บทที่ 3

การออกแบบระบบที่ใช้ในการศึกษา

3.1 การออกแบบระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

3.1.1 สภาพแวดล้อมก่อนการออกแบบ

3.1.1.1 สภาพภูมิประเทศ เนื่องจากขอบเขตของการศึกษานี้กำหนดพื้นที่เพาะปลูกเป็นพื้นที่ขนาดเล็กไม่เกิน 40 ตารางเมตร ดังนั้น จึงสามารถเลือกพื้นที่ที่ทำให้ลดปัญหาอันเกิดต่อระบบชลประทานที่ใช้ให้น้อยที่สุดได้เช่นปัญหาความสูงต่ำของพื้นที่ สภาพแหล่งน้ำ สภาพภูมิอากาศ ฯลฯ เป็นต้น ในการทดลองนี้เลือกบริเวณบ้านเลขที่ 214 หมู่ 3 ถนนรามอินทรา บางเขน กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่ทำการทดลองระบบชลประทานแบบฉีดฝอย เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบเรียบ การคมนาคมและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เอื้ออำนวยต่อการทดลอง โดยออกแบบพื้นที่เพาะปลูกมีลักษณะเป็นแปลงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวประมาณ 2 เมตร กว้างประมาณ 0.6 เมตร และสูงประมาณ 0.3 เมตร จำนวน 4 แปลง คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 10 ตารางเมตร

3.1.1.2 สภาพแหล่งน้ำ เนื่องจากระบบชลประทานแบบฉีดฝอยต้องการน้ำที่ค่อนข้างสะอาด เพื่อขจัดปัญหาการกัดกร่อน การอุดตันและการตกตะกอนของอุปกรณ์ให้น้ำ และเนื่องจากเป็นพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก ทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่ต้นพืชในแต่ละครั้งไม่มากมายนัก ดังนั้น จึงใช้น้ำประปาเป็นน้ำที่ให้แก่พืช โดยเก็บสะสมในถังน้ำอลูมิเนียมขนาดความจุ 150 ลิตร ซึ่งเพียงพอต่อการให้น้ำในแต่ละครั้ง

3.1.1.3 สภาพภูมิอากาศ จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณอำเภอบางเขน มีข้อมูลอากาศดังแสดงในภาคผนวก ก

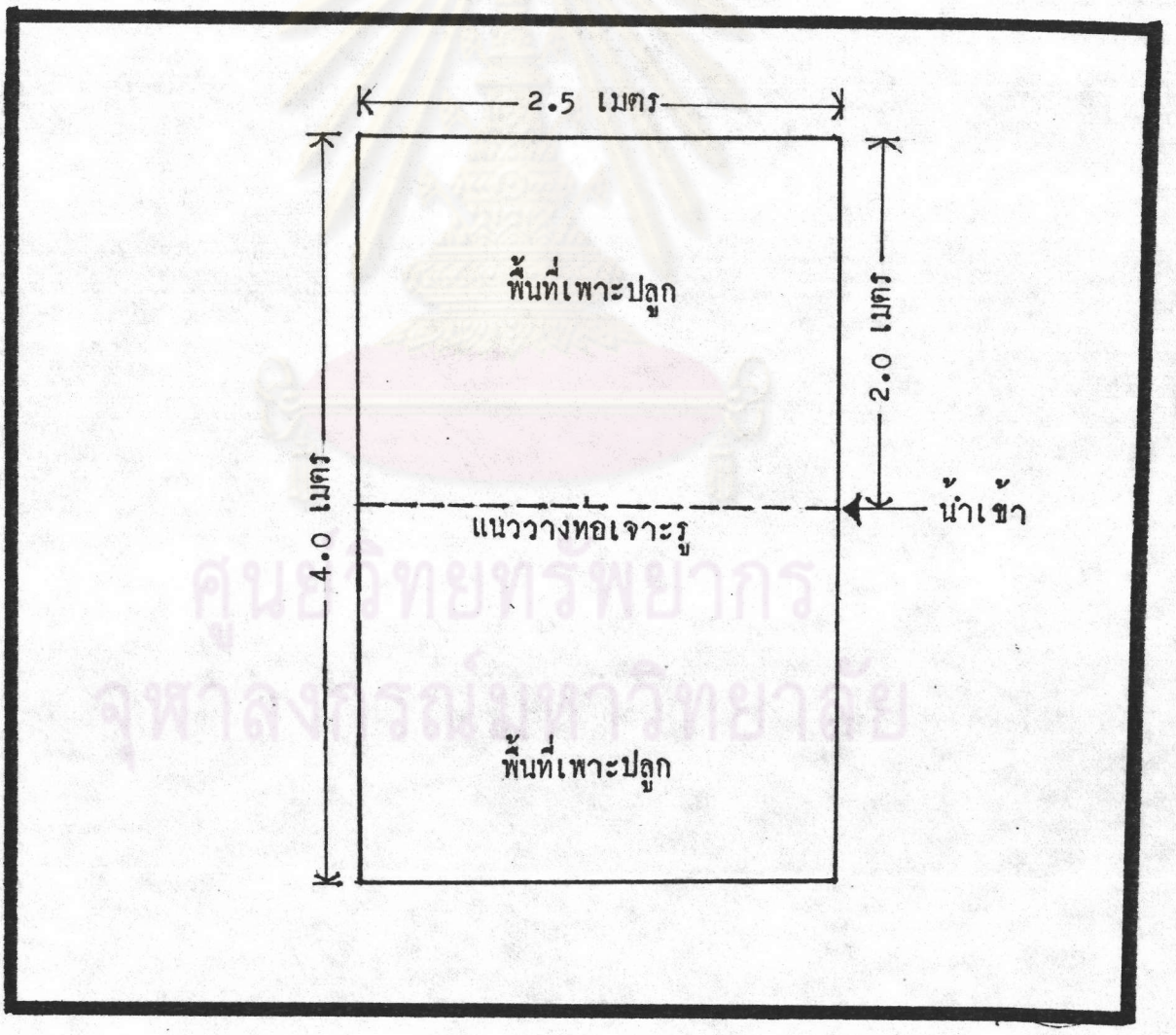
3.1.1.4 สภาพดินเพาะปลูก เลือกดินที่อุดมสมบูรณ์ผ่านการผสมสารอินทรีย์วัตถุ เป็นสูตรสำเร็จเรียบร้อยแล้ว คือดินลำดวน ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านเกษตรชลประทานดังจะได้ทำการทดลองหาในบทต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

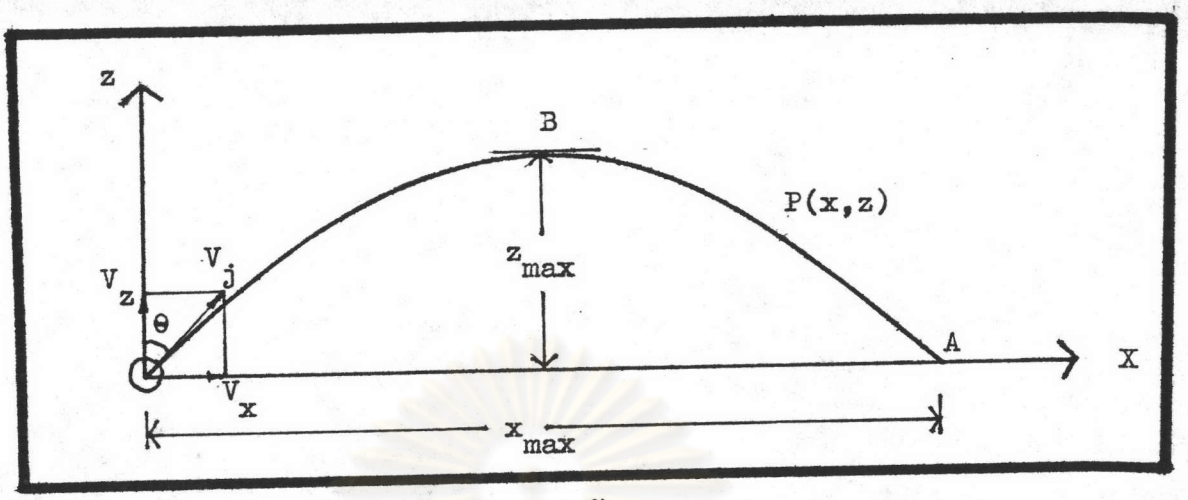
3.1.1.5 สภาพพืชที่ใช้เพาะปลูก พืชที่ใช้ในการทดลองคือ ต้นหอม ซึ่งปลูกง่าย ช่วงชีวิตสั้น และทำรายได้ให้กับประเทศได้ คุณสมบัติของพืชชนิดนี้ที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว คือ มีค่าความลึกของเขตรากพืช 30 – 50 เซนติเมตร ปริมาณน้ำใช้ตลอดฤดูการเพาะปลูก 350 – 550 มิลลิเมตร อายุ 40 – 60 วัน (วิบูลย์ บุญยโรกุล, 2526) ใช้ค่า SMD 50% และในการทดลองนี้จะทำการศึกษาหาคุณสมบัติต่าง ๆ นี้เพื่อตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำมาออกแบบ Irrigation Period และ Irrigation Interval ที่เหมาะสมต่อไป

3.1.2 <u>การออกแบบหัวฉีดน้ำชนิดท่อเจาะรู</u>

ในการทดลองนี้เลือกใช้หัวฉีดน้ำชนิดท่อเจาะรูซึ่งมีราคาถูก ใช้ความดันไม่มากนัก และบริเวณพื้นที่เปียกน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของพื้นที่เพาะปลูกดังรูป 3–1



รูปที่ 3–1 อาณาเขตพื้นที่เพาะปลูกและแนววางท่อเจาะรู



รูปที่ 3–2 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของสายน้ำจากรูเจาะ

จากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของสายน้ำในทางทฤษฎี เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ (Projectile) คือ ถือว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานแต่อย่างใด

เมื่อ V_j คือความเร็วของสายน้ำที่ออกมาจากรูเจาะ ซึ่งแตกออกได้เป็น 2 แนว คือ แนวราบ $V_x = V_j \sin\theta$ และแนวดิ่ง $V_z = V_j \cos\theta$ เมื่อ θ คือมุมที่สายน้ำทำกับแนวดิ่ง

จากกฎของนิวตัน ที่เวลา t ใด ๆ อนุภาคของสายน้ำที่จุด P(x,z) ใด ๆ สามารถเขียนได้เป็น

$$x = V_x t \tag{3–1}$$

$$z = V_z t - \tfrac{1}{2} g t^2 \tag{3–2}$$

<u>ที่จุด A</u> คือ $(x_{max}, 0)$ ได้ $t = \frac{2V_z}{g}$ $\therefore$ $x_{max} = \frac{V_j^2 \sin 2\theta}{g}$ (3–3)

<u>ที่จุด B</u> คือ $(\frac{x_{max}}{2}, z_{max})$ ได้ $t = \frac{V_z}{g}$ $\therefore$ $z_{max} = \frac{V_j^2 \cos^2\theta}{2g}$ (3–4)

ค่า V_j คือความเร็วของสายน้ำที่ออกมาจากรูเจาะนี้ มีค่าเท่ากับ $C_v V_o$ เมื่อ C_v คือค่าสัมประสิทธิ์ความเร็ว และ V_o คือ ความเร็วของสายน้ำที่ปากรูเจาะพอดี

ค่า C_v สามารถหาได้จาก $C_v = C_d / C_c$ เมื่อ C_d คือสัมประสิทธิ์ของอัตราการ

ไหลและ C_c = สัมประสิทธิ์การบีบตัว ในการทดลองนี้รูเจาะเป็นแบบตัดตรงทำให้ $C_c = 1$ ดังนั้น $C_v = C_d$ จากการวิจัยของ ดร.วิบูลย์ บุญยธโรกุลและคณะ (2527) ได้เสนอค่า C_d ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลของสายน้ำผ่านรูเจาะ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อภายนอก (เซนติเมตร)	C_d
3.25	0.67
6.0	0.74
8.4	0.79

ค่า V_o สามารถหาได้จาก $V_o = \sqrt{2gh}$ เมื่อ h คือความดันของน้ำในรูปความสูง $= \frac{P}{\gamma}$ เมื่อ P คือความดันของน้ำ และ γ คือหน่วยน้ำหนักของน้ำในหน่วยที่สอดคล้องกัน

ในทางปฏิบัติจะมีการสูญเสียพลังงานของเม็ดน้ำในสายน้ำ ทำให้สายน้ำที่พุ่งออกมานั้นแตกกระจายเป็นฝอย ซึ่งจะทำให้ค่า x_{max} และ z_{max} ที่แท้จริง มีค่าน้อยลงไปอีก

ถ้า $x_a = x_{max}$ ในทางปฏิบัติ และ

$z_a = z_{max}$ ในทางปฏิบัติ ดังนั้นได้

$$x_a = C_x x_{max} \qquad (3\text{-}5)$$

$$z_a = C_z z_{max} \qquad (3\text{-}6)$$

ค่า C_x และ C_z คือค่าสัมประสิทธิ์ความไกลและความสูงตามลำดับ ซึ่ง ดร.วิบูลย์ บุญยธโรกุล และนายสมเกียรติ รัตนศิริวงศ์วุฒิ (2527) ได้ทำการทดลองหาค่า C_x และ C_z สำหรับท่อขนาดต่าง ๆ ที่ความดันและรูเจาะขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3-2

จากสมการ (3-3), (3-4), (3-5) และ (3-6) ทำให้เขียนได้เป็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$x_a = \frac{C_x C_d^2}{g} V_o^2 \sin 2\theta = k_x V_o^2 \sin 2\theta \qquad (3\text{-}7)$$

$$z_a = \frac{C_z C_d^2}{2g} V_o^2 \cos^2\theta = k_z V_o^2 \cos^2\theta \qquad (3\text{-}8)$$

เมื่อ $k_x = \frac{C_x C_d^2}{g}$ $\qquad$ $k_z = \frac{C_z C_d^2}{2g}$

ค่า k_x และ k_z ถูกเสนอโดย ดร.วิบูลย์และคณะ (2527) ดังแสดงในตารางที่ 3–2

ตารางที่ 3–2 ผลการวิเคราะห์ค่า C_x, C_z, k_x และ k_z โดย ดร.วิบูลย์และคณะ (2527)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อภายนอก (เซนติเมตร)	ความดันของน้ำ (กก/ซม^2)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะ (เซนติเมตร)	C_x	C_z	k_x (วินาที^{2}/ม)	k_z (วินาที^{2}/ม)
6	0.666		0.470	0.710	0.02624	0.01982
6, 8.4	1.018	0.0749	0.384	0.608	0.02144	0.01697
6, 8.4	1.369		0.347	0.521	0.01937	0.01454
	0.314		1.110	1.181	0.06198	0.03296
6	0.666	0.119	0.730	1.035	0.04076	0.02889
	1.018		0.593	0.801	0.03300	0.02236
	0.314		1.180	1.560	0.08588	0.04364
6	0.666	0.159	0.829	1.140	0.04629	0.03182
	1.018		0.630	0.864	0.03510	0.02411

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 เซนติเมตร รูเจาะขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.119 เซนติเมตร (3/64 นิ้ว) เลือกความดันน้ำ 2 ค่าคือ 0.4 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้ได้ค่า k_x ประมาณเท่ากับ 0.06198 และ 0.04076 วินาที^{2}/เมตร ตามลำดับ และ k_z ประมาณเท่ากับ 0.03296 และ 0.02889 วินาที^{2}/เมตร ตามลำดับ

ค่าของ V_o ที่ความดัน 0.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หาได้โดย เมื่อ P_o = 0.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้ได้ $h = \frac{0.4}{\rho} = 4$ เมตร ทำให้ได้ $V_o = \sqrt{2x9.81x4}$ = 8.86 เมตรต่อวินาที และที่ $P = 0.6$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะได้ V_o = 10.85 เมตรต่อวินาที

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ (3–7), (3–8) จะได้

ที่ $P = 0.4$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะได้ $x_a = 4.86 \sin 2\theta$ (3–9)

$$z_a = 2.59 \cos^2\theta \quad (3\text{–}10)$$

ที่ $P = 0.6$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะได้ $x_a = 4.80 \sin 2\theta$ (3–11)

$$z_a = 3.40 \cos^2\theta \quad (3\text{–}12)$$

จากสมการ (3–9) และ (3–11) เมื่อกำหนด x_a ย่อมสามารถคำนวณหา θ คือ มุมที่สายน้ำทำกับแนวดิ่ง หรือมุมที่ทำกับแนวดิ่งที่ต้องเจาะบนผนังท่อนั่นเอง และสามารถคำนวณหา z_a จากสมการ (3–10) และ (3–12) ได้ต่อมาดังผลในตาราง 3–3

จากตาราง 3–3 จะเห็นว่า ในระยะ 270 เซนติเมตร จากตัวท่อ ถ้าต้องการให้สายน้ำครอบคลุมไปถึงต้องเจาะรูทำมุมกับแนวดิ่งสูงสุดเพียงประมาณ 17 องศา นั่นคือ พื้นที่เปียกน้ำของรูเจาะลักษณะนี้จะมีความกว้างประมาณ 540 เซนติเมตร และมีความยาวตลอดแนวของท่อ

ในทางปฏิบัติ เราไม่สามารถจะเจาะรูให้มีมุมละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3–3 ได้ ดังนั้น จึงกำหนดมุมที่จะเจาะเป็นช่วงที่ง่ายขึ้น และคำนวณความยาวส่วนโค้งบนตัวท่อจากแนวดิ่งไปยังรูเจาะที่มุมต่าง ๆ เพื่อสะดวกในการเจาะอีกทางหนึ่งด้วย ผลของการออกแบบจึงออกมาดังตารางที่ 3–4

ตารางที่ 3-3 ผลการวิเคราะห์รูเจาะบนผนังท่อเมื่อใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 เซนติเมตร และรูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.119 เซนติเมตร (3/64 นิ้ว)

(1) ความดันของน้ำ (กก/ซม^2)	(2) ระยะทางไกลที่สุดของสายน้ำ (x_a) (ซม)	(3) มุมที่สายน้ำทำกับแนวดิ่ง (θ) $= \frac{1}{2}\sin^{-1}\frac{(2)}{486}$ (องศา)	(4) ระยะทางสูงที่สุดของสายน้ำ (z_a) $= 259\cos^2(3)$ (ซม)
0.4	0	0	259
	30	1.8	258.7
	60	3.5	258.0
	90	5.3	256.8
	120	7.1	255.0
	150	9.0	252.7
	180	10.9	249.8
	210	12.8	246.3
	240	14.8	242.1
	270	16.9	237.2
(1) ความดันของน้ำ (กก/ซม^2)	(2) ระยะทางไกลที่สุดของสายน้ำ (x_a) (ซม)	(3) มุมที่สายน้ำทำกับแนวดิ่ง (θ) $= \frac{1}{2}\sin^{-1}\frac{(2)}{480}$ (องศา)	(4) ระยะทางสูงที่สุดของสายน้ำ (z_a) $= 340\cos^2(3)$ (ซม)
0.6	0	0	340.0
	30	1.8	339.7
	60	3.6	338.7
	90	5.4	337.0
	120	7.2	334.6
	150	9.1	331.5
	180	11.0	327.6
	210	13.0	322.9
	240	15.0	317.2
	270	17.1	310.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3–4 ผลการออกแบบรูเจาะซึ่งจะนำไปใช้ในการเจาะรู

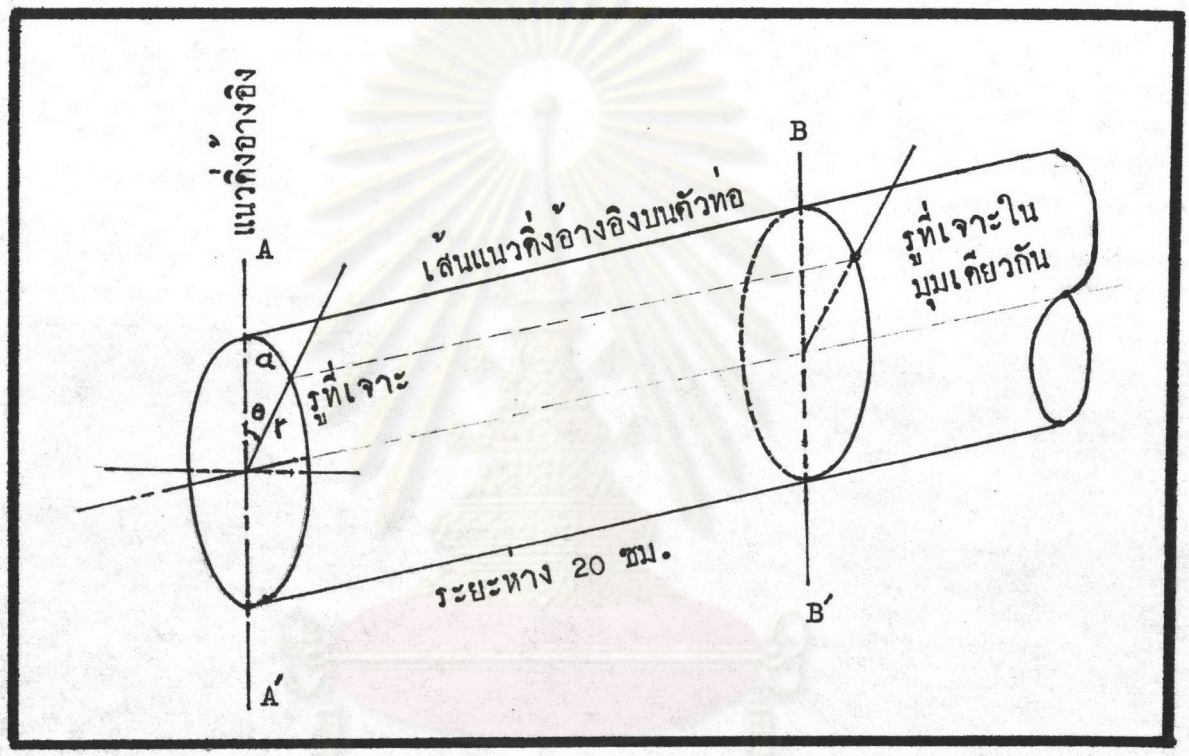
(1) มุมที่รูเจาะทำกับแนวดิ่งอ้างอิง (θ) (องศา)	(2) ระยะบนผนังทอวัดตั้งฉากจากแนวดิ่งอ้างอิงมายังรูเจาะ (a) $\frac{3\pi}{180} \times (1)$ (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
0	0	ค่าของ a คำนวณจาก
2.5	0.13	$a = \theta r$ เมื่อ θ ใช้ใน
5	0.26	หน่วยเรเดียนและ r คือ
8	0.42	รัศมีของท่อใช้ 3.0 ซม
11	0.58	
14	0.73	
17	0.89	

จากความสัมพันธ์ที่ 3–9, 3–10, 3–11 และ 3–12 จะเห็นว่ารูปแบบทั่วไปของ x_a และ z_a คือ $x_a = C_1 \sin 2\theta$ และ $z_a = C_2 \cos^2\theta$ เมื่อ C_1, C_2 คือค่าคงที่ขึ้นกับขนาดของท่อ ขนาดรูเจาะและแรงดันของน้ำ ดังนั้นที่ θ คนละมุมเช่น θ_1 และ θ_2 จะได้ค่า x_a เท่ากันเมื่อ $\theta_1 + \theta_2 = 90$ องศา หรือทุก ๆ θ_1 จะมีค่า $\theta_2 = 90 - \theta_1$ ที่ทำให้ x_a ของทั้ง 2 มุมเท่ากัน แต่ในการออกแบบนี้ เลือก θ ที่มีค่าน้อยเพื่อให้ z_a มีค่ามาก ทำให้สายน้ำพุ่งขึ้นได้สูง การออกแบบลักษณะนี้จะทำให้เกิดระยะทางที่สายน้ำอยู่ในอากาศมาก ทำให้เกิดการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดน้ำมาก เม็ดน้ำจึงแตกเป็นฝอยกระจายได้ดีขึ้น ลดการถูกกัดเซาะของผิวดินและการพุ่งชนลำต้นของพืชให้น้อยลงเนื่องจากแรงดันที่น้อยลง แต่จะทำให้เกิดการระเหยและผลกระทบจากลมได้มากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวที่มากขึ้นและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของเม็ดน้ำที่ลดลง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2.2 <u>การเจาะรู</u>

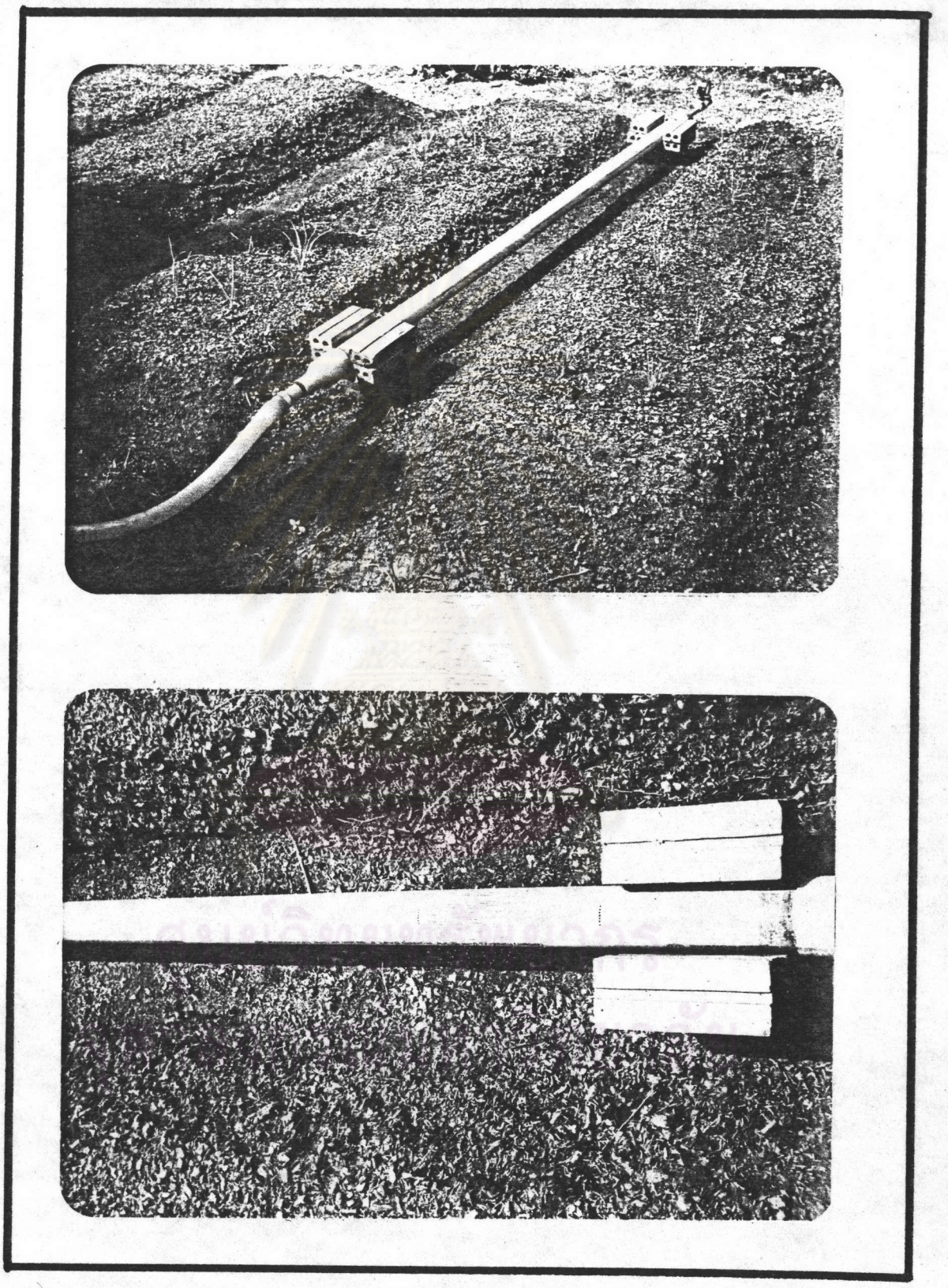
ท่อที่ใช้ คือท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 เซนติเมตร เป็นท่อพีวีซี ยาว 2 เมตร ทำให้ประหยัด ขนย้ายสะดวกและเจาะรูได้ง่ายขึ้น การเจาะในขั้นแรกต้องหาเส้นอ้างอิงแนวดิ่งบนตัวท่อ ซึ่งเป็นเส้นตรงขนานกับแนวระดับของท่อเสียก่อน จากนั้นจึงกำหนดจุดที่จะเจาะรูลงบนตัวท่อที่มุมต่าง ๆ โดยใช้ค่า a จากตารางที่ 3–4 เป็นตัวกำหนด ในการทดลองนี้จะแบ่งมุมที่เจาะรูออกเป็น 2 ชุดคือ



รูปที่ 3–3 การเจาะรูบนตัวท่อ

ชุดที่ 1 ได้แก่มุม 0, 5, 11 และ 17 องศา จะเจาะที่หน้าตัด AA′ และชุดที่ 2 ได้แก่มุม 2.5, 8 และ 14 องศา จะเจาะที่หน้าตัด BB′ หน้าตัดทั้งสองอยู่ห่างกัน 20 เซนติเมตร และจะสลับกันไปตลอดความยาวท่อ รูเจาะจะเจาะทั้งสองด้านของแนวดิ่งอ้างอิง เพื่อทำการให้น้ำทั้งสองด้านของท่อได้ในเวลาเดียวกัน การเจาะจะต้องวางท่อที่จะเจาะบนแท่นเจาะพร้อมทั้งล็อคให้แน่นหนาไม่ให้เคลื่อนที่ได้ จากนั้นจึงใช้สว่านขนาดดอกสว่านเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.119 เซนติเมตร ค่อย ๆ เจาะตรงบริเวณที่ทำสัญญลักษณ์ไว้ โดยเจาะให้ตั้งฉากกับตัวท่อให้มากที่สุด (การเจาะโดยใช้เครื่องจะทำได้แน่นอนกว่าการใช้สว่านมือเจาะมาก) ทำการเจาะรูที่ต้องการไปเรื่อย ๆ จนครบทุกรู ในที่สุดจะได้ท่อเจาะรูดังรูปที่ 3–4 (การเจาะรูนี้

ทำที่ห้องปฏิบัติการเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

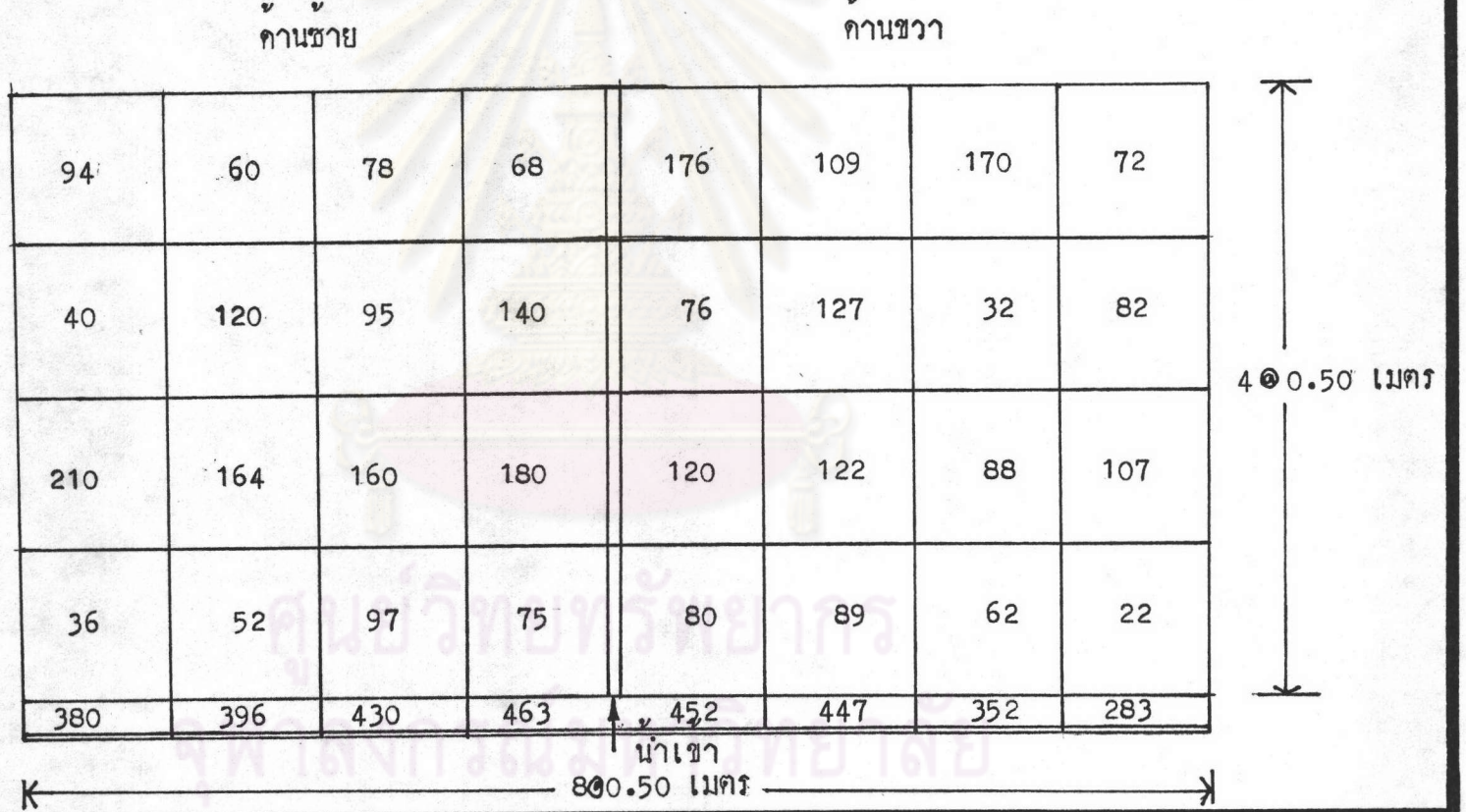


รูปที่ 3–4 ลักษณะรูเจาะบนตัวท่อเมื่อเจาะเสร็จแล้ว

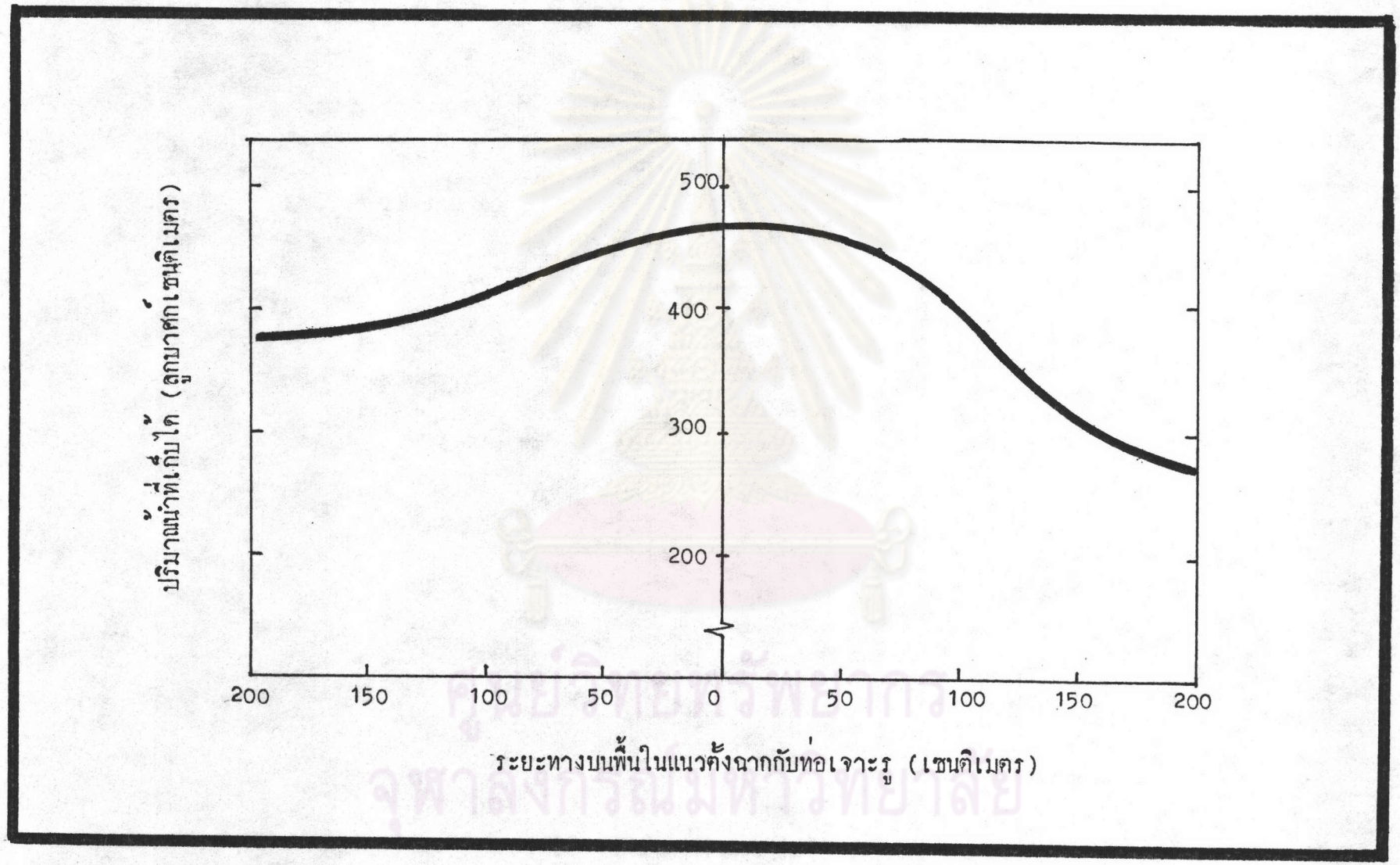
เส้นผ่าศูนย์กลางกระป๋องน้ำ 16.5 เซนติเมตร

ความดันน้ำที่ถังความดัน 0.61 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

ความดันน้ำที่ท่อเจาะรู 0.42 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3–5 ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) ในกระป๋องเก็บน้ำที่เก็บได้จากการทดสอบให้น้ำเป็นเวลา 1 นาที



รูปที่ 3–6 รูปแบบการกระจายของน้ำที่ได้จากท่อเจาะรูโดยใช้ผลการทดลองจากรูปที่ 3–5

ตารางที่ 3–5 การคำนวณสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (C_u) และอัตราการให้น้ำเฉลี่ยบริเวณด้านซ้ายของท่อเจาะรู

(1) ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในเวลา 1 นาที (x) (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	(2) $\lvert x - \bar{x} \rvert$
94	10.3
40	64.3
210	105.7
36	68.3
60	44.3
120	15.7
164	59.7
52	52.3
78	26.3
95	9.3
160	55.7
97	7.3
68	36.3
140	35.7
180	75.7
75	29.3
1669	696.2

$\bar{x}$ = 104.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$C_u = 100\left[1 - \frac{696.2}{1669}\right] = 58.3\%$$

$$\text{อัตราการให้น้ำเฉลี่ย} = \frac{1669}{\frac{\pi}{4}(16.5)^2 \times 16} = 4.9 \text{ มม/นาที}$$

ตารางที่ 3–6 การคำนวณสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (C_u) และอัตราการให้น้ำเฉลี่ยบริเวณด้านขวาของท่อเจาะรู

(1) ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในเวลา 1 นาที (x) (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	(2) $\lvert x - \bar{x} \rvert$
176	80.1
76	19.9
120	24.1
80	15.9
109	13.1
127	31.1
122	26.1
89	6.9
170	74.1
32	63.9
88	7.9
62	33.9
72	23.9
82	13.9
107	11.1
22	73.9
1534	519.8

$\bar{x}$ = 95.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$C_u = 100\left[1 - \frac{519.8}{1534}\right] = 66\%$$

$$\text{อัตราการให้น้ำเฉลี่ย} = \frac{1543}{\frac{\pi}{4}(16.5)^2 \times 16} = 4.5 \text{ มม/นาที}$$

ตารางที่ 3–7 การคำนวณสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (C_u) และอัตราการให้น้ำเฉลี่ยรวมทั้ง 2 ด้านของท่อเจาะรู

(1) ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในเวลา 1 นาที (x) (ลบ.ซม.)	(2) $\lvert x - \bar{x} \rvert$	(1) ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในเวลา 1 นาที (x) (ลบ.ซม.)	(2) $\lvert x - \bar{x} \rvert$
94	6.1	176	75.9
40	60.1	76	24.1
210	109.9	120	19.9
36	64.1	80	20.1
60	40.1	109	8.9
120	19.9	127	26.9
164	63.9	122	21.9
52	48.1	89	11.1
78	22.1	170	69.9
95	5.1	32	68.1
160	59.9	88	12.1
97	3.1	62	38.1
68	32.1	72	28.1
140	39.9	82	18.1
180	79.9	107	6.9
75	25.1	22	78.1
1669	679.4	1534	528.2

$$\bar{x} = \frac{1669 + 1543}{32} = 100.1 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{679.4 + 528.2}{1669 + 1534} \right] = 62.3\%$$

$$\text{อัตราการให้น้ำเฉลี่ย} = \frac{100.1}{\frac{\pi}{4} \times (16.5)^2} = 4.7 \text{ มิลลิเมตร/นาที}$$

3.1.2.3 การทดสอบหาคุณสมบัติของท่อเจาะรู

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบกลางแจ้ง สภาพลมสงบ โดยใช้ท่อเจาะรูที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.1.2 เป็นหัวฉีดน้ำที่ทำการทดสอบ ใช้ความดัน 0.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ตัวท่อเจาะรูเป็นความดันในการใช้งาน ปริมาณน้ำจากท่อเจาะรูสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ที่ (2-17)

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gh}$$

เมื่อ $C_d = 0.74$, $A_o = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{0.119}{10^4}\right)^2$ ตารางเมตร, $h = 4$ เมตร

$$Q = 7.291 \times 10^{-3} \text{ ลิตร/วินาที}$$

แต่มีรูเจาะทั้งสิ้น 59 รู $\therefore$ Q รวม $= 59 \times 7.291 \times 10^{-3}$

$= 0.43$ ลิตร/วินาที

จากนั้นทำการทดสอบหาค่าอื่น ๆ โดยการปล่อยน้ำจากท่อเจาะรูที่ระยะเวลาหนึ่ง แล้วเก็บข้อมูลความลึกของน้ำที่ได้หรือปริมาตรของน้ำที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-5 และการคำนวณประกอบในตารางที่ 3-5, 3-6 และ 3-7

จากผลของการทดสอบสามารถสรุปเป็นคุณสมบัติของท่อเจาะรูได้ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 สรุปคุณสมบัติของท่อเจาะรูที่ใช้ในการทดลอง

รายการ	ค่าที่ได้
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (ภายนอก)	6 เซนติเมตร
ความยาวท่อ	2 เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะ	0.119 เซนติเมตร
ความดันใช้งาน	0.42 กก/ซม^2
ปริมาณน้ำที่ใช้	0.43 ลิตร/วินาที
พื้นที่เปียกน้ำ	10 ตารางเมตร
อัตราการให้น้ำ	4.7 มิลลิเมตร/นาที
ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ	62 เปอร์เซนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2.4 การหาค่าการสูญเสียความดันของน้ำในท่อเจาะรู

จากตารางที่ 3–8 ความดันที่ใช้ในการใช้งาน 0.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรนั้น เป็นความดันที่รูเจาะรูสุดท้ายของท่อ แต่อย่างไรก็ตามในการไหลของน้ำ ย่อมมีการสูญเสียความดันของน้ำตามความยาวท่ออีก ดังนั้น ความดันของน้ำที่ตอนต้นของท่อต้องมีค่ามากกว่า 0.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อชดเชยการสูญเสียดังกล่าว ค่าการสูญเสียนี้สามารถคำนวณได้จากสูตรเอมไพริคอลของ Hazen-Williams ซึ่งใช้กับน้ำที่อุณหภูมิ 70° F เท่านั้น ดังนี้

$$Q = 0.285\ CD^{2.63}S^{0.54} \qquad (3–13)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ (แกลลอนต่อนาที)

C = สัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นกับชนิดของท่อดังตารางที่ 3–9

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (นิ้ว)

S = การสูญเสียความดันของน้ำในรูปความสูงต่อ 1 หน่วยความยาวท่อ $= \frac{h}{L}f$

h_f = การสูญเสียความดันของน้ำในรูปความสูง

L = ความยาวท่อ

ในการทดลองนี้ใช้ Q = 0.43 ลิตร/วินาที = 6.8155 แกลลอนต่อนาที C ของท่อพลาสติก = 140, D = 5.4 เซนติเมตร (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน) = 2.1 นิ้ว แทนค่าลงในสมการ (3–13) ได้

$$6.8155 = 0.285(140)(2.1)^{2.63}S^{0.54}$$

$$S = 0.0010$$

$$\frac{h}{L}f = 0.0010$$

$$h_f = 0.0010 \times 2 = 0.0020 \text{ เมตร}$$

$$= 0.2 \text{ เซนติเมตร}$$

ค่าการสูญเสียที่ยอมให้ = 20% ของความดันใช้งาน

$$= 0.2 \times 4.2 \text{ เมตร}$$

$$= 0.84 \text{ เมตร}$$

∴ ท่อเจาะรูนำไปใช้งานได้

ตารางที่ 3-9 ค่าสัมประสิทธิ์ C ของสูตร Hazen-Williams สำหรับท่อชนิดต่าง ๆ

ชนิดของท่อ	C
Asbestos cement	140
Frass	130 - 140
Prick sewer	100
Cast iron	
New, unlined	130
Old, unlined	40 - 120
Cement lined	130 - 150
Bitumastic enamel lined	140 - 150
Tar-coated	115 - 135
Concrete or concrete lined	
Steel forms	140
Wooden forms	120
Centrifugally spun	135
Copper	130 - 140
Fire hose (rubber lined)	135
Galvanized iron	120
Glass	140
Lead	130 - 140
Plastic	140 - 150
Steel	
Coal-tar enamel lined	145 - 150
New unlined	140 - 150
Riveted	110
Tin	130
Vitrified Clay	100 - 140

3.1.3 การออกแบบท่อสายหลัก

หลักเกณฑ์ในการออกแบบท่อสายหลักคือ การหาขนาดและชนิดของท่อที่รองรับอัตราการไหลของน้ำจากเครื่องสูบน้ำได้และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในการทดลองนี้ใช้ท่อสายหลักพลาสติกยาว 10 เมตร ดังนั้น จึงไม่ต้องพิจารณาในด้านความประหยัดมากนัก จึงออกแบบให้รับ Q = 6.8155 แกลลอนต่อนาทีได้ก็เพียงพอ การหาขนาดของท่อใช้สมการ (3-13) เช่นกัน โดยมีวิธีดังนี้

Q = 6.8155 แกลลอนต่อนาที, C = 140, ยอมให้ h_f = 0.50 เมตร

$S = \frac{0.50}{10} = 0.05$ แทนค่าในสมการ (3-13) ได้

$$6.8155 = 0.285(140)D^{2.63}(0.05)^{0.54}$$

$$D = 0.94 \text{ นิ้ว}$$

ใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว (ท้องตลาดเรียกว่าท่อ 1 นิ้ว) ยาว 10 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณหา h_f ได้ต่อไปคือ

$$6.8155 = 0.285(140)(1.2)^{2.63\ 0.54}$$

$$S = 0.016 = \frac{h_f}{L} = \frac{h_f}{10}$$

$$h_f = 0.16 \text{ เมตร}$$

3.1.4 การออกแบบเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

3.1.4.1 การออกแบบเครื่องสูบน้ำ

จากข้อมูลของท่อเจาะรูและท่อสายหลักทำให้ได้ว่า แรงดันของน้ำที่เครื่องสูบน้ำต้องสูบได้คือ 4.2 + 0.002 + 0.16 = 4.362 เมตร รวมกับการสูญเสียแรงดันย่อย ๆ อื่น ๆ อันเนื่องมาจากอุปกรณ์ต่อท่อต่าง ๆ อีก ซึ่งคิดเป็นประมาณ 10% ของแรงดันทั้งหมด ทำให้ได้แรงดันที่เครื่องสูบน้ำต้องสูบได้คือ 1.1 x 4.362 = 4.798 เมตร และปริมาณน้ำที่ต้องสูบได้คือ 0.43 ลิตร/วินาที ซึ่งคิดเป็นกำลังของเครื่องสูบน้ำ(WHP) คือ $\frac{6.8155 \times 4.798 \times 100}{2.54 \times 12 \times 3960}$

= 0.027 กำลังม้า หรือ 20 วัตต์

นำข้อมูลที่ได้ไปเลือกเครื่องสูบน้ำ ทำให้ได้เครื่องสูบน้ำซึ่งมีอยู่แล้ว เป็นเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบชัก สามารถสูบน้ำได้ 0.42 ลิตร/วินาที และมีแรงดันของน้ำ 6 เมตร นำไปใช้ในการทดลอง

3.1.4.2 การออกแบบอุปกรณ์ประกอบ

เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการระบบที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้น จึงต้องเพิ่มอุปกรณ์บางอย่างเพื่อทำให้เครื่องสูบน้ำเปิด–ปิดโดยอัตโนมัติได้ อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ ถังความดัน สวิทช์ความดันไฟฟ้า และวาล์วไฟฟ้า

1) การออกแบบถังความดัน ใช้เป็นถังเหล็กรูปทรงกระบอก มีความจุประมาณ 45 ลิตร ด้านบนเจาะรูสำหรับติดเกจวัดความดัน ด้านข้างเจาะรูสำหรับติดสวิทช์ความดันไฟฟ้าที่เปิด–ปิดด้วยความดันในถัง

2) สวิทช์ความดันไฟฟ้า ซึ่งติดข้างถังความดัน ถูกตั้งให้ติดไปที่ความดัน 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และตัดไฟที่ความดัน 1.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3) วาล์วไฟฟ้า ติดตั้งอยู่บนท่อสายหลัก มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3–10

3.1.5 การประกอบเครื่องมือ

จากการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของระบบชลประทานเรียบร้อยแล้ว ระบบนี้จึงถูกประกอบครั้งแรกที่ห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทดสอบปรับปรุงการทำงาน จากนั้นจึงย้ายไปประกอบที่สถานที่ทดลอง อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาประกอบมีดังแสดงในตารางที่ 3–10 และผลของการประกอบดังรูปที่ 3–7

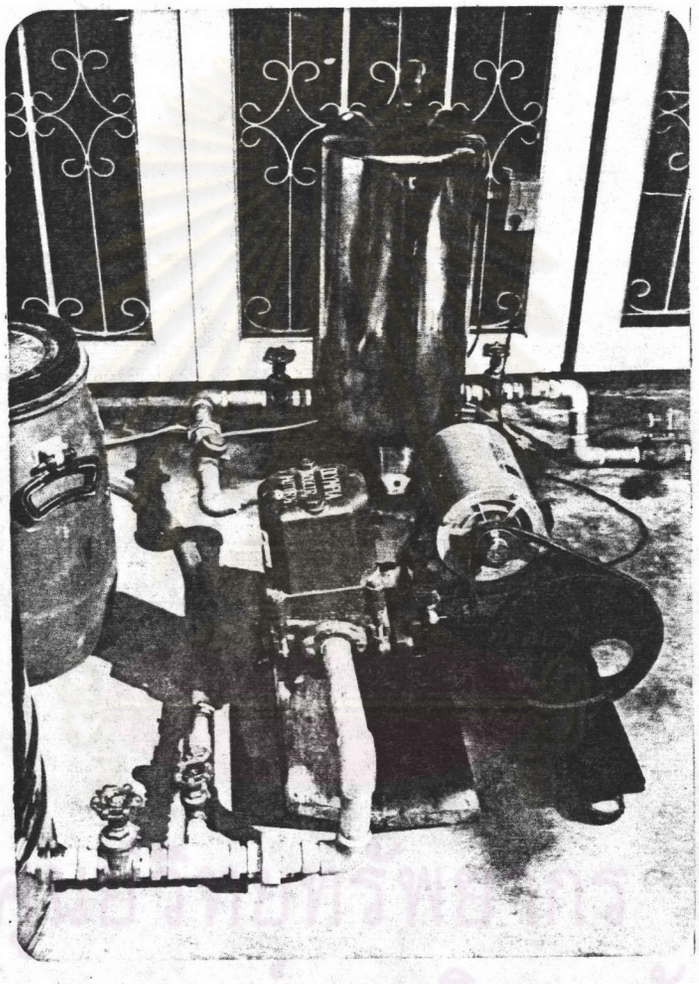
3.1.6 การใช้งานของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

แม้ว่าจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยโดยทั่วไปเรียบร้อยแล้ว อันได้แก่ แหล่งน้ำ ต้นกำลัง ท่อสายหลัก ท่อสายซอยและหัวฉีดน้ำ แต่ในการทดลองนี้ต้องการระบบที่เปิด–ปิดตัวเองได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้น จึงต้องเพิ่มถังความดัน สวิทช์ความดันไฟฟ้าและวาล์วไฟฟ้า ซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เข้าไประหว่างเครื่องสูบน้ำและ

ตารางที่ 3–10 รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

อุปกรณ์	รายละเอียด
1. วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve)	ยี่ห้อ Saginamiya (EI 622) Type WEV 2510 GLW M.O.P.D. = 10 ksc, S.W.P. = 10 ksc AC 220V 50 Hz 8 Watt Fluid Water
2. ถังความดัน	ถังเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 นิ้ว สูง 2 นิ้ว
3. สวิทช์ความดันไฟฟ้า	ยี่ห้อ RHINO CAT. No. 69 W A4, Min. Close 5 Max. Open 65 Diffential 10 - 30 PSI Volt 230V AC 1 - 3 Phase Max HP 2
4. เครื่องสูบน้ำ	ยี่ห้อ THE OLYMPIA GERMANY Model HR 84 PUMPEN INDUSTRIAL No. 200240, Q = 1500 L/hr H = 6m
5. มอเตอร์เครื่องสูบน้ำ	ยี่ห้อ TOSHIBA, WORLD POWER SERIES SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR, SPLIT - PHASE -START 220V 50 Hz 3A 1440 RPM SERIAL No. 2104335
6. ถังเก็บน้ำ	ยี่ห้อ 18 – 8 STAINLESS STEEL DIAMOND จุ 150 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



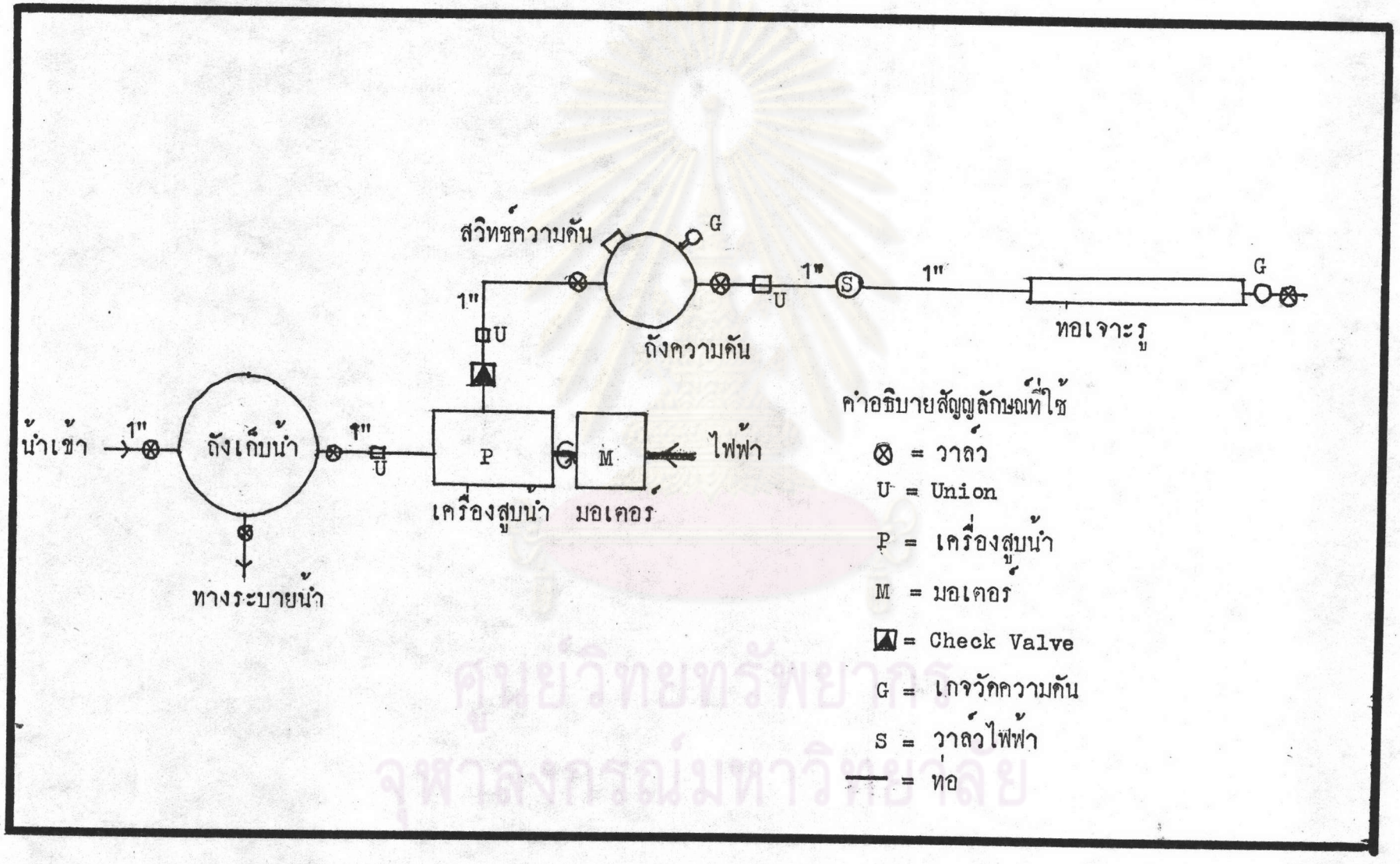
รูปที่ 3–7 การประกอบระบบชลประทานฉีดฝอยที่ใช้ (ก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

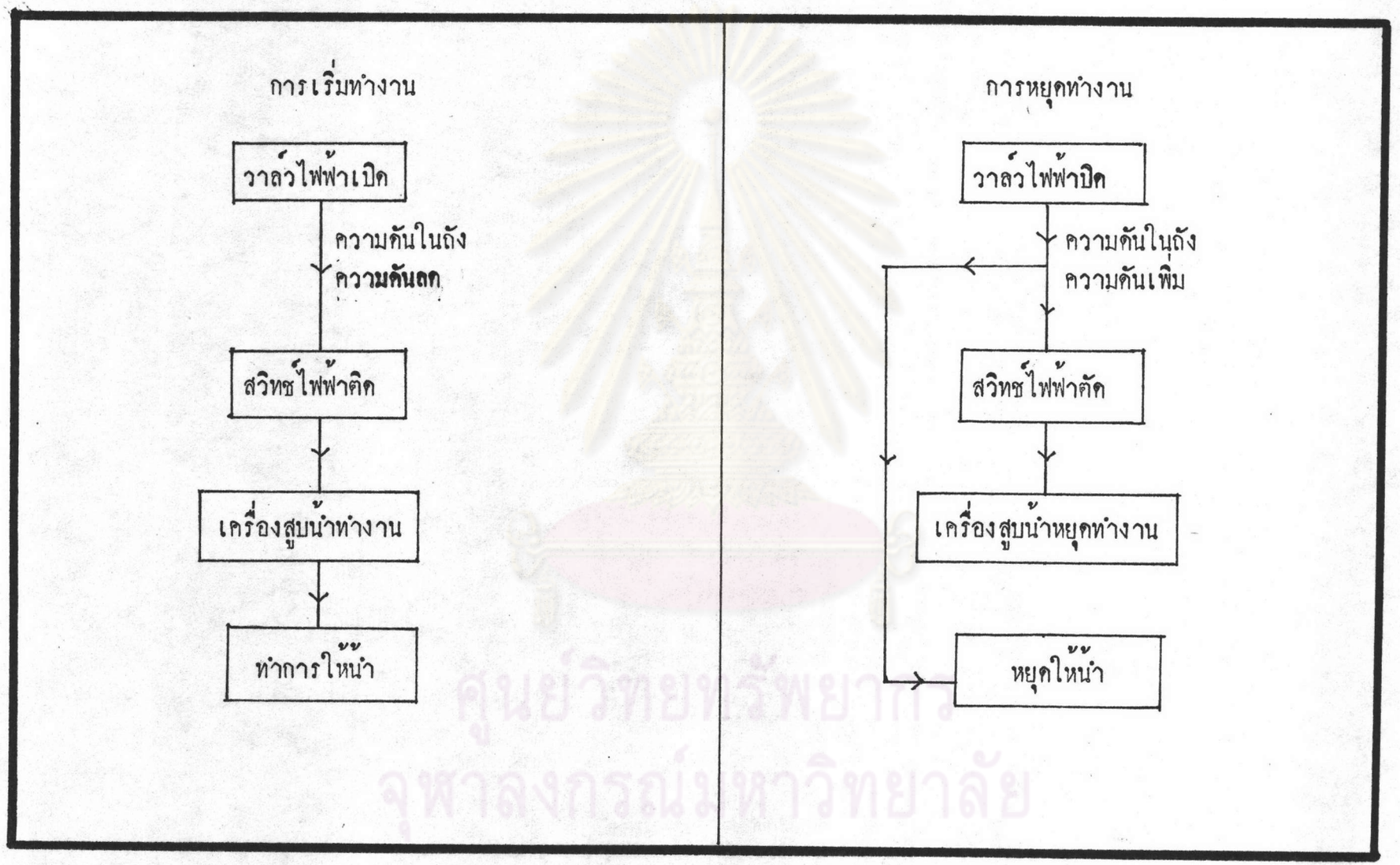
รูปที่ 3–7 (ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-8 โครงสร้างของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่ใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3–9 หลักการทำงานของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่ใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่อสายหลัก ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้สามารถทำให้เครื่องทำงานได้โดยอัตโนมัติได้ กล่าวคือ เมื่อถึงเวลาให้น้ำ วาล์วไฟฟ้าจะเปิดโดยอัตโนมัติ (ควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป) เมื่อวาล์วเปิดจะทำให้น้ำไหลออกจากถังความดันทำให้ความดันในถังค่อย ๆ ลดลงจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งจะทำให้สวิทช์อัตโนมัติติด (ในการทดลองนี้ตั้งจุดนี้ไว้ที่ความดัน 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อสวิทช์ติดเครื่องสูบน้ำก็จะเริ่มทำงานสูบน้ำที่ความดัน 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาหยุดให้น้ำ วาล์วไฟฟ้าก็จะปิด ทำให้น้ำหยุดไหล ความดันในถังความดันก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุด ๆ หนึ่ง (ในการทดลองนี้ตั้งไว้ที่ความดัน 1.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่จุดนี้จะทำให้สวิทช์อัตโนมัติตัดไฟ ซึ่งจะทำให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงานนั่นเอง โครงสร้างและแผนภาพการทำงานของระบบนี้ดังในรูปที่ 3–8 และ 3–9 ตามลำดับ

3.2 การออกแบบระบบให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบโรคพืช

การออกแบบนี้เน้นถึงระบบที่ใช้งานร่วมกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอยได้ แต่ไม่รวมถึงการออกแบบสัดส่วนความเหมาะสมของการให้ปุ๋ยและยาตามวิธีทางการเกษตร มี 2 วิธี ในการสอดแทรกระบบให้ปุ๋ยในระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ในการทดลองนี้ออกแบบให้ระบบให้ปุ๋ยแทรกตรงตำแหน่งก่อนถึงเครื่องสูบน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ใช้เครื่องสูบน้ำเพียงเครื่องเดียวทำการให้ปุ๋ยและน้ำร่วมกันได้ แต่จะต้องระมัดระวังในการถูกกัดกร่อนของเครื่องสูบน้ำด้วย องค์ประกอบที่จะต้องออกแบบได้แก่ ถังผสมปุ๋ย ท่อ วาล์ว และมอเตอร์ในการกวนปุ๋ย

3.2.1 การออกแบบถังผสมปุ๋ย

ถังผสมปุ๋ยต้องเป็นถังที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีที่จะใช้ในการให้ปุ๋ยหรือยาต่าง ๆ ได้ ปริมาณความจุถังควรสอดคล้องกับปริมาณปุ๋ยและน้ำที่ใช้ ซึ่งถูกกำหนดโดยพื้นที่เพาะปลูก และอัตราส่วนผสม ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางการเกษตรและเคมีเข้าช่วย

ในการทดลองนี้พื้นที่เพาะปลูกต่อการให้น้ำ 1 ครั้งคือ 10 ตารางเมตร เมื่อกำหนดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อ 1 ตารางเมตร (อัตราจากข้อมูลของปุ๋ยคอก) จะใช้ปุ๋ยประมาณ 10 กิโลกรัมแปลงเป็นปริมาตรของปุ๋ยจากค่าความถ่วงจำเพาะของมันจะทำให้ได้เป็นปริมาตรของปุ๋ยที่ใช้ รวมกับปริมาตรน้ำที่ต้องผสมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ปริมาตรรวมนี้จะเป็นปริมาตรที่ใช้ในการออกแบบความจุของถังผสมปุ๋ยดังกล่าว

ในการทดลองนี้ใช้ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 35 ลิตร ซึ่งเป็นขนาดที่สะดวกในการใช้งาน แม้ว่าถ้าไม่เพียงพอต่อปริมาณปุ๋ยที่ใช้ก็สามารถทำการให้ปุ๋ยได้หลายครั้งในสภาพเจือจาง ซึ่งทำให้เป็นผลดีต่อทั้งระบบชลประทานฉีดฝอยและต้นพืชคือ ทำให้มีการกัดกร่อนอุปกรณ์ของระบบน้อยลงและเป็นการให้อาหารอย่างสม่ำเสมอตามลำดับด้วย

ถังผสมปุ๋ยนี้ถูกออกแบบให้มีฝาครอบเปิด–ปิดได้ เพื่อสะดวกในการเติมปุ๋ยและเก็บปุ๋ย นอกจากนั้นที่ฝายังมีมอเตอร์ซึ่งต่อเพลาติดกับใบพัดซึ่งใช้กวนปุ๋ยให้อยู่ในรูปสารละลายก่อนถูกส่งไปยังต้นพืชอีกทางหนึ่งด้วย

3.2.2 <u>การออกแบบองค์ประกอบอื่น ๆ</u>

องค์ประกอบเหล่านี้ได้แก่ มอเตอร์สำหรับกวนปุ๋ย ท่อส่งปุ๋ย และวาล์วต่าง ๆ

มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ขนาดกลาง รายละเอียดดังตารางที่ 3–11 ซึ่งใช้ในการกวนให้ปุ๋ยหรือยาผสมกับน้ำเป็นรูปสารละลายซึ่งจะถูกสูบเข้าสู่ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยส่งต่อถึงต้นพืชได้ ตัวมอเตอร์ติดต่อเข้ากับเพลาและใบพัดกวนปุ๋ยโดยตรง ซึ่งทำด้วยเหล็กและออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานคือ เพลายาว 40 เซนติเมตร และใบพัดเป็น 2 แฉกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร ที่ฝาปิดมีรูเจาะสำหรับต่อท่อสูบปุ๋ยผ่านเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก (อาจไม่ใช้ก็ได้) ผ่าน Check Valve สู่ประตูน้ำเพื่อเข้าสู่ระบบชลประทานฉีดฝอยอีกต่อไป

3.2.3 <u>การประกอบเครื่องมือ</u>

เมื่อออกแบบส่วนต่าง ๆ ของระบบเป็นที่เรียบร้อยก็ทำการประกอบระบบที่ห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พร้อมทั้งทดสอบการใช้งานเป็นที่เรียบร้อย รายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ รวมทั้งผลของการประกอบดังแสดงในตารางที่ 3–11 และรูปที่ 3–10 ตามลำดับ

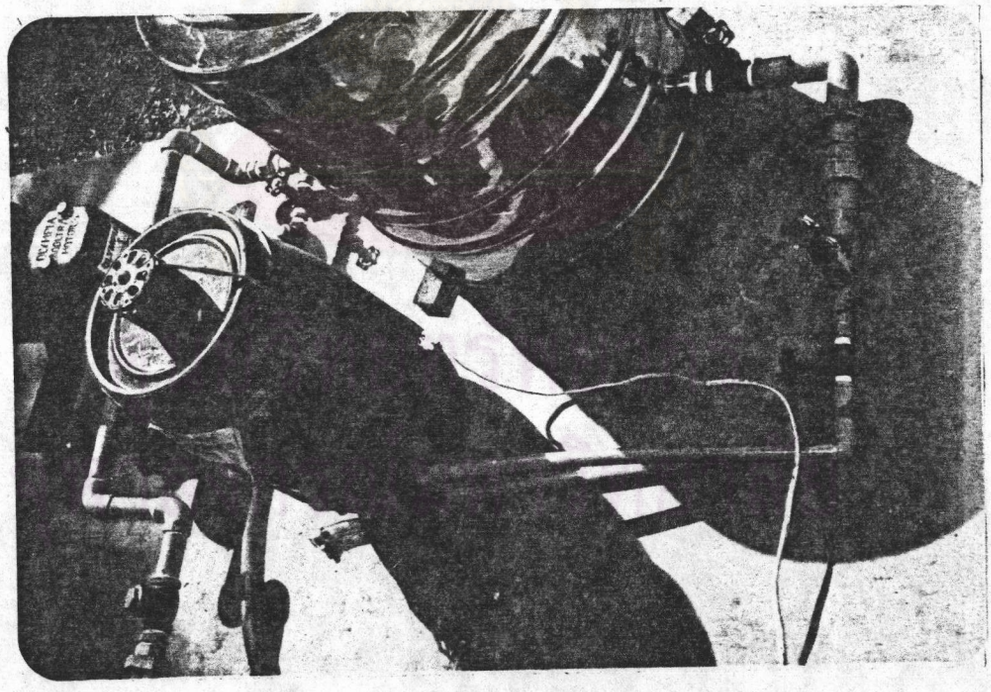
3.2.4 <u>การใช้งานของระบบให้ปุ๋ย</u>

มี 2 ขั้นตอนสำคัญในการพิจารณาการให้ปุ๋ย คือการเลือกปริมาณที่เหมาะสมและกรรมวิธีในการให้ปุ๋ย ดังกล่าวต่อไป

ตารางที่ 3–11 รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบโรคพืช

<table>
<tr><th>อุปกรณ์</th><th>รายละเอียด</th></tr>
<tr><td>1. ถังผสมปุ๋ย</td><td>ถังพลาสติกทนต่อสารเคมีรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร</td></tr>
<tr><td>2. มอเตอร์กวนปุ๋ย</td><td>ของบริษัท UNIVERSAL ELECTRIC Ser. 11 UF Mod. JA230 45K 220V 50 Hz 1.1A 1300 RPM $\frac{1}{20}$ HP
20-NON-DET OIL EVERY 3 MO.</td></tr>
<tr><td>3. ปั๊มสูบปุ๋ย</td><td>ยี่ห้อ SANSO CIRCULATING PUMP MODEL PMD. 311
PIPE 17 mm
<table>
<tr><td>H</td><td>2.5m</td><td>1.5m</td></tr>
<tr><td>Q</td><td>10 min</td><td>15 min</td></tr>
</table>
Volt 220V, OUTPUT 20W, INPUT 45W PHASE SINGLE AMPERE 0.24A 50 Hz 2800 RPM, W CAP. 1 F MFG NO. 9120022 SANSO ELECTRIC MFG CO., LTD. 950308890</td></tr>
</table>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3–10 การประกอบระบบให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบโรคพืช

3.2.4.1 การเลือกปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม

มี 2 วิธีในการเลือกปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม วิธีแรกคือ คิดเป็นน้ำหนักของปุ๋ยที่ใช้ต่อพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งในที่นี้ก็คือ Coverage Area ของหัวฉีดน้ำนั่นเอง ปริมาณนี้มีค่าต่าง ๆ กันขึ้นกับชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางการเกษตรเข้าช่วย ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยไม่เป็นสิ่งสำคัญนัก เพราะน้ำหนักปุ๋ยได้เป็นตัวกำหนดไว้แล้ว สำหรับวิธีที่สอง คิดเป็นความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ใช้ ซึ่งนิยมใช้กับยาฆ่าแมลงและยาปราบโรคพืชด้วย วิธีนี้ต้องควบคุมให้สารละลายมีความเข้มข้นที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ผลิตหรือเกษตรกรที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงทำการให้สารละลายดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอตลอดทั่วพื้นที่เพาะปลูก

3.2.4.2 กรรมวิธีในการให้ปุ๋ย

จาก 2 วิธี ในการเลือกปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม ทำให้มี 2 วิธีต่างกันในกรรมวิธีการให้ปุ๋ยดังนี้คือ

1) การให้ปุ๋ยเมื่อกำหนดโดยน้ำหนักปุ๋ยต่อพื้นที่เพาะปลูก หลังจากที่ได้น้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับ Coverage Area หนึ่งแล้ว บรรจุปุ๋ยลงในถังผสมปุ๋ยตามน้ำหนักที่ต้องการ จากนั้นเติมน้ำในปริมาณพอเหมาะ (ค่อนข้างเจือจาง) เปิดมอเตอร์เพื่อกวนปุ๋ยให้อยู่ในรูปสารละลายจนเข้ากันดีแล้ว จึงเดินเครื่องสูบน้ำ ขั้นแรกให้สูบน้ำเปล่าตามปกติเพื่อทำการส่งปุ๋ยเข้าสู่ระบบ จนปริมาณปุ๋ยถูกสูบจนหมด จึงปิดวาล์วปุ๋ย เปิดวาล์วน้ำปกติเพื่อชะล้างสารละลายปุ๋ยที่ค้างอยู่ในท่อต่อไปอีกระยะหนึ่ง จึงเป็นการเสร็จสิ้นการให้ปุ๋ย ถ้าปริมาณที่ให้ใน 1 ครั้ง ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ก็ทำการผสมปุ๋ยใหม่ แล้วใช้กรรมวิธีดังกล่าวทำการให้ปุ๋ยต่อไปจนเพียงพอต่อความต้องการของมัน ถ้าพื้นที่เพาะปลูกใหญ่ขึ้น ก็อาจจำเป็นต้องเพิ่มความจุของถังผสมปุ๋ย เพื่อลดความซ้ำซากในการให้ปุ๋ยลงได้

2) การให้ปุ๋ยเมื่อกำหนดโดยความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย วิธีนี้รวมถึงการให้ยาฆ่าแมลงและยาปราบโรคพืชต่าง ๆ ด้วย ซึ่งควบคุมได้ค่อนข้างยากกว่าวิธีแรก จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันนัก เพราะเริ่มจากต้องคำนวณปริมาณยาที่ใช้ให้สอดคล้องกับพื้นที่เพาะปลูก แล้วคำนวณอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อให้ยามีความเข้มข้นพอเหมาะ เมื่อได้อัตราส่วนต่าง ๆ แล้วจึงนำมาผสมร่วมกันในถังผสมปุ๋ยแล้วทำการให้ปุ๋ยโดยกรรมวิธีเช่นเดียวกัน

กับวิธีแรก

ในบางครั้งมีการควบคุมอัตราส่วนผสมโดยอาศัยการควบคุมการเปิด–ปิดวาล์วทั้งทางปุ๋ยและทางน้ำปกติ ให้ผสมกันโดยอัตโนมัติ ซึ่งวิธีนี้มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ต้องทำการ Calibrate วาล์วทั้งสองเสียก่อนและตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายที่แปลงเพาะปลูกโดยใช้ขบวนการทางเคมี นอกจากนั้น ยังต้องคำนึงถึงอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำ อัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำ ชนิดของหัวฉีดน้ำ และเวลาในการให้ปุ๋ยด้วย

อนึ่ง เนื่องจากในระบบนี้ออกแบบให้มีการเปิดปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ในเวลาให้ปุ๋ยจึงอาจทำได้ 2 วิธีคือ ทำการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาการให้น้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งต้องใช้เวลาน้อยกว่าเวลาที่ระบบควบคุมกำหนดไว้ หากใช้เวลามากกว่านั้น เช่นในการให้ปุ๋ยหลาย ๆ ครั้งหรือให้ในเวลาอื่น ๆ ก็จะทำได้โดยตัดระบบควบคุมออก โดยการสั่งให้เปิด Solenoid Valve อยู่ตลอดเวลา (จะกล่าวในตอนต่อไป) แล้วใช้วาล์วปกติเป็นตัวควบคุมแทน รายละเอียดต่าง ๆ ต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ทางการเกษตร เคมีและการทดลองในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้การให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบโรคพืช มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็นอันมาก

3.3 การออกแบบระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

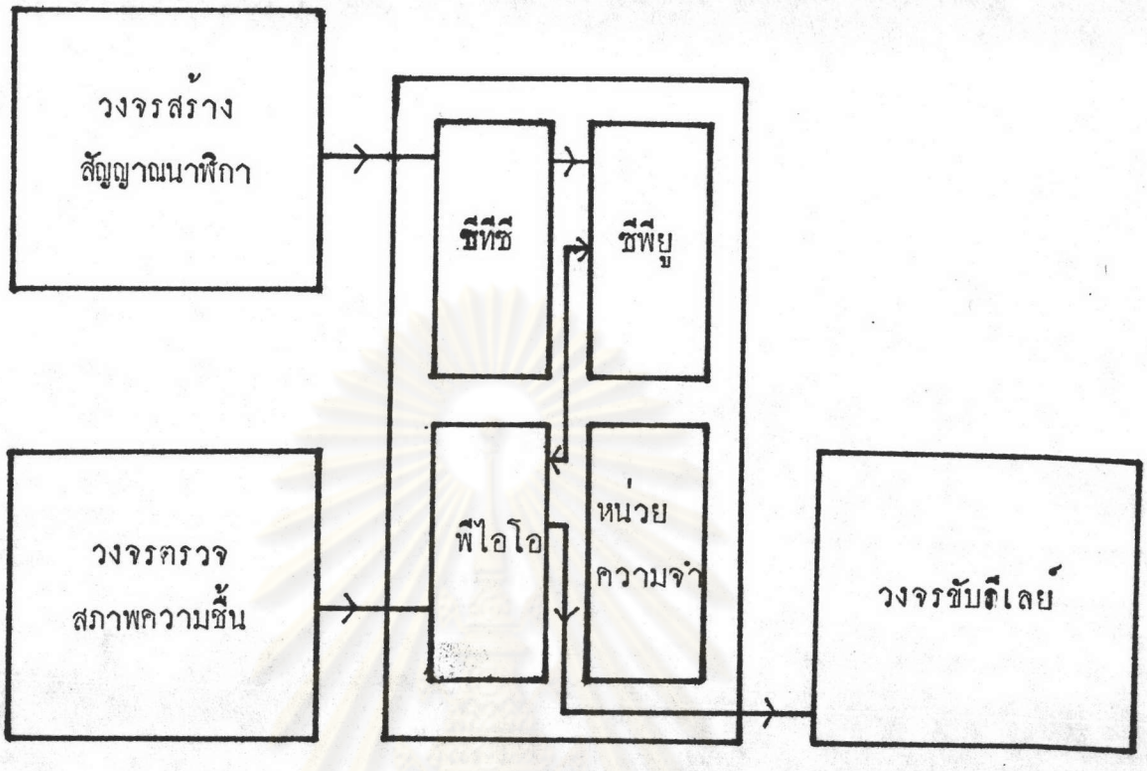
ระบบควบคุมในการทดลองเป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการเปิด–ปิดของวาล์วไฟฟ้าบนท่อสายหลัก ซึ่งเป็นทางออกของน้ำไปสู่หัวฉีดของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ซึ่งส่งน้ำแก่พืชต่อไป ดังนั้น เมื่อวาล์วไฟฟ้าเปิดก็เท่ากับระบบชลประทานแบบฉีดฝอยเริ่มทำงาน และเมื่อวาล์วไฟฟ้าปิดระบบชลประทานแบบฉีดฝอยก็หยุดทำงาน ซึ่งจะสอดคล้องกับการเปิด–ปิดเครื่องสูบน้ำของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้น การควบคุมการเปิด–ปิดของวาล์วไฟฟ้าได้จึงเท่ากับการควบคุมการทำงานของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยได้นั่นเอง

3.3.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการควบคุม มี 3 ประการคือ

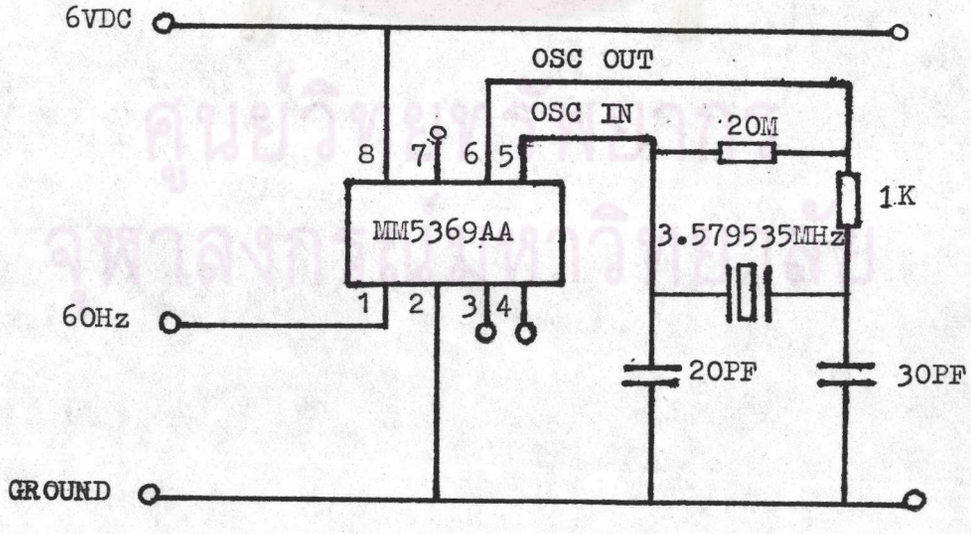
3.3.1.1 ควบคุมการเปิดวาล์วให้น้ำตามเวลาที่ต้องการ

3.3.1.2 ควบคุมช่วงเวลาในการให้น้ำได้ 2 แบบคือ ให้น้ำสอดคล้องกับความชื้นในดิน หรือสอดคล้องกับค่าการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use)

3.3.1.3 ปริมาณน้ำที่ให้ไม่ว่าจะเป็นแบบใด จะทำให้ความชื้นในดินมีค่าถึงจุด



รูปที่ 3–11 โครงสร้างของเครื่องควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3–12 วงจร Oscillate 60 HZ ในการวิจัย

Field Capacity หรือใกล้เคียงที่สุด

3.3.2 โครงสร้างของระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็นองค์ประกอบใหญ่ ๆ ได้ 4 ส่วน คือ

1) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา
2) วงจรตรวจสภาพความชื้นของดิน
3) ไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-I
4) วงจรขับรีเลย์

วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาและวงจรตรวจสภาพความชื้นจะทำหน้าที่เป็นภาค Input ส่งข้อมูลเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-I ทำการประมวลผลแล้วส่งผลให้วงจรขับรีเลย์ ซึ่งเป็นวงจรภาค Output ไปทำการขับรีเลย์เพื่อนำ Contact ของ Relay ไปควบคุมการเปิด–ปิดวาล์วไฟฟ้าตามเวลาและหลักเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้และที่คำนวณได้

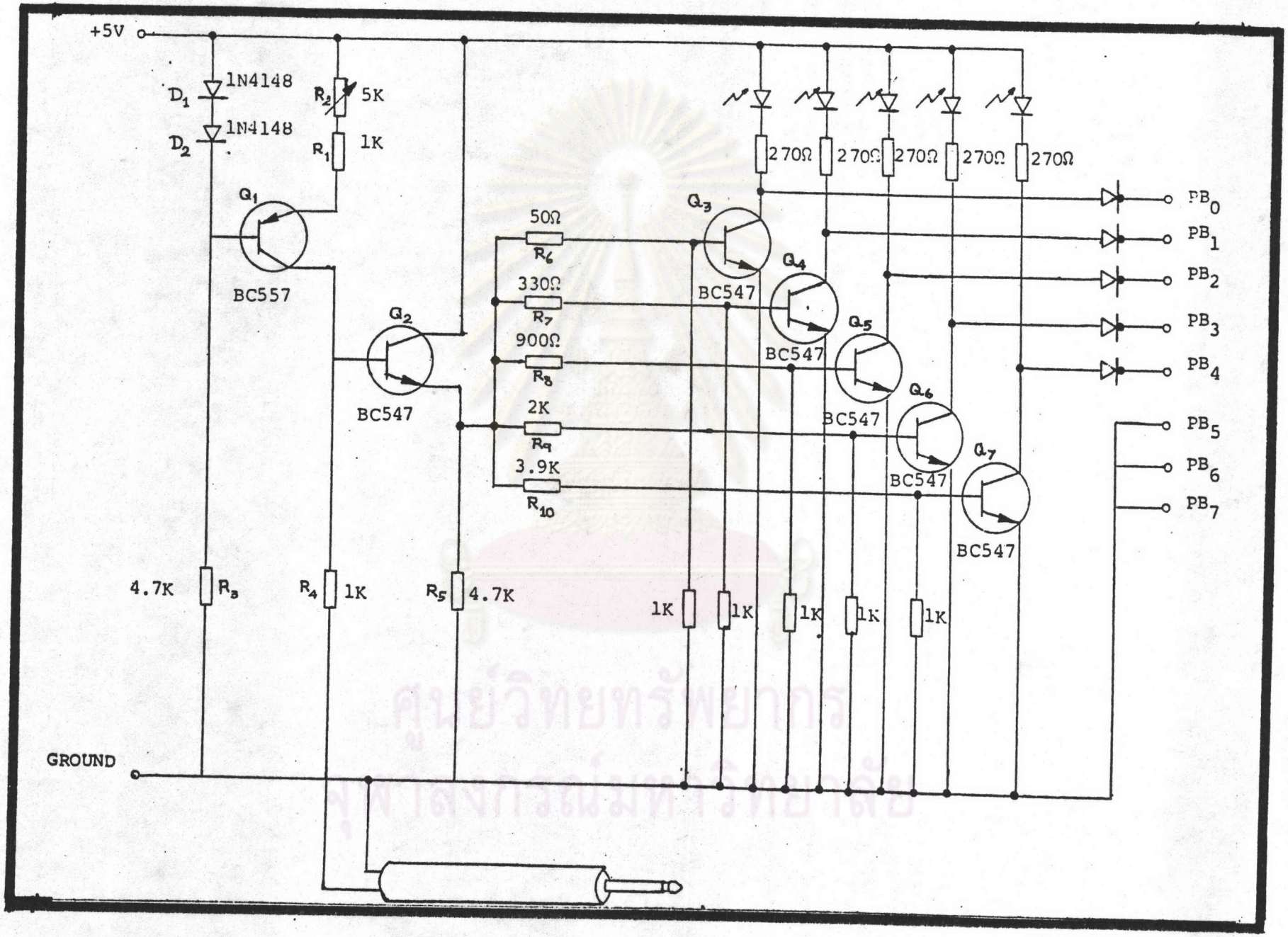
3.3.3 การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

ออกแบบโดย ผศ.ไพบูลย์ ไชยนิลและชำรงค์ แจงเชื้อ (2528) โดยใช้ IC เบอร์ MM 5369 AA Series 17 Stage Oscillator/Divider (รูปที่ 3–12) เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาส่งให้กับ CTC ของไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-I เพื่อทำงานนับเวลาและส่งสัญญาณ Interrupt ให้ CPU ของ MPF-I 1 ครั้ง เมื่อนับครบ 60 Hz เพื่อคอยเตือน CPU สั่งเปิดวาล์วเมื่อถึงเวลาทำการให้น้ำ

3.3.4 การออกแบบวงจรตรวจสภาพความชื้น

3.3.4.1 วงจรและหลักการทำงาน

วงจรนี้ออกแบบโดย ผศ.ไพบูลย์ ไชยนิล และนายชำรงค์ แจงเชื้อ (2528) ดังรูปที่ 3–12 โดยมีลักษณะคล้าย A to D Converter ชนิดหนึ่ง ซึ่งจะแบ่งกระแสที่ต่อเนื่องออกเป็น Step 6 ช่วงด้วยกัน กระแสแต่ละช่วงจะถูกส่งเข้า CPU โดยผ่านทาง Port B 0–7 ของ PIO เพื่อนำไปประมวลผลตามโปรแกรมที่ตั้งไว้



รูปที่ 3–13 วงจรตรวจสภาพความชื้น (ชำรงค์ แจงเชื้อ, 2528)

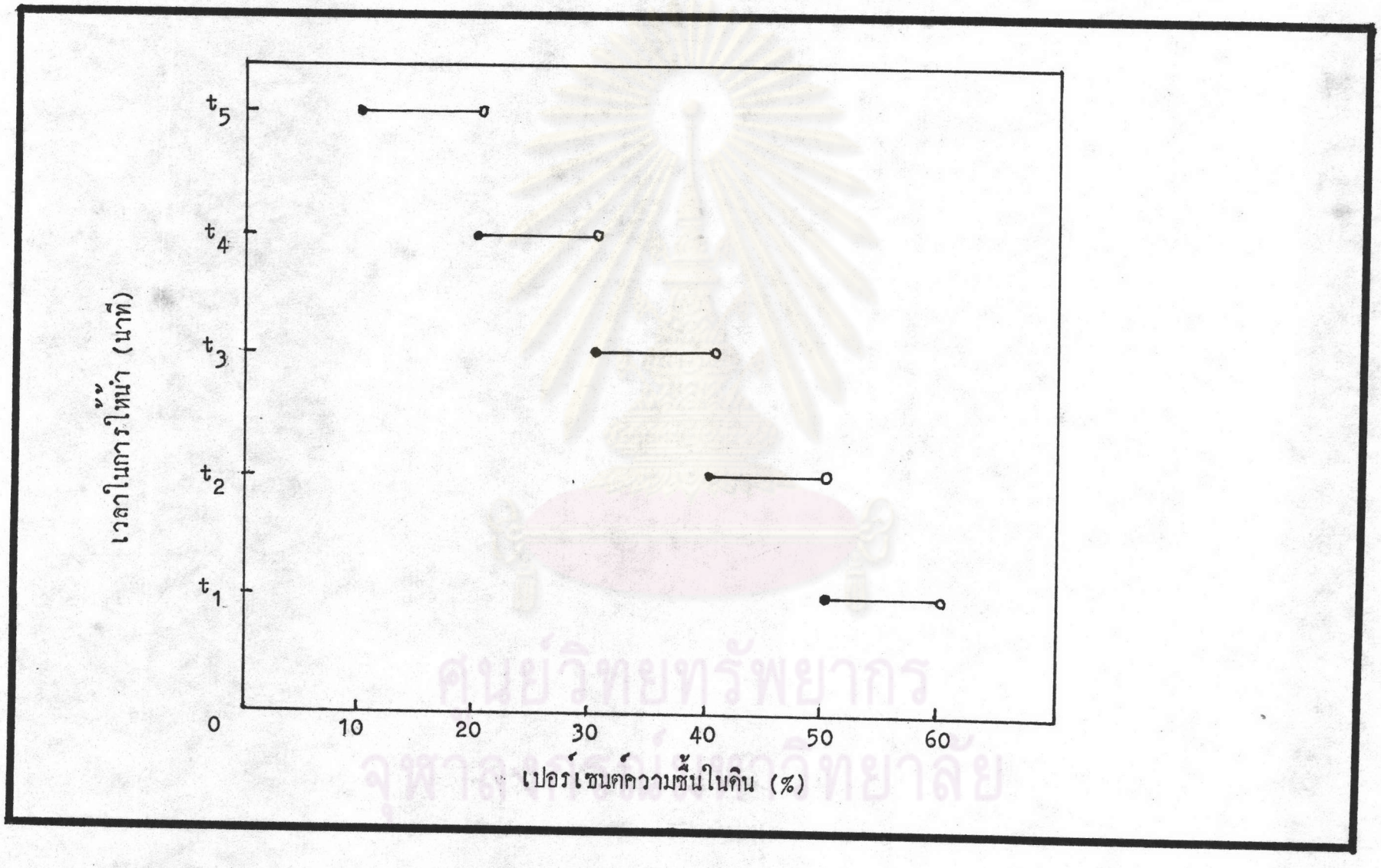
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการทำงานของวงจรนี้คือ เราจะใช้ Probe มีลักษณะเป็นแท่งพลาสติก ยาวประมาณ 45 เซนติเมตร ปักลงในดินให้ปลายของ Probe อยู่ตรงจุดที่จะวัดความชื้นในดิน ที่ปลายนำจะมี Jack ซึ่งวัดความต้านทานของดินได้ โดยอาศัยหลักที่ว่า ดินที่มีความชื้นมาก ย่อมจะมีความต้านทานกระแสน้อย ความจริงความต้านทานของดินต่อกระแสยังขึ้นอยู่กับองค์ ประกอบอื่น ๆ อีก เช่น ความหนาแน่นของดิน หรือความเป็นกรดด่างของดิน ฯลฯ แต่ในพื้นที่ เพาะปลูกขนาดเล็ก ทำให้ตัวแปรเหล่านี้ไม่มีผลต่างกันมากนัก จึงตัดทิ้งได้

กระแสที่วัดได้จากปลาย Probe จะถูกส่งเข้าวงจรตรวจสภาพความชื้นของดิน การทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์ Q_1, D_1, D_2, R_1, R_2, R_3 และ R_4 จะเป็นวงจรจ่าย กระแสคงที่ผ่าน Probe โดยมี R_2 เป็นตัวปรับกระแสให้เหมาะสมกับดินสภาพต่าง ๆ ซึ่งอยู่ใน ช่วง 100μA ถึง 600μA ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะส่งผ่านแรงดันที่ตกคร่อม Probe รวมกับ R_4 ไปคร่อม R_5 และแรงดันที่คร่อม R_5 นี้จะจ่ายกระแสให้กับทรานซิสเตอร์ Q_3 ถึง Q_7 ซึ่งกระแส เบสของ Q_3 ถึง Q_7 นั้น จะแตกต่างกันเนื่องจากถูกกำหนดโดย R_6, R_7, R_8, R_9 และ R_{10} ซึ่งกำหนดค่าไว้ตามสัดส่วนเพื่อจะแบ่งระดับความชื้นให้เห็นได้จากความสว่างของ Led โดยมีค่า R_6 มีค่าต่ำสุดจนถึง R_{10} มีค่าสูงสุด

เมื่อดินมีความชื้นน้อยที่สุด ทำให้ดินมีความต้านทานสูงที่สุด จะทำให้แรงดันตก คร่อม R_5 สูงสุด Q_3 ถึง Q_7 จึงนำกระแสทุกตัวทำให้ Led สว่าง และขณะเดียวกันสัญญาณ Output ที่ผ่าน Inverter มีลอจิกเป็น 1 ทุกตัว ทำให้มีการให้น้ำสูงสุดเกิดขึ้น เมื่อดินมี ความชื้นขึ้นมาอีกขั้นหนึ่งก็จะทำให้แรงดันตกคร่อม Q_5 ลดลง ทำให้ Q_7 หยุดนำกระแสเป็นตัวแรก Logic จึงเป็น 0 หนึ่งตัว และเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นมาอีกเรื่อย ๆ ก็จะทำให้ Q_6, Q_5, Q_4 และ Q_3 หยุดนำกระแสตามลำดับ ซึ่งก็จะมี logic เป็น 0 ทุกตัว คือ ไม่มีการให้น้ำเลย เพราะดินมีความชื้นมากอยู่แล้ว ซึ่งจุดนี้ก็จะตั้งให้ตรงกับ Field Capacity ของดินที่ใช้ เพาะปลูก นั่นเอง

ดังนั้น จะเห็นว่าขั้นตอนขั้นแรกในการจะใช้ Probe ตรวจสภาพความชื้นในดินนี้ คือต้องหาจุดที่ดินมีความชื้นสูงสุด ที่จะทำให้ไม่มีการให้น้ำเกิดขึ้นเสียก่อน จุดนี้ได้แก่ Field Capacity ของดิน แล้วทำการ Calibrate เครื่องโดยปรับ R_2 ที่ปุ่ม Adjust Current โดยให้ความชื้นที่ Field Capacity นั้น Led ดับทุกดวง คือ มีความชื้นสูงสุด ไม่มีการให้น้ำ นั่นเอง



รูปที่ 3–14 ผลการทดสอบความไวของวงจรตรวจสภาพความชื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.4.2 การทดสอบความไวของวงจรตรวจสภาพความชื้นของดิน

เมื่อทำการ Calibrate วงจรตรวจสภาพความชื้นในขั้นแรกเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือ ทำการหาจุดที่จะมีการเปลี่ยนแปลงการหยุด–นำกระแสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว ว่าจุดเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงที่ความชื้นในดินเท่าไร

การทดลองนี้ได้ Field Capacity ของดินเท่ากับ 60% โดยน้ำหนัก นำดินที่ความชื้นต่าง ๆ มาทดสอบกับวงจรนี้ที่ความหนาแน่นของดินค่าหนึ่งแล้วจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นของ Led ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 3–14

3.3.4.3 การออกแบบเวลาในการให้น้ำแต่ละขั้น

เมื่อได้กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรตรวจสภาพความชื้นของดินแล้ว ขั้นต่อไปจึงทำการกำหนดค่า t_1, t_2, t_3, t_4 และ t_5 ให้เหมาะสม โดยใช้หลักการที่ว่าเวลาในแต่ละขั้นต้องให้น้ำแก่ดินจนถึงจุด Field Capacity สูตรที่ใช้มาจากสูตร 2–5 ดัดแปลงเป็น

$$h = \frac{P_w A_s d}{100} \qquad (3\text{–}14)$$

เมื่อ h = ปริมาณความสูงน้ำที่อยู่ในดินหนา d มีความชื้น P_w% โดยน้ำหนัก

ในการทดลองนี้ได้ $A_s = 0.43$ ใช้ d = 300 มิลลิเมตร ได้ $h = 1.29\ P_w$ มิลลิเมตร

ความสูงของน้ำในดินที่ Field Capacity คือ

$$h = \frac{60 \times 0.43 \times 300}{100} = 77.4 \text{ มิลลิเมตร}$$

ปริมาณน้ำที่ต้องเติมในดิน เพื่อให้ดินมีความชื้นที่ Field Capacity คือ

$h = 77.4 - 1.29\ P_w$ มิลลิเมตร

ปริมาณน้ำนี้เติมโดยหัวฉีดน้ำที่มีอัตราการให้น้ำ 4.7 มิลลิเมตรต่อนาที ดังนั้น เวลาในการให้น้ำ t คือ

$$t = \frac{77.4 - 1.29\ P_w}{4.7} \qquad (3\text{–}15)$$

จากความสัมพันธ์ที่ 3–15 แสดงผลได้เป็นตารางที่ 3–12

ตารางที่ 3–12 ผลการออกแบบเวลาที่จะใช้ในการให้น้ำแต่ละขั้น

(1) ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (%)	(2) ความสูงของน้ำในดินต่อความลึกของดิน 300 มม = 1.29 x (1) (มม)	(3) เวลาในการให้น้ำที่คำนวณได้ $\frac{77.4 - (2)}{4.7}$ (นาที)	(4) เวลาในการให้น้ำที่ใช้ในการออกแบบ (นาที)	(5) ปริมาณที่เติมลงในดิน (4) x 4.7 (มม)	หมายเหตุ
10	12.9	13.7	15 = t_5	70.5	เวลาที่ t_1, t_2, t_3, t_4 และ t_5 คือเวลาในรูป 3–14 ที่จะใช้ในการให้น้ำแต่ละขั้น
20	25.8	10.9	12 = t_4	56.4	
30	38.7	8.2	9 = t_3	42.3	
40	51.6	5.5	6 = t_2	28.2	
50	64.5	2.7	3 = t_1	14.1	
60	77.4	0	0	0	

นำเวลาที่คำนวณได้ในแต่ละขั้นไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการให้น้ำแก่พืชต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.5 การออกแบบไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-I

ไมโครคอมพิวเตอรนี้เป็นประเภท Single Board Microcomputer ของ Microprofessor-I (MPF-I) พัฒนาจากไต้หวันเป็นการนำเอา Microprocessor Z80 นำมาประยุกต์ใช้งาน แบ่งออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ 4 ส่วนคือ

3.3.5.1 8255 (Peripheral Interface) ทำหน้าที่สแกนคีย์บอร์ด Display 7 Segments และเปลี่ยนสัญญาณการกดคีย์หรือข้อมูลเป็นสัญญาณเสียงกับ Display Led วงจรอยู่ในรูปที่ 3–15

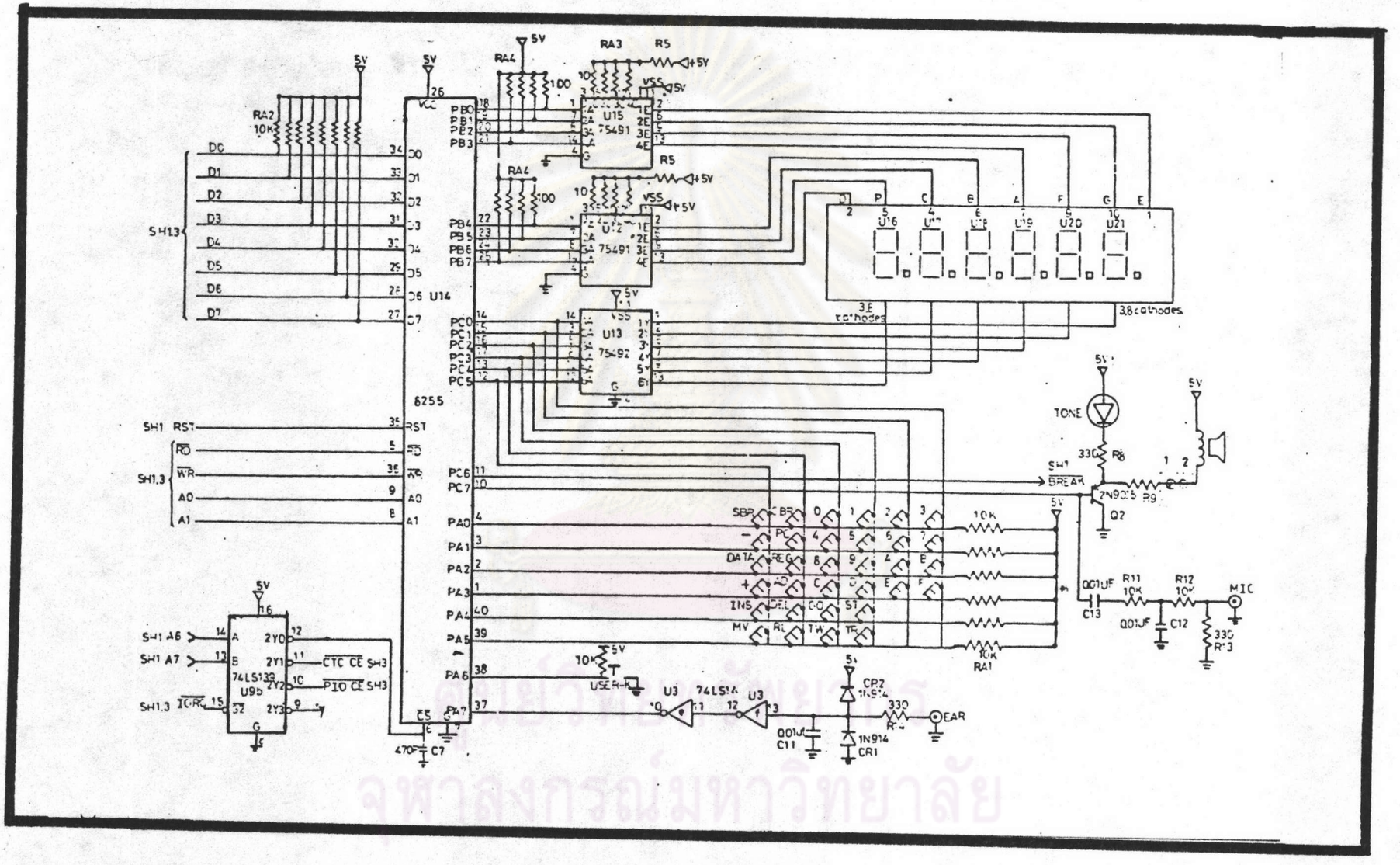
3.3.5.2 CTC (Counter Timer Circuit)ทำหน้าที่นับหรือจับเวลา ซึ่งส่งมาจากวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาแล้วไป Interrupt CPU เพื่อคอยเตือนให้ CPU รับรู้ว่าเวลาได้เพิ่มขึ้นเพื่อจะไปประมวลผลตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ โดยใช้ขา CK/TRO เป็นขารับสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาและใช้ขาINTส่งสัญญาณ Interrupt ไปยัง CPU วงจรดังรูปที่ 3–16

3.3.5.3 PIO (Z80 Parallel I/O) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลหรือส่งข้อมูลออกจาก CPU เพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ Input Output อื่น ๆ ที่มีการรับส่งข้อมูลแบบขนาน ในการทดลองนี้ใช้ Port B ของ PIO ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณจากวงจรตรวจสภาพความชื้น และใช้ Port A ทำหน้าที่ส่งข้อมูลออกมายังวงจรขับรีเลย์ วงจรดังรูป 3–16

3.3.5.4 CPU (Central Processing Unit) และหน่วยความจำทำหน้าที่ประมวลผลและเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่รับสัญญาณจาก CTC และ PIO และส่งผลลัพธ์ที่ได้ผ่าน PIO สู่วงจรขับรีเลย์ต่อไป วงจรดังรูป 3–17

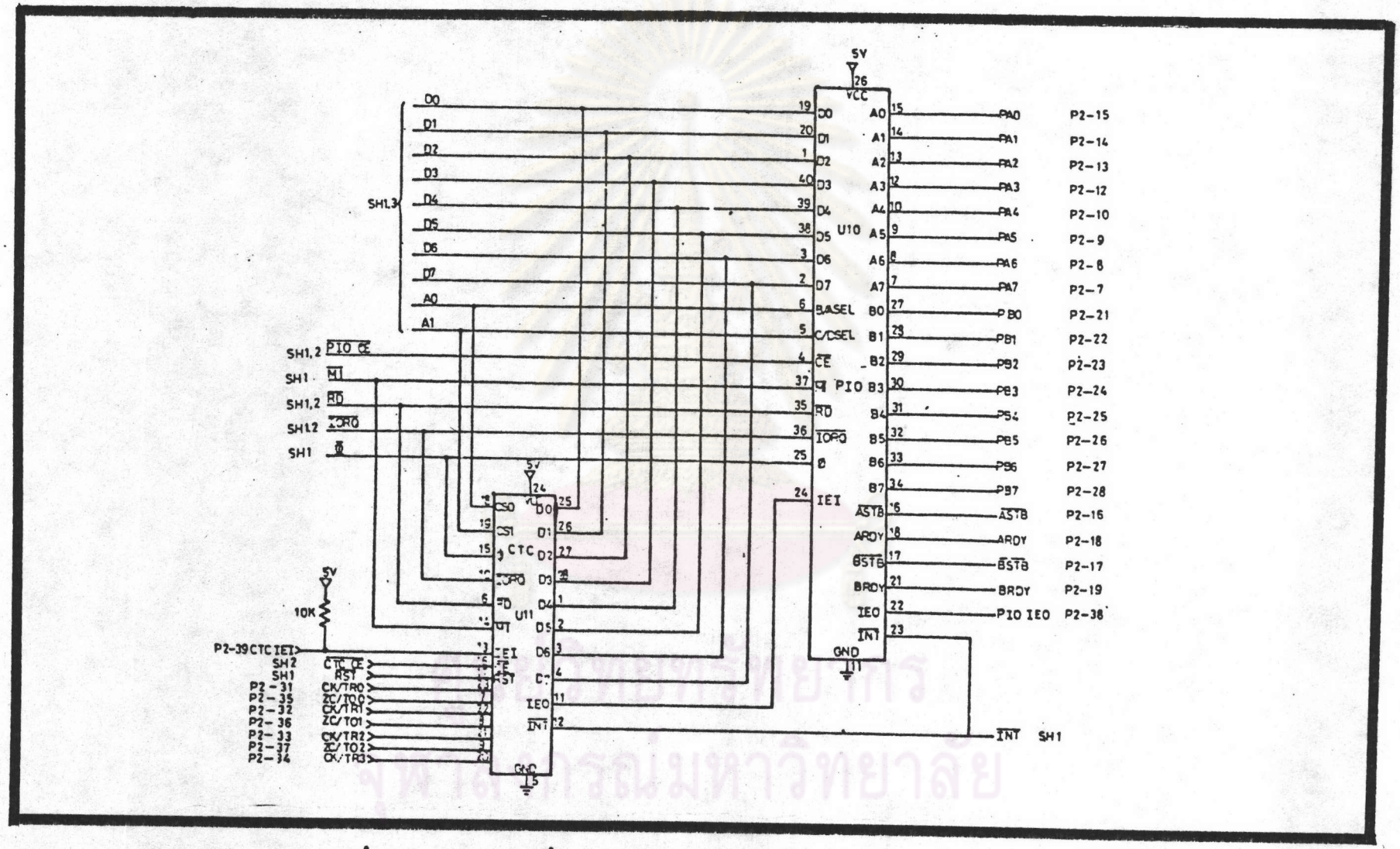
3.3.6 การออกแบบวงจรขับรีเลย์

วงจรนี้เป็นภาค Output ซึ่งรับสัญญาณที่ CPU ส่งผ่าน Port A ของ PIO มายังออปโตทรานซิสเตอร์ เพื่อแยกส่วนควบคุมกับส่วน Power ออกจากกันแล้วนำสัญญาณควบคุมนั้นมาขยายผ่านทรานซิสเตอร์ 2N 2222A เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงานปิด–เปิดอีกต่อหนึ่ง ซึ่ง Contact ของรีเลย์นี้เราสามารถนำไปใช้ในการควบคุมวาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve)ได้ต่อไป วงจรดังรูป 3–18

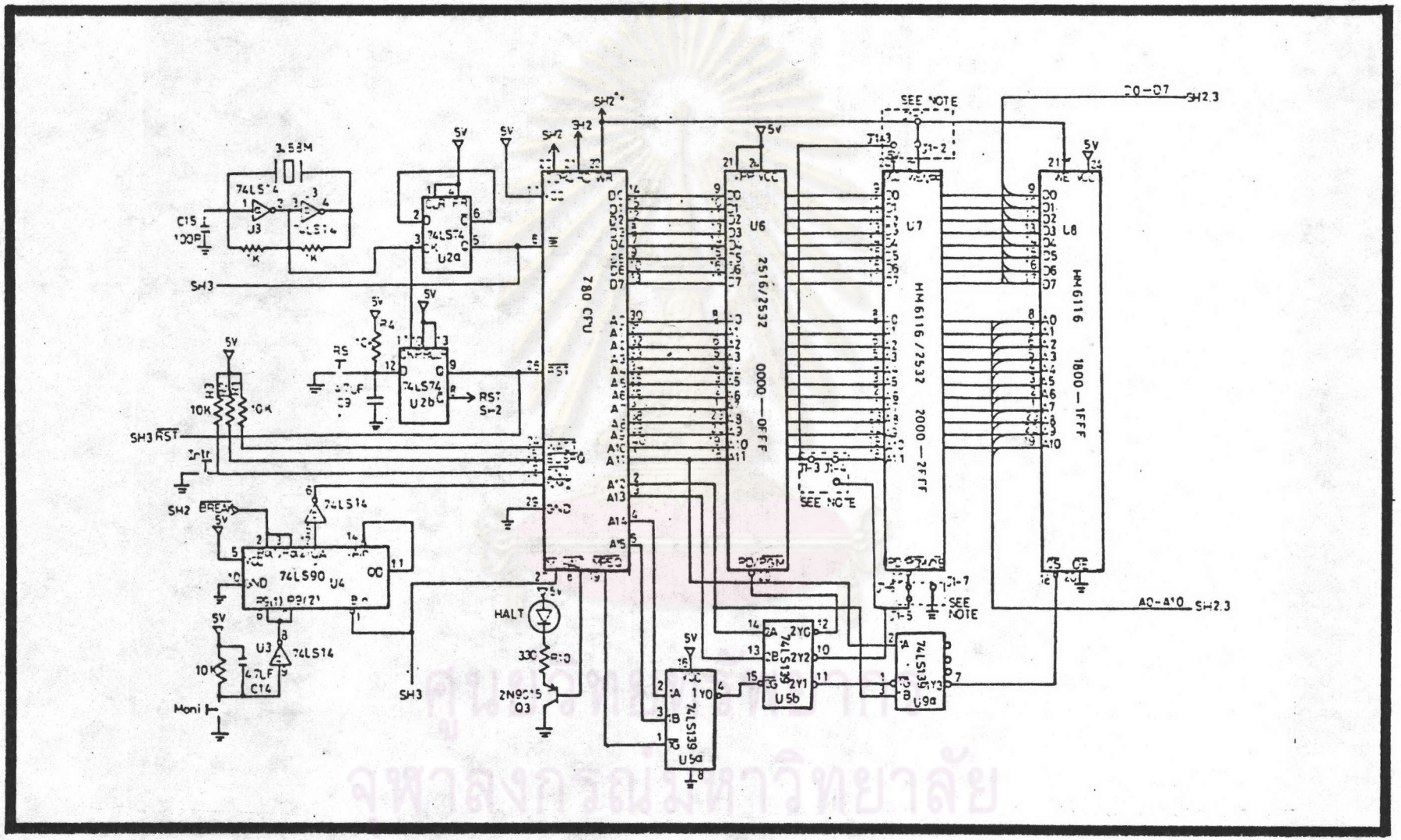


รูปที่ 3–15 วงจร Input และ Output ของ MPF-I

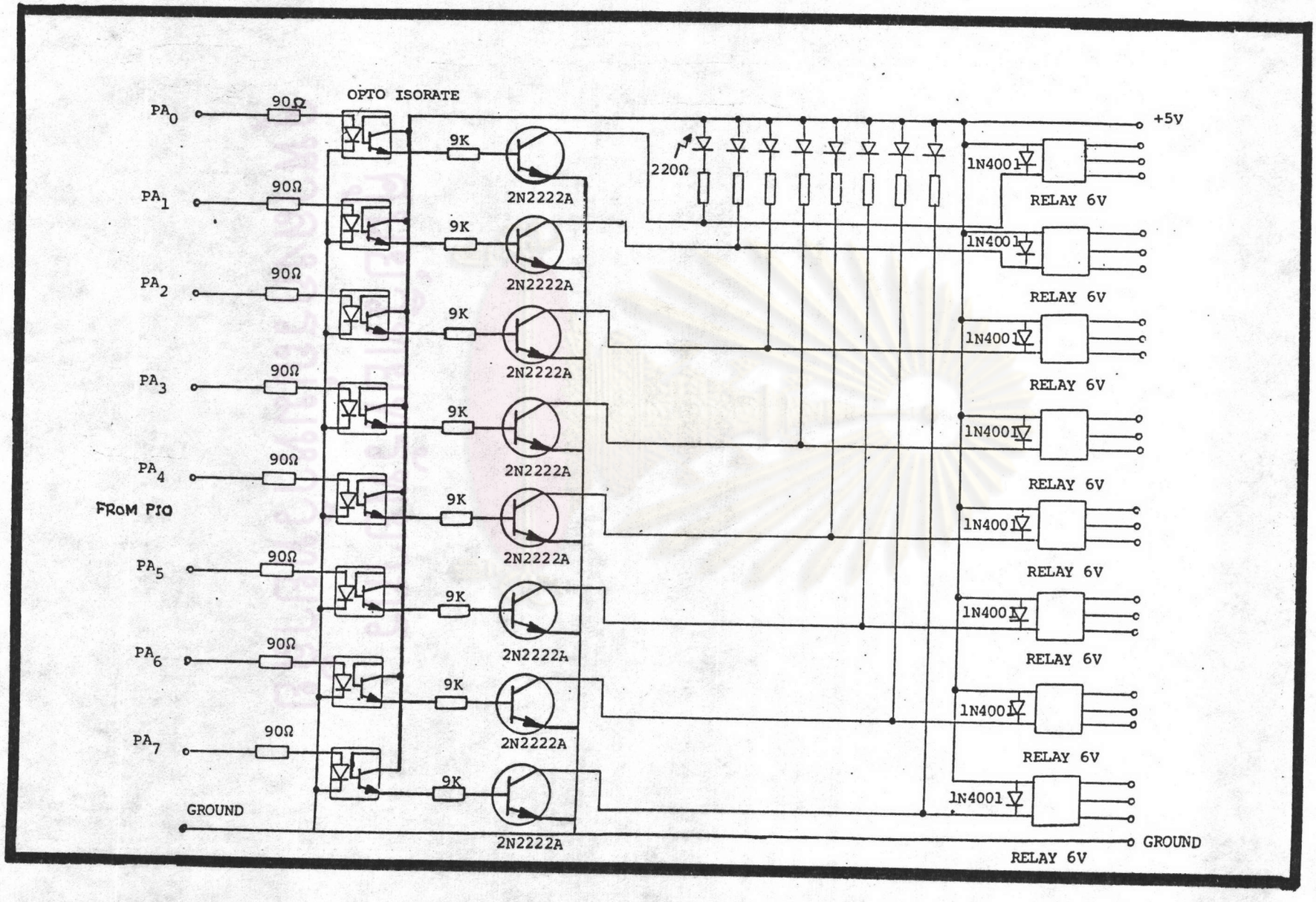
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-16 วงจรการต่อ Z80 CTC และ Z80 PIO ของ MPF-I

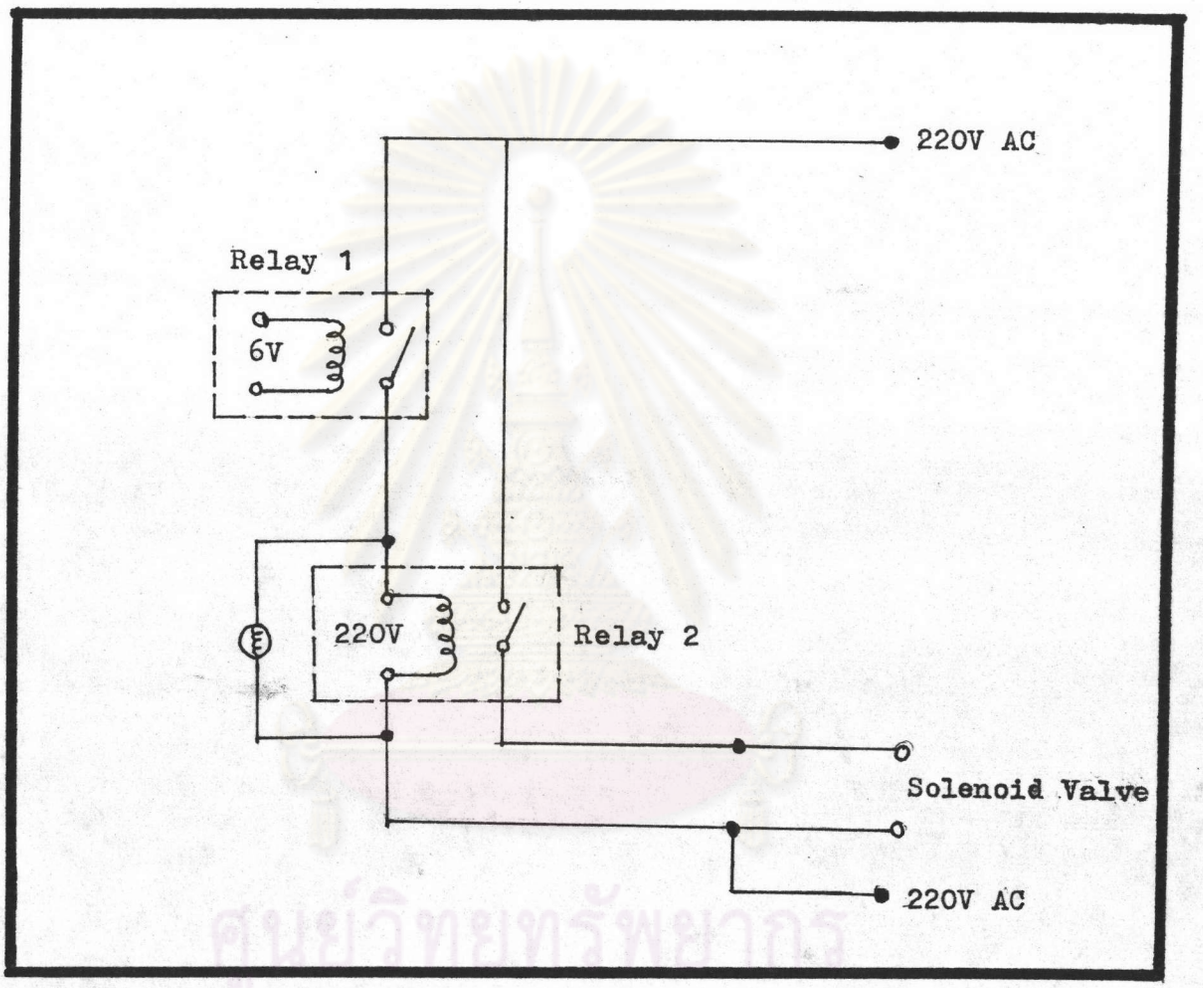


รูปที่ 3–17 วงจร CPU และหน่วยความจำของ MPF-I



รูปที่ 3-18 วงจรขับรีเลย์ I (ชำรงค์ แจงเชือ, 2528)

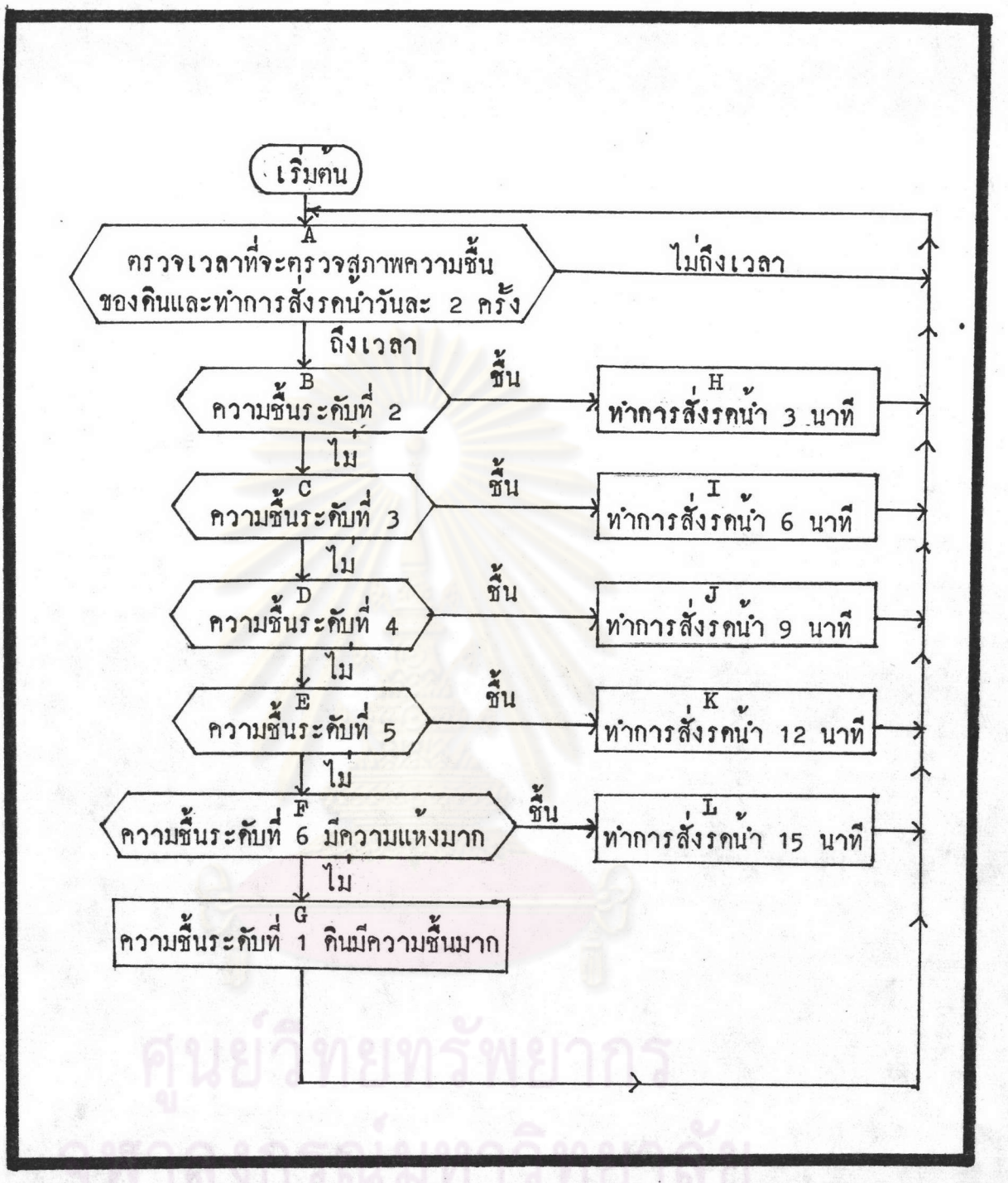
อย่างไรก็ตามกระแสที่ผ่านจากรีเลย์นี้ ยังไม่มีกำลังพอที่จะทำให้ Solenoid Valve ทำงานได้ ดังนั้น จึงต้องทำการขยายกระแสดังกล่าวให้เพิ่มขึ้นด้วยการผ่านไปที่รีเลย์ตัวที่ 2 ซึ่งจะรับกระแสได้สูงกว่ารีเลย์ตัวแรกและคอนแทคของรีเลย์ตัวที่ 2 นี้ก็จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมการเปิด–ปิดของวาล์วไฟฟ้าต่อไป วงจรร่วมกันของวงจรขับรีเลย์ทั้งสองดังรูป 3–19



รูปที่ 3–19 วงจรขับรีเลย์ 2 ร่วมกับ 1 ที่ 1 ช่องทางของการควบคุม

3.3.7 โปรแกรมการทำงานของซีพียู

หลังจากที่ได้หลักเกณฑ์และค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นในการใช้งานเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือ การเขียนโปรแกรม ซึ่งการเขียนโปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษาเครื่องตามคู่มือของไมโครคอมพิวเตอร์ MPF–I เขียนโดยชำรงค์ แจงเชื้อ (2528) โดยมีผังการทำงานดังรูปที่ 3–20



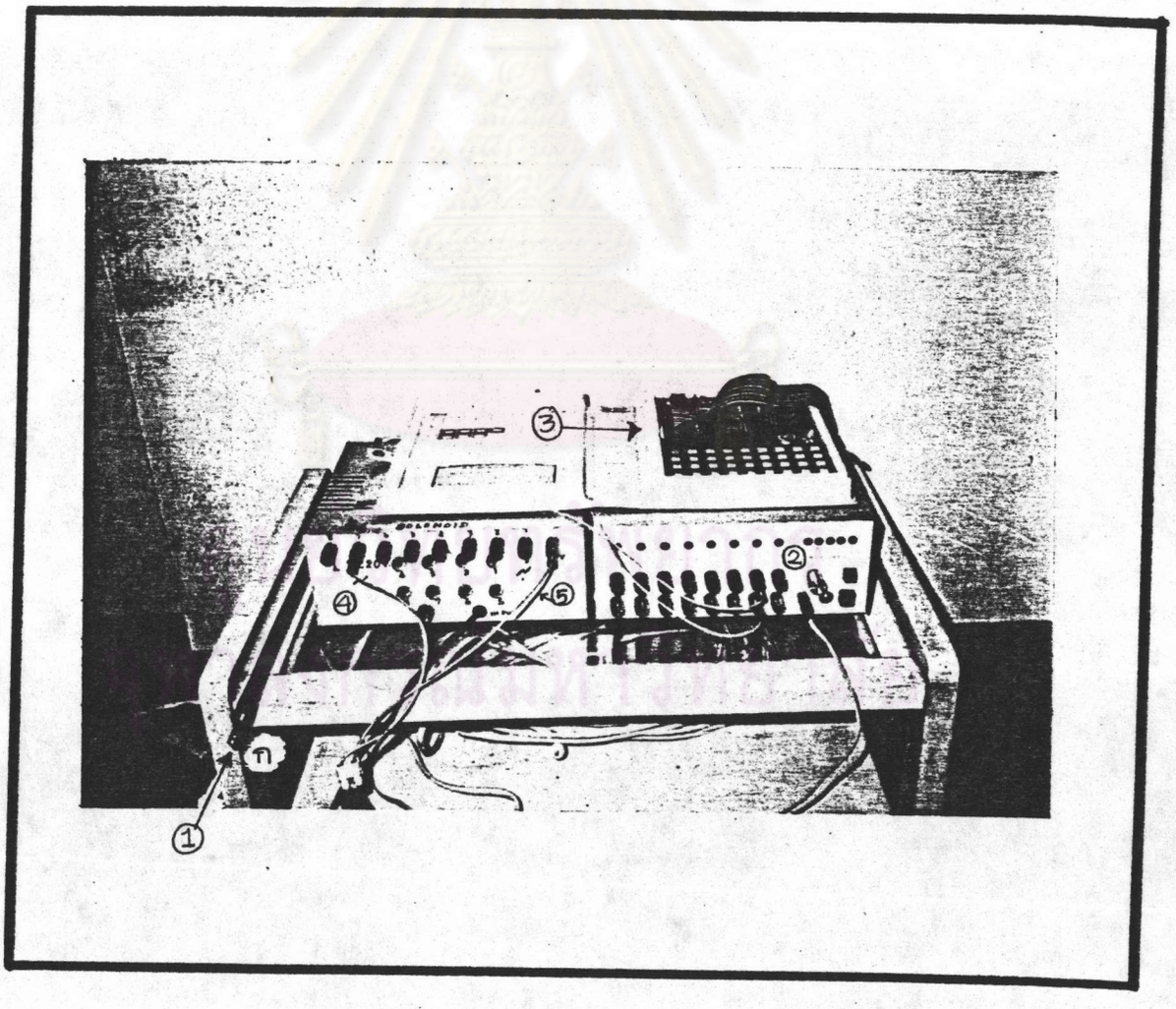
รูปที่ 3–20 ผังการทำงานของ CPU

รายละเอียดของตัวโปรแกรมศึกษาได้จากภาคผนวก ข แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ทำงานหน่วงเวลา (ที่โปรแกรมหน่วงเวลา) เพื่อให้น้ำแก่พืชที่เวลาต่าง ๆ นั้น เวลาที่ CPU จะไม่ทำงาน ดังนั้น ในตอนท้ายของโปรแกรม H I J K และ L จึงต้องมีการโปรแกรมเพิ่มค่าเวลาเข้าไป

ใน CPU ทั้งนี้ เพื่อทำให้เมื่อทำการให้น้ำเสร็จสิ้นลงแล้ว จะทำให้เวลาที่สัญญาณนาฬิกาและเวลาที่ CPU ตรงกันเช่นเดิม ผังการทำงานและตัวโปรแกรมของโปรแกรมหน่วงเวลาศึกษาได้จากภาคผนวก ค เช่นกัน การป้อนโปรแกรมดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยใช้เครื่องป้อนโปรแกรม ซึ่งจะเก็บส่วนของโปรแกรมเหล่านี้ไว้ที่หน่วยความจำถาวร ซึ่งจะทำให้ป้อนเพียงครั้งเดียวเก็บไว้ใช้งานได้ตลอดไป แม้เมื่อปิดเครื่องโปรแกรมก็ไม่ถูกลบไป เมื่อเปิดเครื่องก็พร้อมจะทำงานทำโปรแกรมที่ป้อนไว้ทันที จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมโดยผู้ป้อนโปรแกรมอีกครั้งหนึ่ง

3.3.8 การประกอบเครื่องมือระบบควบคุม

การประกอบนี้ทำโดย ผศ. ไพบูลย์ ไชยนิล และชำรงค์ แจงเชื้อ (2528) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชุดเครื่องมือดังกล่าวสามารถแยกออกได้เป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 3–21 คือ



รูปที่ 3–21 ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 1 ได้แก่ Probe ที่ใช้วัดความชื้นของดิน ตรงส่วนปลาย ก คือ ส่วนที่จะฝังลงในดินตรงจุดที่จะวัดความชื้น ค่าความชื้นที่อ่านได้จะถูกส่งสัญญาณในรูปกระแสไฟฟ้าเข้าสู่วงจรตรวจสภาพความชื้นในส่วนที่ 2 ต่อไป

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่บรรจุวงจรตรวจสภาพความชื้นที่รับสัญญาณจากส่วนที่ 1 และจะส่งสัญญาณนี้เข้าสู่ PIO ของไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-I ในส่วนที่ 3 ต่อไป นอกจากนั้นส่วนนี้ยังประกอบด้วยวงจรขับรีเลย์ I ซึ่งเป็นวงจรภาค Output ซึ่งรับสัญญาณจาก PIOในส่วนที่ 3 เพื่อมาทำการขับรีเลย์ ซึ่งบรรจุอยู่ในส่วนนี้เช่นกัน

ส่วนที่ 3 คือ ส่วนของไมโครคอมพิวเตอร์ MPF-Iอันประกอบด้วยส่วนย่อย 4 ส่วนคือ 8255 CTC PIO CPU และหน่วยความจำดังได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้น ยังประกอบด้วยวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งส่งสัญญาณให้ CTC ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ด้วย

ส่วนที่ 4 คือ วงจรขับรีเลย์ 2 ทำหน้าที่ขยายกระแสที่ผ่านจากรีเลย์ 1 ให้ออกจากรีเลย์ 2 ให้มีค่าสูงขึ้นเพื่อนำ Contact ของรีเลย์ 2 นี้ไปควบคุมการเปิด – ปิดของวาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve) ซึ่งต่อไปตามสายไฟ 5 นี้ต่อไป

3.3.9 การใช้งานของระบบควบคุม

ระบบควบคุมนี้สามารถใช้งานได้ 2 วิธีคือ การให้น้ำตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยให้เป็นปริมาณสอดคล้องกับความชื้นในดิน และให้เป็นปริมาณตามที่ตั้งเวลาไว้ โดยสอดคล้องกับค่าการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use) แต่ทั้งนี้มีเป้าหมายร่วมกันคือ เพื่อเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงจุด Field Capacity ดังนั้น วิธีในการให้น้ำจึงมีได้แตกต่างกัน 2 วิธีคือ

3.3.9.1 การให้น้ำตามเวลาที่กำหนดไว้โดยให้เป็นปริมาณสอดคล้องกับความชื้นในดิน มีขั้นตอนดังนี้คือ

1) การเตรียมเครื่องมือ

ก) นำ Probeวัดความชื้นปักลงในดินบริเวณที่จะทำการให้น้ำ ให้ปลาย Jack ฝังในดินให้มีความลึกประมาณ 1 ใน 4 ของความลึกของเขตรากพืชที่เพาะปลูก ปลายอีกข้างหนึ่งเสียบเข้าที่ Input ของเครื่องตรวจสภาพความชื้น (ส่วนที่ 2)

ข) ต่อวงจรชุดรีเลย์ 1 (ส่วนที่ 2) เข้ากับชุดรีเลย์ 2 (ส่วนที่ 4) แล้วต่อไปยังวาล์วไฟฟ้าต่อไป

ค) ต่อ Supply 220 VAC เข้าที่ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 4

ง) ต่อ Supply 5 VDC จากส่วนที่ 2 เข้าสู่ MPF-I (ส่วนที่ 3)

จ) เปิดสวิทช์ไฟที่ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 4 จะพบว่าที่ 7 Segments ของ MPF-I จะแสดง [uPF--I] ซึ่งแสดงว่าระบบพร้อมจะใช้งานต่อไป

2) <u>การตั้งเวลาปัจจุบัน</u>

ก) กดคีย์ [PC] ของ MPF-I ที่ 7 Segments Led จะแสดงที่ตำแหน่ง 1800 Hของหน่วยความจำพร้อมทั้งข้อมูล [1800 XX]

ข) ป้อนเวลาที่เป็นวินาทีด้วยเลขฐานสิบหก 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1801 XX]

ค) ป้อนเวลาที่เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบหก 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1802 XX]

ง) ป้อนเวลาที่เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบหก 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1803 XX]

3) <u>การตั้งเวลาให้น้ำครั้งที่ 1</u> (ใน 1 วัน)

ป้อนเวลาที่จะให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นชั่วโมง (กี่นาฬิกา) ด้วยเลขฐานสิบหก 2 หลักโดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1804 XX]

4) <u>การตั้งเวลาให้น้ำครั้งที่ 2</u> (ใน 1 วัน)

ป้อนเวลาที่จะให้น้ำครั้งที่ 2 เป็นชั่วโมง (กี่นาฬิกา) ด้วยเลขฐานสิบหก 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] แล้วกดคีย์ [ADDR]

5) <u>การเริ่มทำงาน</u>

กดคีย์ [2] [0] [0] [0] แล้วรอจนเวลาปัจจุบันที่ตั้งไว้ให้ตรงกับเวลาปัจจุบันจริง ๆ จึงกดคีย์ [GO] ระบบควบคุมจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติตามผังการทำงานในรูปที่ 3–19 ทันที

จากการใช้งานเช่นนี้จะมีข้อสังเกตเห็นว่า ข้อแรกใน 1 วัน จะทำการให้น้ำได้ 2 ครั้ง ข้อสอง การตั้งเวลาปัจจุบันในขั้นที่ 2) ต้องตั้งไว้ล่วงหน้าเวลาปัจจุบันของนาฬิกาจริง ๆ เล็กน้อย เพื่อเผื่อเวลาในการคีย์คำสั่งอื่น ๆ จากนั้นจึงรอให้เวลาปัจจุบันที่ตั้งไว้ตรงกับเวลาปัจจุบันของนาฬิกาจริง ๆ จึงกดคีย์ [GO] ก็จะพบว่าเวลาปัจจุบันของระบบควบคุมและของนาฬิกาจริง ๆ ตรงกันอย่างไม่มีปัญหาและข้อสาม จะไม่มีการตั้งเวลาหยุดให้น้ำทั้งนี้เพราะระบบจะคำนวณเวลาที่หยุดให้น้ำเอง และปิดวาล์วไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อครบเวลาที่คำนวณไว้ดังกล่าว

ในกรณีที่ต้องการให้น้ำเพียงวันละ 1 ครั้งก็สามารถทำได้โดยหลังจากที่ป้อนเวลาที่ให้น้ำครั้งที่ 1 ที่เป็นชั่วโมง (กี่นาฬิกา) โดยใช้เลขฐานสิบหก 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [F] เรียบร้อยแล้ว จึงกดคีย์ [ADDR] แล้วกดคีย์ [2] [0] [0] [0] แล้วรอให้เวลาปัจจุบันที่ตั้งไว้ตรงกับเวลานาฬิกาจริง ๆ จึงกดคีย์ [GO] ระบบควบคุมก็จะเริ่มทำงานให้น้ำวันละครั้งทันที

ในกรณีที่เครื่องยังไม่ผ่านการ Calibrate มาก่อน ก็สามารถทำการ Calibrate ได้โดยนำ Probe วัดความชื้นที่ปักในดินนั้นต้องปักในดินที่มีความชื้นที่ Field Capacity (ซึ่งเราสามารถควบคุมโดยทำการให้น้ำในดินมีความชื้นที่ Field Capacity ได้โดยใช้ความสัมพันธ์ที่ 2–5 ในการคำนวณ) จากนั้นจึงปรับปุ่ม Adjust Current ให้ Led สีแดงทั้ง 5 ดวง คือ A B C D E ที่อยู่ตรงมุมขวาบนของส่วนที่ 2 ของระบบควบคุมนั้นดับหมด จากนั้นจึงทำตามกรรมวิธีในการให้น้ำตามหัวข้อ 3.3.9.1 ทั้ง 5 ขั้นจนเสร็จ ซึ่งจะพบว่าจะไม่มีการให้น้ำเกิดขึ้น (คือเวลาในการให้น้ำ = 0) ซึ่งตรงกับหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ดินจะมีความชื้นสูงสุดที่ Field Capacity ที่จุดนี้หรือความชื้นในดินมากกว่านี้ จะไม่มีการให้น้ำใด ๆ เกิดขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัติเรามักทำการ Calibrate ในห้องทดลองโดยนำตัวอย่างดินเพาะปลูกมาทำให้มีความชื้นที่

Field Capacity ตามหลักเกณฑ์ข้างต้นแล้วทำการ Calibrate หลังจาก Calibrate แล้วจึงนำไปใช้ในแปลงเพาะปลูกจริง ๆ ต่อไป

ทั้งนี้ ตัวเลขฐานสิบหกที่ตรงกับเลขฐานสิบที่ใช้ในการทดลองนี้ สามารถดูได้จากภาคผนวก ง

3.3.9.2 <u>การให้น้ำตามเวลาที่กำหนดไว้โดยให้เป็นปริมาณตามที่ตั้งเวลาไว้</u>

วิธีนี้เราจะไม่ใช้ Probe เป็นตัวป้อนข้อมูลเพื่อนำไปคำนวณเวลาในการให้น้ำโดย MPF-I แต่อย่างใด แต่จะใช้การคำนวณเวลาให้น้ำโดยเกษตรกรหรือผู้ควบคุมเอง (ใช้ความสัมพันธ์ที่ 2–5 ในการคำนวณ แล้วป้อนเวลาเหล่านี้สั่งการให้ระบบควบคุมทำตามที่กำหนด โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) <u>การเตรียมเครื่องมือ</u>

ทำเช่นเดียวกับการให้น้ำโดยวิธีแรก แต่ไม่ต้องทำข้อ ก)

2) <u>การตั้งเวลาปัจจุบัน</u>

ก) กดคีย์ [PC] ของ MPF-I ที่ 7 Segments Led จะแสดง [1800XX]

ข) ป้อนเวลาที่เป็นวินาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1801XX]

ค) ป้อนเวลาที่เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลักโดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1802XX]

ง) ป้อนเวลาที่เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1803XX]

3) <u>การตั้งเวลาให้น้ำครั้งที่ 1</u> (ใน 1 วัน)

ก) ป้อนเวลาที่ให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์

ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1804XX]

ข) ป้อนเวลาที่ให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นชั่วโมง ด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1805XX]

4) <u>การตั้งเวลาหยุดให้น้ำครั้งที่ 1</u> (ใน 1 วัน)

ก) ป้อนเวลาที่หยุดให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1806XX]

ข) ป้อนเวลาที่หยุดให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7Segments จะแสดง [1807XX]

5) <u>การตั้งเวลาให้น้ำครั้งที่ 2</u> (ใน 1 วัน)

ก) ป้อนเวลาที่ให้น้ำครั้งที่ 2 เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1808XX]

ข) ป้อนเวลาที่ให้น้ำครั้งที่ 2 เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7 Segments จะแสดง [1809XX]

6) <u>การตั้งเวลาหยุดให้น้ำครั้งที่ 2</u> (ใน 1 วัน)

ก) ป้อนเวลาที่หยุดให้น้ำครั้งที่ 2 เป็นนาทีด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [+] 7Segments จะแสดง [180A XX]

ข) ป้อนเวลาที่หยุดให้น้ำครั้งที่ 2 เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [ADDR]

7) <u>การเริ่มทำงาน</u>

กดคีย์ [2] [4] [0] [0] แล้วรอจนเวลาปัจจุบันที่ตั้งไว้ตรงกับเวลาปัจจุบันจริง ๆ จึงกดคีย์ [GO] ระบบควบคุมจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติทันที

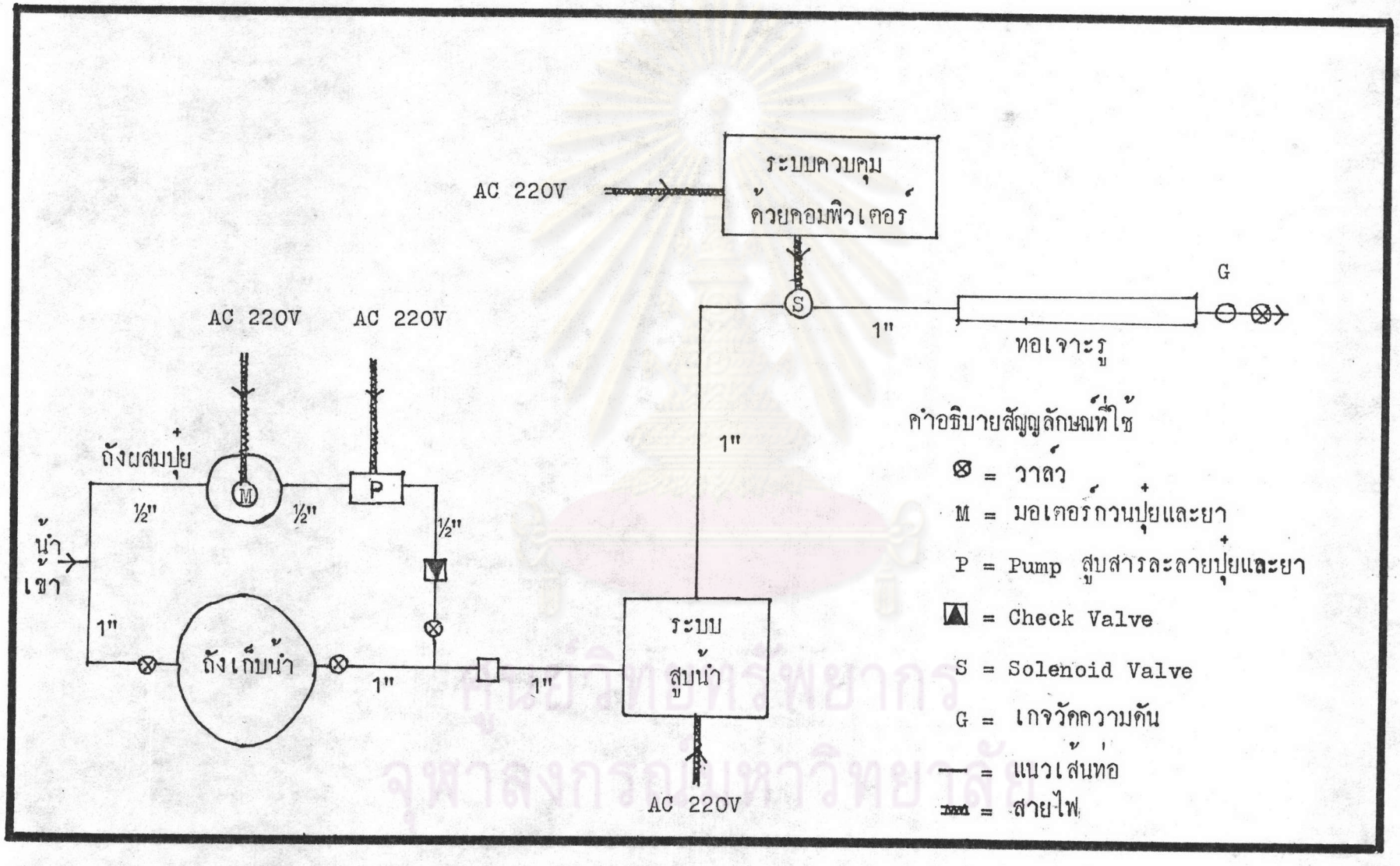
จากการใช้งานในลักษณะนี้จะพบว่า นอกจากจะให้น้ำได้วันละ 2 ครั้งและต้องตั้งเวลาล่วงหน้ากว่าเวลาปัจจุบันจริง ๆ เล็กน้อยแล้ว ยังมีข้อสังเกตเพิ่มเติมเล็กน้อยคือ เนื่องจากวิธีนี้ไม่ใช้ Probe ดังนั้น จึงไม่ต้องมีการ Calibrate เครื่องที่ปุ่ม Adjust Current แต่อย่างใด และโดยมากจะใช้วิธีนี้เมื่อ Probe ชำรุดหรือเสียหาย หรือต้องการแก้ไขโปรแกรมการให้น้ำของวงจรตรวจสภาพความชื้นใหม่ หรือใช้ในการให้ปุ๋ยหรือทำกิจกรรมใด ๆ ที่ต้องการเปิดวาล์วไฟฟ้าเป็นเวลานาน ๆ (ซึ่งการใช้งานวิธีแรกตั้งเวลาไม่ได้) ซึ่งในกรณีหลังนี้จะใช้วาล์วปกติควบคุมการไหลของน้ำแทน

ในกรณีที่ต้องการให้น้ำเพียงวันละครั้ง ก็สามารถทำได้โดย หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอน 4 ก) แล้ว ก็ป้อนเวลาที่หยุดให้น้ำครั้งที่ 1 เป็นชั่วโมงด้วยเลขฐานสิบ 2 หลัก โดยใช้คีย์ตัวเลข [0] ถึง [9] แล้วกดคีย์ [ADDR] แล้วกดคีย์ [2] [4] [0] [0] แล้วรอให้เวลาปัจจุบันที่ตั้งไว้ตรงกับเวลานาฬิกาจริง ๆ จึงกดคีย์ [GO] ระบบควบคุมก็จะทำการให้น้ำวันละครั้งตามเวลาที่ตั้งไว้ทันที

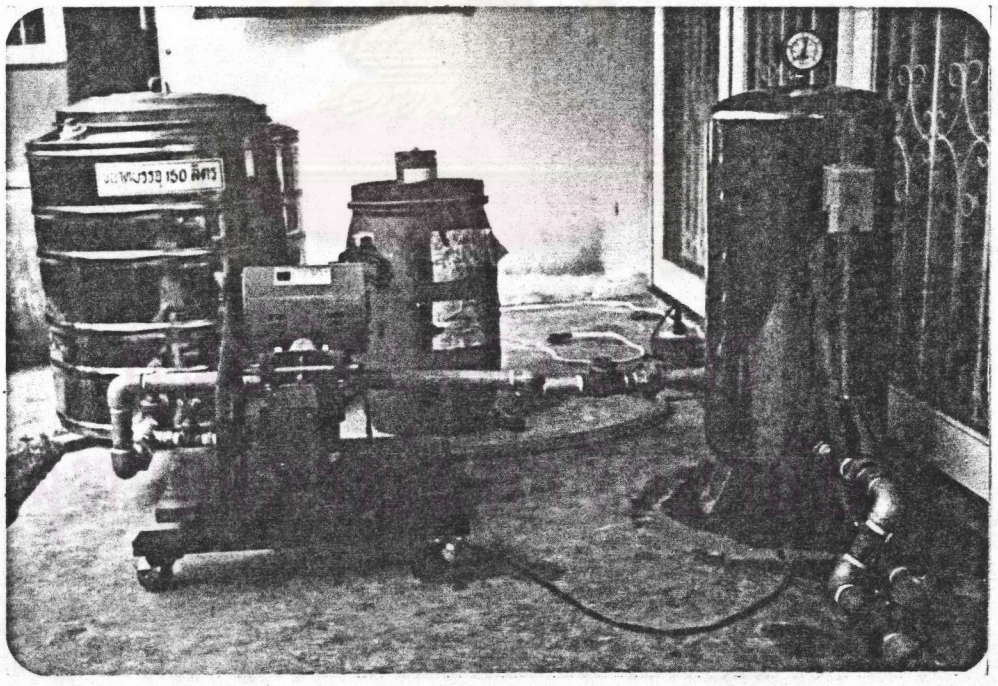
อนึ่ง การใช้งานของระบบควบคุมทั้ง 2 ลักษณะนี้ เมื่อเวลาของระบบเดินครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ก็จะย้อนกลับมาเริ่มต้นใหม่เช่นเดียวกับเวลาของนาฬิกาปกติ ดังนั้น การทำงานของคำสั่งต่าง ๆ ก็จะทำงานเช่นเดิมวนเวียนเช่นนี้ในแต่ละวันทุก ๆ วัน ไม่ต้องป้อนคำสั่งใหม่ใด ๆ ก่อนการทำงานจนกว่าจะมีคำสั่งเปลี่ยนแปลง หรือตัดวงจร Supply โดยผู้ควบคุมนั่นเอง

3.4 การประกอบเครื่องมือร่วมกันของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ระบบให้ปุ๋ยและระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

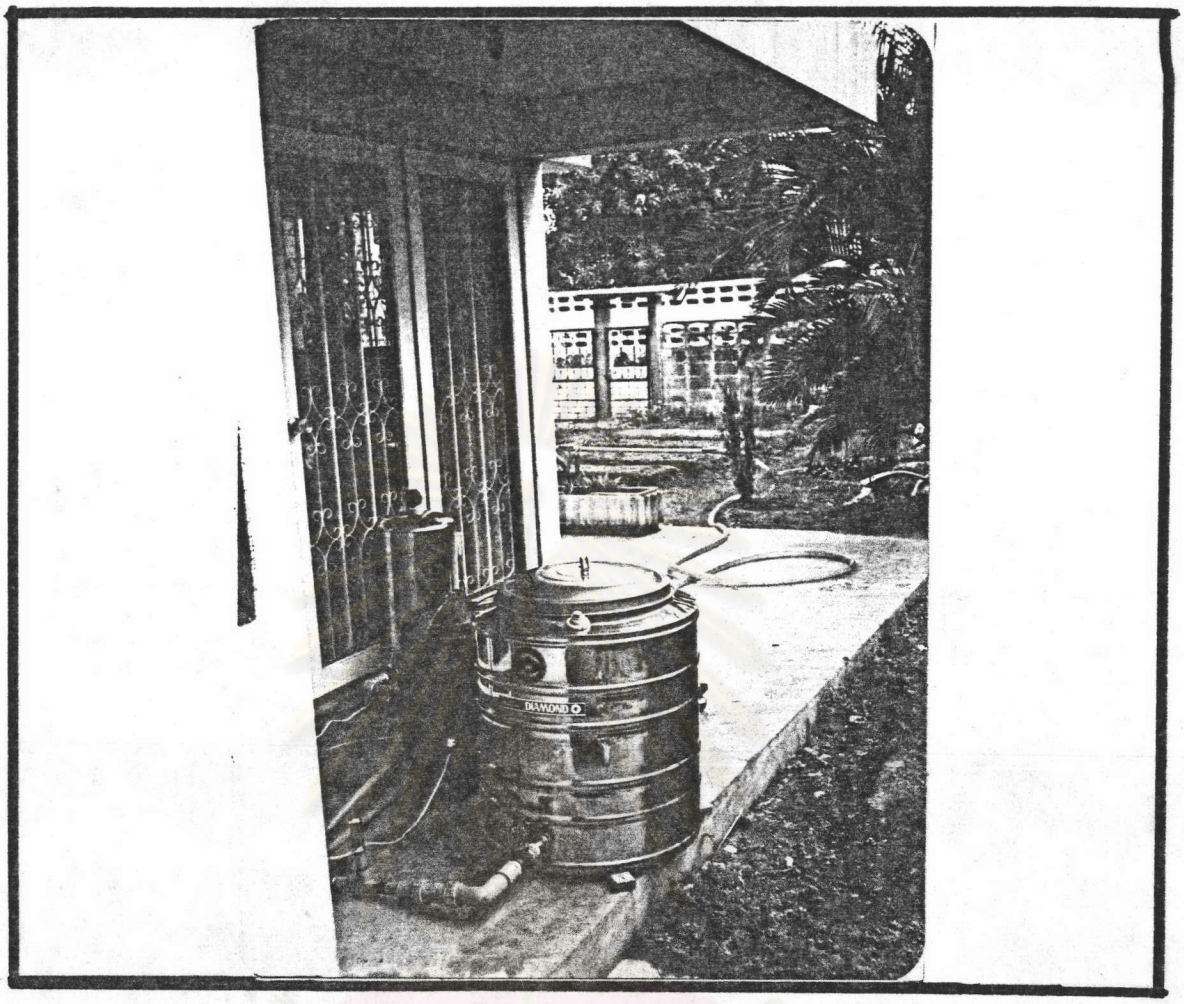
หลังจากที่ได้ออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของแต่ละระบบเป็นที่เรียบร้อยพร้อมทั้งสร้างและทดสอบการใช้งานได้ผลแล้ว ขั้นต่อไปคือ การประกอบระบบทั้งสามเข้าด้วยกัน การประกอบนี้ทำขึ้นที่ห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทดสอบการทำงานของระบบรวมอีกครั้งหนึ่ง จากนั้น จึงย้ายไปติดตั้งที่บริเวณที่ทำการทดลองที่อำเภอบางเขน เพื่อทดสอบการใช้งานจริง ๆ ต่อไป รูปที่ 3-22 เป็นแผนผังการประกอบระบบร่วมกัน ส่วนรูปที่ 3-23 เป็นผลของการประกอบจริง ๆ



รูปที่ 3–22 แผนผังการประกอบระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ระบบให้ปุ๋ยและระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3–23 ผลของการประกอบระบบรวม (ก)



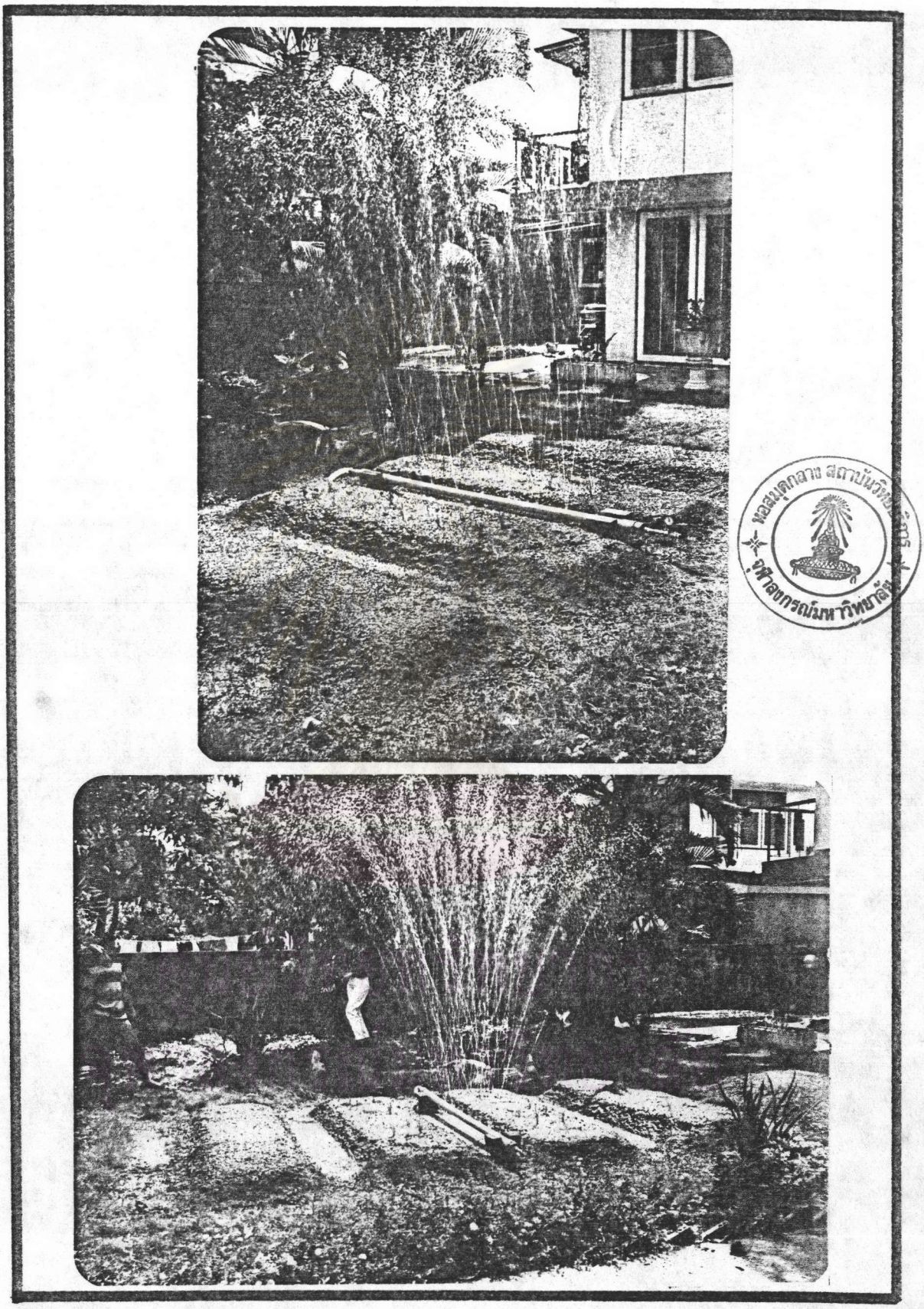
รูปที่ 3-23 (ข)

3.5 <u>การใช้งานของระบบรวม</u>

ระบบรวมอันประกอบด้วยระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ระบบให้ปุ๋ย และระบบควบคุม มีเป้าหมายหลักในการใช้งานคือ การให้น้ำแก่พืชหรือระบบเพาะปลูก นอกจากนั้น ยังมีเป้าหมายรองในการให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงหรือ ยาปราบโรคพืชหรือการนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ เท่าที่จะอำนวย ในการทดลองนี้เน้นการใช้งานที่ 2 วัตถุประสงค์คือ การให้น้ำและการให้ปุ๋ย ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

3.5.1 <u>การให้น้ำ</u>

ไม่ว่าจะเป็นการให้น้ำโดยวิธีใช้ Probe หรือไม่ใช้ Probe ก็ตาม (ตามหัวข้อ 3.3.9.1 และ 3.3.9.2 ตามลำดับ) ขั้นแรกของการใช้งานคือ ต้องตรวจสอบความเรียบร้อย



รูปที่ 3–24 ระบบขณะให้น้ำ

ของระบบทุกส่วนก่อน เช่น ถังน้ำมีน้ำบรรจุเพียงพอหรือไม่ต่อ Supply 220 VAC เข้าที่ Motor ของเครื่องสูบน้ำหรือยัง วาล์วต่าง ๆ เปิด – ปิดเรียบร้อยหรือยัง ฯลฯ เป็นต้น จากนั้นจึงป้อนคำสั่งการให้น้ำที่ต้องการเข้าที่ระบบควบคุมตามวิธีการในหัวข้อ 3.3.9.1 หรือ 3.3.9.2 ดังได้กล่าวมาแล้ว หลังจากออกคำสั่ง GO ระบบทุกส่วนก็จะทำการให้น้ำโดยอัตโนมัติตั้งแต่เริ่มให้น้ำจนเสร็จสิ้นการให้น้ำโดยการควบคุมของระบบควบคุมและการเปิด – ปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งกล่าวมาแล้วทั้งสิ้น นั่นเอง

3.5.2 การให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืช

โดยส่วนใหญ่จะเป็นการให้ปุ๋ยโดยไม่ใช้ Probe เพราะการให้ปุ๋ยหรืออื่น ๆ ไม่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดินโดยตรงนัก ดังนั้น กรรมวิธีในการให้ปุ๋ยก็พอสรุปได้ดังนี้คือ ขั้นแรกตรวจความเรียบร้อยของระบบทุกส่วนก่อน เช่นในหัวข้อ 3.5.1 จากนั้นทำการเตรียมปริมาณปุ๋ยที่ใช้ทำอยู่ในรูปสารละลายให้เรียบร้อยตามกรรมวิธีในการให้ปุ๋ยในหัวข้อ 3.2.4 แล้วจึงทำการป้อนเวลาในการให้ปุ๋ยที่ระบบควบคุมตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.3.9.2 เมื่อกดคีย์คำสั่ง GO การให้ปุ๋ยจะเริ่มทันที อย่าลืมกรรมวิธี 3 ขั้นในการให้ปุ๋ยตามหัวข้อ 3.2.4.2 คือ ทำการให้น้ำในช่วงแรกก่อน แล้วจึงค่อยเปิดวาล์วให้ปุ๋ยและเมื่อให้ปุ๋ยเสร็จสิ้นแล้ว ก็เปิดน้ำเปล่าล้างปุ๋ยค้างท่ออีกครั้งหนึ่ง ในการป้อนเวลาในการให้ปุ๋ยนี้ นิยมป้อนเวลาเผื่อไว้มาก ๆ เพราะมีหลายขั้นตอนในการให้ปุ๋ยที่ทำให้เสียเวลาได้ นอกจากนั้น การควบคุมเวลาที่แน่นอนในการให้ปุ๋ยในแต่ละครั้งก็ทำได้ค่อนข้างลำบาก จนเมื่อมีการให้ปุ๋ยจนทั่วพื้นที่เพาะปลูกดีแล้วก็ปลด Supply 220 VAC ที่ระบบควบคุมก็จะทำให้การให้ปุ๋ยหยุดเองโดยอัตโนมัติได้เช่นกัน หรืออาจทำได้โดยการปิดวาล์วบนท่อสายหลัก เพื่อให้หยุดการให้ปุ๋ยก่อน แล้วเครื่องสูบน้ำจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ (ตามหลักการทำงานในหัวข้อ 3.1.6) แล้วจึงค่อยปลด Supply 220VAC ที่ระบบควบคุมภายหลังก็ได้