

เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนโดยเทคนิคการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก Raingauge Using Semicylindrical Capacitance Measurement Technique

ศุภกร กตาทิการกุล^{1*}, สุเจนต์ พรหมเหมือน¹, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก² และ ปิติ พานิชายุนนท์³
Supagorn Katathikarnkul^{1*}, Sujane Prommoun² and Piti Panichayunon³

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้เทคนิคการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก โดยมีหัววัดเป็นแบบกึ่งทรงกระบอกกลวงที่ทำจากวัสดุพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) และแผ่นโลหะกึ่งทรงกระบอก ทำจากเทปอลูมิเนียมห่อหุ้ม ค่าแรงดันไฟฟ้าของหัววัดความจุไฟฟ้ากึ่งทรงกระบอกโดยการประยุกต์ใช้ วงจรบริดจ์ที่ปรับปรุงขึ้นพบว่า แรงดันไฟฟ้าแปรผันตรงกับระดับน้ำที่เปลี่ยนไปซึ่งค่าอยู่ในช่วงมิลลิโวลต์ (mV) ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น 3.92 % FSO ค่าความสามารถในการทำซ้ำ 3.33% ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝนได้อีกทั้งยังมีราคาถูกใช้งานง่าย พกพาสะดวก และมีประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการใช้งานสูง

คำสำคัญ : เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน การวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก วงจรบริดจ์ที่ปรับปรุง

Abstract

This paper presents the raingauge measurement technique using a semicylindrical capacitance measurement. The probe consists of a hollow PVC semicylinder which was covered with a semicylindrical aluminium foil. Responses of the proposed probe were tested using the modified bridge circuit. Results show that the measured voltage is in the range of millivolt (mV) and is proportional to the variation of water level. In addition, the tested nonlinearity 3.92 % FSO repeatability 3.33 %. This technique can be efficiently used in raingauge measurement. Moreover, it is low cost, easy to use, and portable.

Keywords: Raingauge, Semicylindrical Capacitance Measurement, Modified Bridge Circuit

¹ นักวิชาชีพ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ อาจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

* Corresponding Author : E-mail : supagone@hotmail.com

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

บทนำ

ปัจจุบันการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนได้เข้ามามีบทบาทเพื่อใช้งานด้านต่างๆ ในหน่วยงานต่างๆ ตัวอย่างเช่น สถานีอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจอากาศทางทหารเกษตร สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์และส่วนกลาง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช หรือการเรียนการสอนในวิชาอุตุนิยมวิทยา โดยเครื่องมือการตรวจวัดที่มีในปัจจุบันที่มีใช้ในหน่วยงานราชการ และที่ขายอยู่ตามท้องตลาดหลายรูปแบบ อาทิเช่น เครื่องมือวัดมาตรฐานรูปทรงกระบอก เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบใช้ไม้บรรทัด เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบใช้น้ำหนัก และเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบคานกระดก เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องมือเหล่านี้ที่ต่างมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันตามแต่ลักษณะการใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องมือวัดมาตรฐานรูปทรงกระบอกที่ต้องใช้การวัดด้วยแก้วดวง พบว่ามีข้อจำกัดไม่สามารถจะบันทึกปริมาณน้ำฝนได้ตลอดเวลาแต่ละวัดจะวัดปริมาณน้ำฝนรวมในการอ่านแต่ละครั้ง หากเกิดฝนตกหนักในช่วงที่ไม่ได้ทำการวัดก็ไม่สามารถระบุปริมาณน้ำฝนที่แท้จริงได้ ส่วนเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติจะมีลักษณะเป็นแบบกระดกโดยมีอินฟราเรดเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับเพื่อส่งข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ในการคำนวณหาปริมาณน้ำฝน ปัญหาและอุปสรรคในการสร้างเครื่องมือแบบนี้คือการสร้างถาดรับน้ำฝนทั้งสองด้านให้มีปริมาณใกล้เคียงกัน และให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ได้กำหนดค่าไว้ทำได้ยาก เพราะการกระดกแต่ละครั้งของถาดรับน้ำฝนมีปริมาตรไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น ความแรงของน้ำที่มาจากกรวย ปริมาณน้ำฝนที่เหลืค้างอยู่ในถาดรับ เป็นต้น ดังนั้นได้แนวคิดในการปรับปรุงเทคนิคการวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้หลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าถึงทรงกระบอก ซึ่งมีคุณลักษณะการวัดระดับน้ำโดยใช้รูปแบบของหัววัดความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอกเป็นเทคนิคแบบใหม่ที่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝน ดังนั้นสามารถสร้างขึ้นมาใช้งานได้โดยการนำเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งจะเป็นการลดการนำเข้าเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่ง

บทความนี้เสนอเทคนิคสำหรับตรวจวัดปริมาณน้ำฝนโดยเทคนิคการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอก ด้วยการประยุกต์ใช้หัววัดรูปทรงถึงทรงกระบอกร่วมกับวงจรบริดจ์ที่ปรับปรุงโดยที่เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนประกอบด้วยหัววัดความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอกที่สร้างจากท่อทรงกระบอกกลวงที่ทำจากวัสดุ polyvinyl chloride (PVC) และมีอิเล็กโทรดเป็นแผ่นถึงทรงกระบอกทำจากเทปอลูมิเนียมที่มีราคาถูกใช้งานง่าย พกพาสะดวก แต่มีประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการใช้งานสูงโดยมีข้อดีคือการติดตั้งที่ไม่ยุ่งยาก ราคาถูก มีความละเอียด และมีผลตอบแทนเป็นเชิงเส้น

วิธีการวิจัย

รูปแบบหัววัดความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอก

ลักษณะของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าสำหรับวัดระดับของเหลวที่อาศัยเทคนิคการวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอกแสดงโดยมีรูปแบบของหัววัดเป็นท่อทรงกระบอกกลวงที่ทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนคือ PVC (Polyvinyl chloride) และมีอิเล็กโทรดที่เป็นแผ่นถึงทรงกระบอกทำจากเทปอลูมิเนียมห่อหุ้มท่อทรงกระบอกแสดงดังรูปที่ 1 สำหรับการวิเคราะห์ค่าความจุไฟฟ้าของหัววัดความจุไฟฟ้าในกรณีที่โครงสร้างหัววัดความจุไฟฟ้าแบบถึงทรงกระบอกเมื่อมีของเหลวเป็นไดอิเล็กตริก จากรูปที่ 2a แสดงมุมมองด้านบนของแผ่นโลหะทั้งสองของแบบถึงทรงกระบอก และรูปที่ 2b แสดงแผ่นโลหะ 2 แผ่นเล็กๆที่ถูกแบ่งจากแผ่นอิเล็กโทรดถึงทรงกระบอก โดยแผ่นโลหะทั้งสองของแบบถึงทรงกระบอกจะมีรัศมีเท่ากับ และมีช่องว่างน้อยที่สุดเท่ากับ และมีความหนาของวัสดุที่ใช้ตัดแผ่นโลหะเท่ากับ

ดังนั้นการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของหัววัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกจะประยุกต์โดยใช้ทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยแบ่งแผ่นโลหะ 2 แผ่นที่อยู่ในรูปกึ่งทรงกระบอกของตัวเก็บประจุให้เป็นจำนวน n แผ่นซึ่งมีระยะห่างระหว่างแผ่นเพิ่มขึ้นเป็น Δd สมการวิเคราะห์หาค่าความจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่นเล็ก ๆ ที่มีระยะห่างกันประมาณ d และมีพื้นที่เล็ก ๆ A เมื่อทำการวัดระดับของเหลวโดยทั่วไปค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ ความจุไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าที่อยู่ต่ำกว่าของเหลว- อากาศที่เชื่อมต่อสามารถหาค่าความจุไฟฟ้าโดยแบ่งได้เป็นความจุไฟฟ้าเนื่องจากส่วนที่จุ่มลงของเหลวซึ่งมีขนาดความสูงเป็น h รวมกับความจุไฟฟ้าเนื่องจากส่วนที่เป็นอากาศซึ่งมีความสูงที่เหลือเท่ากับ $L-h$ เมื่อ L คือความยาวของท่อ ความจุไฟฟ้าของทั้งสองนี้ต่อกันแบบขนาน แต่หัววัดแบบกึ่งทรงกระบอกที่สร้างขึ้นนี้มีขอบความหนาของท่อเป็น t ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงค่าความจุไฟฟ้าเนื่องจากความหนาของท่อด้วย เมื่อกำหนดให้ความจุไฟฟ้ารวมส่วนของเหลวกับวัสดุ (C_1) และค่าความจุไฟฟ้ารวมส่วนของอากาศกับวัสดุ (C_2) โดยที่หาค่าความจุไฟฟ้ารวมได้ดังนี้

โดยที่ $C = (L-h)k_2 + hk_1$ (1)

$$\Delta d = \frac{2R-d}{2N}, A = ah = \left(\frac{\pi R-d}{N} \right) h$$

เมื่อกำหนดให้

$$k_1 = \frac{\epsilon_0(\pi R-d)}{N} \left[2 \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{\frac{t}{\epsilon_m} + \frac{2(n-1)\Delta d}{\epsilon_m} + \frac{d+2(n-1)\Delta d}{\epsilon_w}} \right) + \frac{1}{\frac{2t}{\epsilon_m} + \frac{2(R-t)}{\epsilon_w}} \right]$$

และ

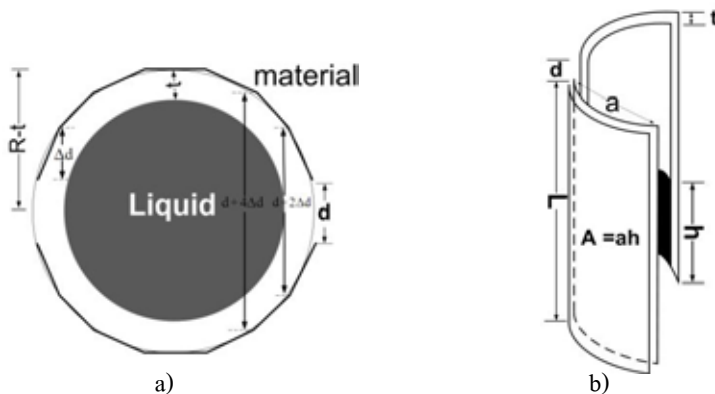
$$k_2 = \frac{\epsilon_0(\pi R-d)}{N} \left[2 \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{\frac{t}{\epsilon_m} + \frac{2(n-1)\Delta d}{\epsilon_m} + \frac{d+2(n-1)\Delta d}{\epsilon_a}} \right) + \frac{1}{\frac{2t}{\epsilon_m} + \frac{2(R-t)}{\epsilon_a}} \right]$$

เมื่อ ϵ_0 เป็นค่าสภาพยอม(Permittivity) ของอากาศว่าง(8.85 pF/m) ϵ_m เป็นค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุ ϵ_a เป็นค่าไดอิเล็กตริกของอากาศ เป็นค่าไดอิเล็กตริกของของเหลว และ A เป็นพื้นที่ของแผ่นโลหะ



ภาพที่ 1 รูปแบบของหัววัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555



ภาพที่ 2 รูปแบบสำหรับการวิเคราะห์

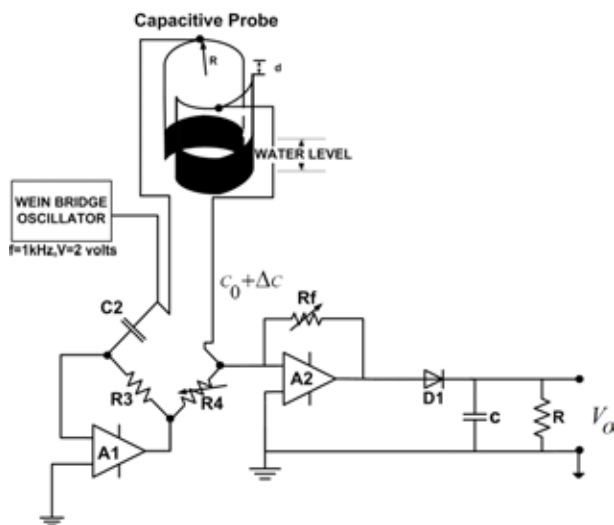
a) มุมมองด้านบน

b) โครงสร้างในการคำนวณ

วงจรที่ใช้วัดความจุไฟฟ้า

การวัดความจุไฟฟ้าของหัววัดกึ่งทรงกระบอกที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะใช้วงจรบริดจ์ที่ปรับปรุงขึ้นพร้อมวงจรขยายดังแสดงในรูปที่ 3 โดยให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายคงที่ (V) 2 โวลต์ และความถี่คงที่ (f) 1 kHz และเมื่อแรงดันออกมาผ่านไดโอดและวงจรกรองกระแสจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นเมื่อระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันด้านออกและระดับน้ำได้

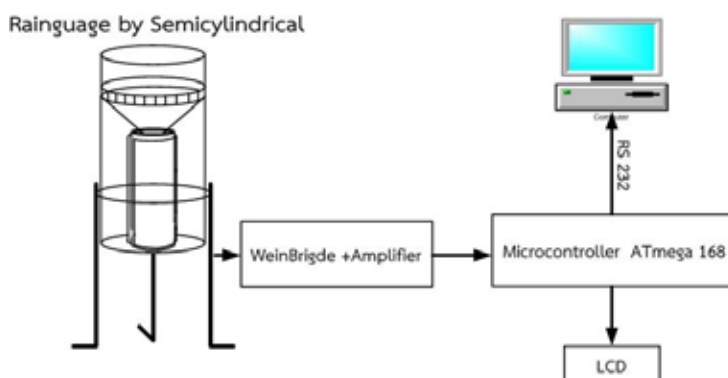
$$V_o = 2\pi f R_f V(k_1 - k_2)h \quad (2)$$



ภาพที่ 3 วงจรบริดจ์ที่ปรับปรุงเพื่อประยุกต์ใช้วัดความจุไฟฟ้าของหัววัดกึ่งทรงกระบอกเมื่อปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ การออกแบบของหัววัดปริมาณน้ำฝน และอีกส่วนคือการนำค่าที่ได้จากหัววัดไปแสดงผลยังจอ LCD และคอมพิวเตอร์ โดยรูปแบบของเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในทดลองในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วยท่อพีวีซีขนาด 8 นิ้ว สำหรับครอบคลุมหัววัดปริมาณน้ำฝน โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการได้วัดปริมาณน้ำฝนแทนก่อน กรวยขนาด 8 นิ้วสำหรับรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาซึ่งสามารถป้องกันเศษขยะหรือเศษใบไม้ต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการวัดปริมาณที่ถูกต้อง ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมวงจรวัดและแบตเตอรี่สำหรับอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดแปรเปลี่ยนเป็นค่าระดับน้ำ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ใช้ เบอร์ ATmega 168 แสดงผลบนจอ LCD และทาง HyperTerminal ทางคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการทดลอง

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

การออกแบบและผลการทดลอง

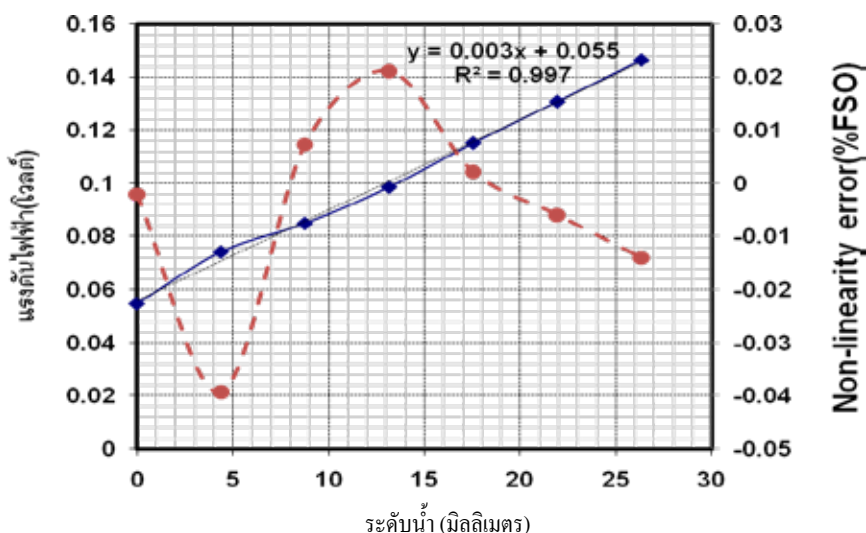
หัววัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกทำจากวัสดุท่อ PVC และแผ่นโลหะนำไฟฟ้าทำจากแผ่นเทปอลูมิเนียม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.048 เมตร ขนาดความยาวของแผ่นโลหะ 0.30 เมตร ความหนาของท่อพีวีซี เท่ากับ 0.002 เมตร และแผ่นอิเล็กทรอนิกส์วางห่างกันเป็นระยะ 0.05 เมตร วัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยวงจรบริดจ์ De-Sauty ใช้แรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่ 2 V ความถี่ 1 kHz วัดค่าปริมาณน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 300 มิลลิลิตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 50 มิลลิลิตร แต่เนื่องจากหลักการวัดปริมาณน้ำฝนใช้หลักการวัดความสูงของน้ำที่เพิ่มขึ้น คือ เป็นหน่วยของมิลลิเมตร ดังนั้นปรับเทียบค่าระดับน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 26.30 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 4.38 มิลลิเมตร

ค่าความสามารถในการทำซ้ำ(Repeatability)

วัดความจุไฟฟ้าของหัววัด ดังนั้นจะวัดค่าระดับน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 26.30 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 4.38 มิลลิเมตร และทดลองซ้ำ 20 ครั้ง จะได้ค่าความสามารถในการทำซ้ำเท่ากับ 3.33 %

ความเป็นเชิงเส้น(Linearity)

จากวงจรรูปที่ 3 วัดแรงดันไฟฟ้าออกของหัววัดค่าที่ได้จะแปรผันตรงกับระดับน้ำที่เปลี่ยนไป โดยค่าแรงดันไฟฟ้าออกจะอยู่ในช่วงมิลลิโวลต์(mV)รูปที่5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าออกและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ โดยได้ผลความไม่เป็นเชิงเส้นเท่ากับ 3.92 %FSO



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและระดับน้ำ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้หลักการวัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกที่สร้างและได้ทำการทดลองวัดปริมาณน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 26.30 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 4.38 มิลลิเมตรในแต่ละครั้ง ทดลองซ้ำ 20 ครั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะแปรผันตรงกับค่าระดับน้ำที่เปลี่ยนไป โดยแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง มิลลิโวลต์ (mV) เมื่อระยะห่างของแผ่นโลหะเป็น 0.5 เซนติเมตร ได้ผลค่าความไม่แน่นอนเชิงเส้นเป็น 3.92 % FSO ค่าความสามารถในการทำซ้ำได้ค่าเป็น 3.33% ค่าที่ได้ของการทำซ้ำอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ได้ในห้องปฏิบัติการสามารถที่จะศึกษาเพิ่มเติมไปประยุกต์และทดลองใช้ในสถานการณ์จริง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยทักษิณงบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัยเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฐาปกิตต์ ไกล่น้อย และ เอกสรศักดิ์ มลาเช็ค.(2549). สถานีวัดปริมาณน้ำฝนทางไกลแบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] สุพจน์ เจริญสุข.(2550). เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่าย. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ.
- [3] สิทธิพร สุขเกษม.(2530). อุตุณิยมิวทิยาเกษตรเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] ศุภกร กตาทิการกุล และคณะ.(2552).การศึกษาห้ววัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกเพื่อวัดระดับของเหลว.ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7, วันที่ 8-9 พฤษภาคม 2552. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [5] ศุภกร กตาทิการกุล และคณะ.(2552).เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกเพื่อวัดระดับของเหลว.ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32,วันที่ 26-30 ตุลาคม 2552 โรงแรมทวาราวดีรีสอร์ท.ปราจีนบุรี : มหาวิทยาลัยมหิดล
- [6] S.C. Bera, J.K. Ray, S. Chattopadhyay.(2006). "A low-cost noncontact capacitance- type level transducer for a conducting liquid," **IEEE Trans. Instrum. Meas.**,Vol 55,no.3, pp.778–786.