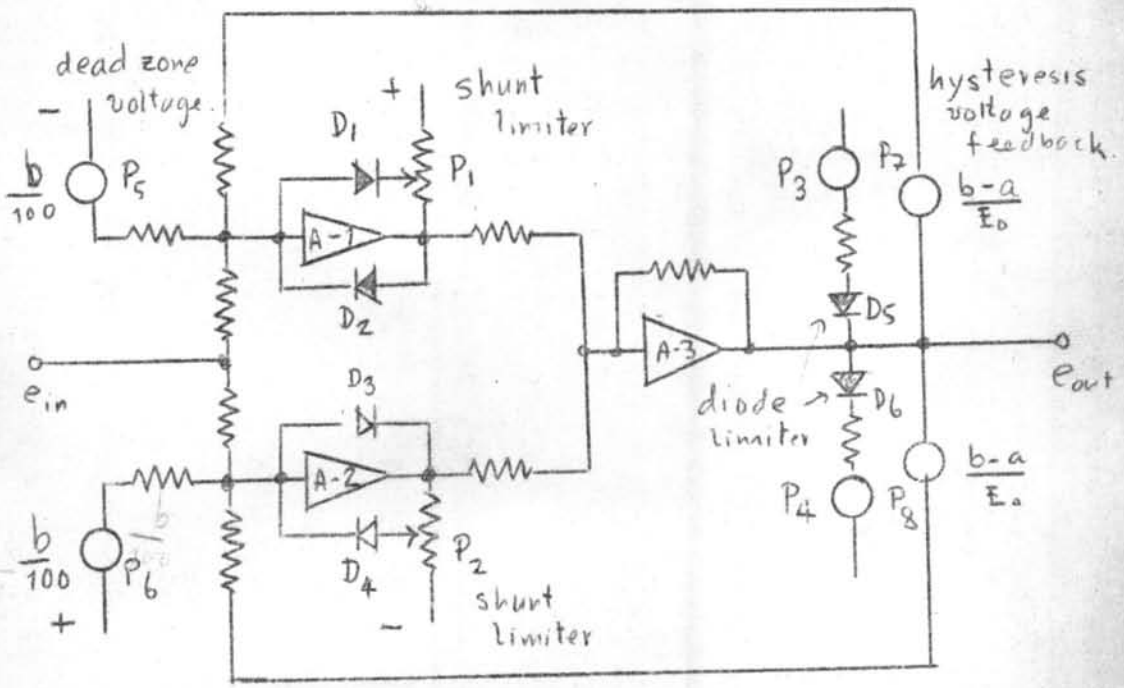


(ข)

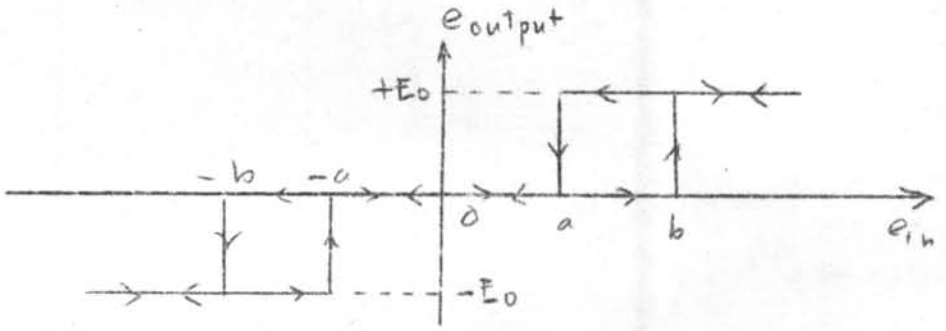
รูปที่ 4.2

2. A.W. Langill, Jr., ibid pp.498-499

3. relay with dead zone and hysteresis. รูปที่ 4.3(ก) แสดงวงจรที่ใช้เป็น analog ของ relay ที่มีคุณสมบัติเป็น dead zone และ hysteresis ซึ่งตามรูปนี้จะเห็นได้ว่าคล้ายกันกับรูปที่ 4.2(ก) เพียงแต่มีวงจร feedback เพิ่มขึ้น วงจร feedback นี้ประกอบด้วย potentiometer P_7 และ P_8 ซึ่งจะทำหน้าที่ให้เกิด hysteresis ดังรูปที่ 4.3(ข)



(ก)



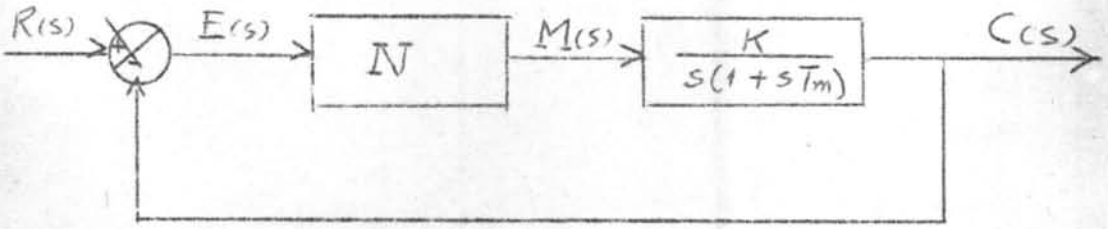
รูปที่ 4.3

3. A.W. Langill, Jr., ibid pp.499-500

4.2. Differential Equation Method of Simulation.

โดยทั่ว ๆ ไปการทำ simulation ของ servo system จะทำได้สองวิธีคือ differential equation method และ transfer function method แต่วิธีแรกจะสามารถวัดค่าตัวแปรได้ทุกตัวตามต้องการ [4] จึงเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้

รูปที่ 4.4 แสดง block diagram ของ servo system ที่ใช้ในการวิจัย, N เป็น relay T_m เป็น time constant ของโมเตอร์ และจาก system นี้จะเขียนสมการได้ว่า



รูปที่ 4.4

$$E(s) = R(s) - C(s) \tag{4.1}$$

$$M(s) = NE(s) \tag{4.2}$$

$$C(s) = \frac{K}{s(1 + sT_m)}M(s) \tag{4.3}$$

จากสมการที่ (4.3) จะเขียนใหม่ได้ว่า

$$KM(s) = (T_m s^2 + s)C(s)$$

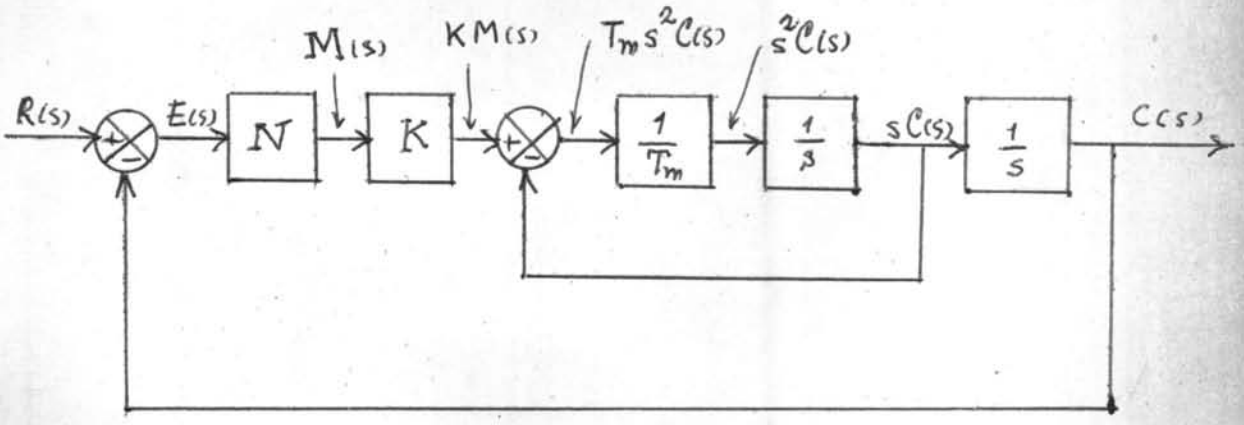
จัดใหม่จะเขียนได้ว่า

$$T_m s^2 C(s) = KM(s) - sC(s) \tag{4.4}$$

---

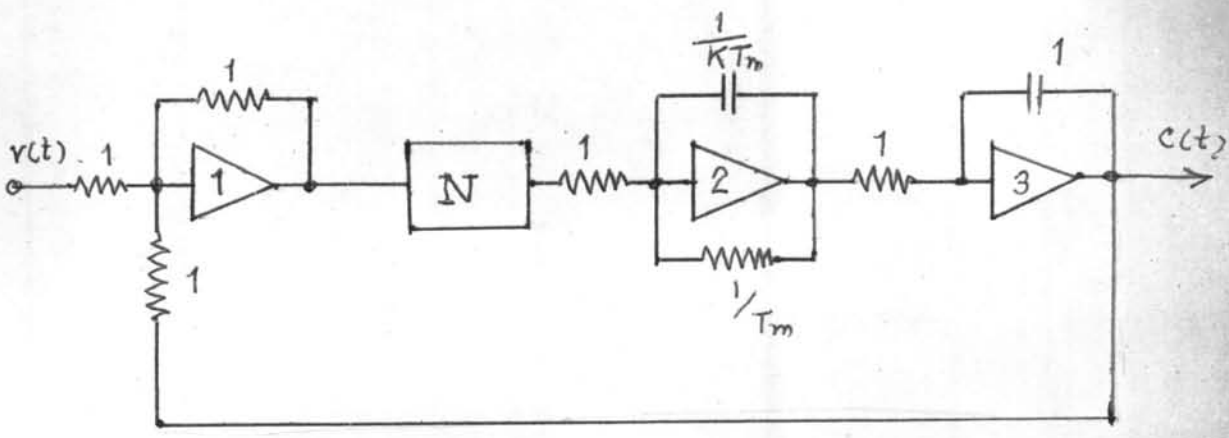
4. H. Chestnut and R.W. Mayer, "Servomechanisms and Regulating System Design Vol.I", John Wiley & Sons, Inc., 1961, Second Edition, pp.549-557

จากสมการที่ (4.1) (4.2) และ (4.4) จะสามารถเขียนblock diagram ของวงจรanalog computer ได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5

และสามารถจัดวงจร analog computer ของรูปที่ 4.5 ได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6

4.3. Scale Factor และ Time Scaling.[4,5]

ใน system ทั่ว ๆ ไปจะมีตัวแปรได้ต่าง ๆ ดังเช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราเร็ว แรง ฯลฯ ซึ่งเมื่อใช้ analog computer คำนวณจะต้องเปลี่ยนให้เป็นตัวแปร voltage เสียงอย่างเดียวโดยอาศัย scale factor อันมีคำจำกัดความว่า

$$\text{scale factor} = \frac{\text{maximum amplifier volts}}{\text{maximum number of physical units}} = \text{volts/unit} = \text{v/u} \qquad (4.5)$$

การเปลี่ยน scale factor จะเปลี่ยน gain ไปรอบ ๆ loop แต่ไม่อาจเปลี่ยน total gain ได้ ดังนั้นจึงมีคำจำกัดความของ channel gain ดังนี้

$$\text{channel gain} = \frac{\text{output scale factor}}{\text{input scale factor}} \times \text{gain desired} \qquad (4.6)$$

ในการคำนวณด้วย analog computer นั้นเวลาที่ใช้เป็นของสำคัญซึ่งอาจทำให้ช้าหรือเร็วกว่า system ที่แท้จริงได้ โดยใช้ time scaling อันมีสูตรดังนี้

$$T = at \qquad (4.7)$$

เมื่อ T เป็นเวลาของ computer, t เป็นเวลาที่แท้จริง และ a เป็น time scale change ในการเปลี่ยนเวลาของ computer จะทำได้โดยการเปลี่ยนค่าของ capacitor ของ integrator โดยใช้สูตรดังนี้

$$C' = aC \qquad (4.8)$$

เมื่อ C' เป็นค่า capacitor ของเวลาของ computer และ C เป็นค่า capacitor ของเวลาที่แท้จริง

---

4. H. Chestnut and R.W. Mayer, ibid pp.589-596

5. A.W. Langill, Jr., "Automatic Control Systems Engineering Vol.I-Control System Engineering", Prentice-Hall, 1965, pp.125-129

4.4. การตรวจสอบ Computer Setup.[6]

ในการต่อวงจร analog computer ใด ๆ เมื่อเสร็จแล้วให้คิดเสมอว่าการต่อยังไม่ถูกต้อง จนกว่าจะได้ตรวจสอบให้แน่ใจว่าถูกต้องจริง ๆ แล้ว การตรวจสอบจะทำได้เป็น 3 ขั้นคือ

1. by inspection: วิธีนี้เป็นการตรวจดูว่า ส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ต่อไว้ถูกต้องหรือไม่

2. static checking: วิธีนี้จะกระทำได้โดยป้อนไฟกระแสตรงเข้า และวัดดู output ซึ่งจะต้องมีค่าตรงกับค่าที่คำนวณไว้ การตรวจสอบนี้อาจทำได้ด้วยวิธี open-loop หรือ closed-loop ก็ได้ วิธีการนี้จะช่วยตรวจว่าได้ต่อวงจรไว้ถูกต้องหรือไม่และค่าความต้านทานหรือส่วนประกอบอื่น ๆ(ยกเว้น capacitor ที่ใช้อยู่ในวงจรใช้ได้หรือไม่

3. dynamic checking: เป็นการตรวจสอบตาม dynamic testing condition ที่สำคัญที่รู้ผลลัพธ์อยู่แล้ว ซึ่งถ้าต่อ computer ไว้ถูกต้องและส่วนประกอบต่าง ๆ ทำงานได้ถูกต้องและสมบูรณ์จะต้องให้ผลลัพธ์ตรงกัน

---

6. H. Chestnut and R.W. Mayer, loc cit pp.596-597.