

ผลของการใช้สนามไฟฟ้าในการเพิ่ม การถ่ายเทความร้อนในของเหลวไดอิเล็กทริก

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์¹

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สันติ หวังนิพนานโต² และ จีรวรรณ เตียรธสุวรรณ³

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เพื่อการประหยัดพลังงานและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ได้มีการออกแบบเพื่อเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้แก่ การใช้ลำเจ็ท (jet) ของไหลเพื่อทำให้เกิดการปั่นป่วน รวมไปถึงการใช้สนามไฟฟ้าเป็นต้น ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการใช้สนามไฟฟ้าในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนในของเหลวไดอิเล็กทริก

ในงานวิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการศึกษาพฤติกรรมของของเหลวไดอิเล็กทริก (ใช้น้ำมันหม้อแปลง) ภายใต้สนามไฟฟ้า พารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ ขนาดของแรงดันที่ใช้ รูปแบบของอิเล็กโทรด ระยะห่างของอิเล็กโทรด และการกำหนดขั้วของอิเล็กโทรด ในส่วนที่สองเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแรงดันในสนามไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน เมื่อมีการให้ความร้อนโดยแท่งความร้อน (heater) ในน้ำมันข้างต้น

จากผลการศึกษาภายใต้สนามไฟฟ้าพบว่า ของเหลวมีการหมุนวน โดยสังเกตเม็ดพลาสติกเล็กๆ ที่ลอยในของเหลว การหมุนวนจะรุนแรงขึ้นเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น แต่ถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไปก็จะทำให้อุณหภูมิของของเหลวเกิดการแตกตัว (breakdown) เกิดการเคลื่อนตัวของประจุไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด ค่ากระแสไฟฟ้าที่แรงดันต่างๆ เมื่อรูปร่างและระยะของอิเล็กโทรดต่างกันจะให้ค่าไม่เท่ากัน เมื่อมีการสลับขั้วไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดผลแตกต่างกัน และการถ่ายเทความร้อนภายใต้สนามไฟฟ้าพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนในน้ำมันหม้อแปลง สามารถเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เทียบกับกรณีที่ไม่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า

¹ ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

² นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ

³ อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคุณภาพ คณะพลังงานและวัสดุ

Effect of Electric Field

Augmentation

Santi Wangnipparnto

King Mongkut

บทนำ

เทคนิคการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อน โดยการใช้สนามไฟฟ้า (EHD) ได้ถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้น

Sunada et.al [1] ศึกษาเปรียบเทียบผลการควบแน่น (condenser) ของน้ำยา R-113 และ R-123 ด้วยวิธีการ EHD พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นจากปกติเป็น 4 เท่า และ 6 เท่า ตามลำดับที่ความเข้มสนามไฟฟ้าเดียวกัน ที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดน้อยจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงสุด Ohadi [2] ได้ศึกษาผลการเดือด (pool boiling) ของ R-123 พบว่าสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้ 4.8 เท่าของปกติ

Yabe, A. and Maki, H. [3] ได้ทดลองหาความสามารถในการพาความร้อน (convective) และการถ่ายเทความร้อนของการเดือด (boiling) R-113 (96 wt.%) Ethanol 4 wt% EHD (electrode เป็นรูปวงแหวน และแผ่นเพลท) พบว่าการพาความร้อนจากแผ่นเพลทเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสนามไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้วยวิธีใช้สนามไฟฟ้าร่วมกับการฉีดของเหลว (EHD liquid jet) จะมากกว่าการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) ถึง 100 เท่า การถ่ายเทความร้อนของบ่อเดือด (boiling heat transfer) ด้วยวิธี EHD ในช่วงการก่อตัว (nucleate) และช่วงการส่งความร้อน (Transition) จะให้ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติ (critical heat flux) เพิ่มขึ้น 2 เท่า จะสังเกตว่าฟองอากาศจากการเดือดมีระยะในการจับตัวที่ผิวแผ่นเพลทร้อนน้อยลง

Fernandez, L.J. and Poulter, R. [4] ได้ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าตรงสูงประมาณ 30 kV ผ่านวงแหวนบาง (annular gap) พบว่าจะเกิดการเหนี่ยวนำในน้ำมันหม้อแปลง (transfer oil) อย่างรุนแรงในทิศทางที่แผ่ออกในลักษณะรูปใบไม้ (สังเกตจากเม็ด polystyrene เล็กๆ ที่ลอยในน้ำมัน), เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้การเคลื่อนที่ของเม็ดพลาสติกเร็วขึ้น และจะทำให้กระแสที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย (ณ แรงดันไฟฟ้าคงที่) อุณหภูมิของน้ำมันที่สูงขึ้น (ความหนืดต่ำ) จะทำให้การเคลื่อนที่และใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้นด้วย นอกจากนี้ได้ทำการสร้างชุดทดสอบ EHD กับการไหลแบบราบเรียบโดยใช้น้ำมันหม้อแปลงชนิดหนึ่ง เป็นสารทำงานไหลในท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25.4 mm ยาว 1 m และป้อนไฟฟ้าแรงดันสูง 0-30 kV, ทำการวัดความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหลเชิงมวลในระบบ จะพบว่าการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับด้วยวิธี EHD สามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 20 เท่าของการไหลแบบราบเรียบ ($20 < Pr < 2000$) แต่จะมีความดันลด (pressure drop) เพิ่มขึ้นเพียง 3 เท่าของปกติเท่านั้น

Ohadi, M.M, et. al [5] ได้ทดลองใช้สนามไฟฟ้า, EHD กับน้ำยาสารทำความเย็น R-134 ที่ภายในร่องแคบๆ ลึกประมาณ 1 mm เพื่อเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อน การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะทดลองในช่วงกับผนังลักษณะเรียบ กลุ่มที่สองจะใช้ท่อแบบ microfibre tube โดยจะเปลี่ยนตัวแปรการทดลองด้านความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า, ขั้วสนามไฟฟ้า, reynolds number, ปริมาณสัดส่วนที่เป็นไอ, ทิศทางการไหลขึ้น, ไหลลง และแนวนอน (upward, downward

and Horizontal) ผลการทดลองนี้จะใช้เป็นพื้นฐานในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากการทดลองพบว่าที่สภาวะ reynolds number ต่ำ และท่อลักษณะติดครีบ (microfin tube) จะทำให้การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น ขั้วแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนมีอิทธิพลน้อยมากในการเพิ่มความสามารถการถ่ายเทความร้อน

Cheung, K., et. al [6] ได้ใช้เทคนิคการนำ EHD มาช่วยในการเพิ่มความสามารถของการเดือดของน้ำยา R-134a ในกลุ่มท่อ (จะใช้หลอดตาข่ายแบบกลมหรือแบบสี่เหลี่ยมหุ้มภายนอก) และเปลี่ยนตัวแปรค่าฟลักซ์ความร้อน (heat flux) และไฟฟ้าแรงดันสูง จากการทดลองพบว่า การใช้อิเล็กโทรดแบบตาข่ายจะทำให้ง่ายในการติดตั้งมากกว่าแบบอิเล็กโทรดเดี่ยว และมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่าของแบบปกติ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้ามีค่าเพียง 2% ถึง 5% ของอัตราการถ่ายเทความร้อนรวม การเปลี่ยนแปลงของกลไกการเดือด (บันทึกภาพไว้) จะใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างผลของสนามไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น

Poulter. R. and Miller. I.A. [7] ได้สร้างชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell/Tube ภายใต้สนามไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำมันก๊าด (kerosene), น้ำมันหม้อแปลง (transformer oil) และ hexane เป็นสารทำงาน, การไหลของสารทำงานในท่อที่มีลักษณะแบบราบเรียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนแบบป้อนสนามไฟฟ้าและแบบธรรมดา พบว่าสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ 20 เท่าของปกติ ดังนั้นจะทำให้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดเล็กและใช้ต้นทุนต่ำกว่า นอกจากนี้ได้ทดสอบผลการเจือปน (impurity content) กับสารทำงาน hexane พบว่าการเจือปนด้วยสารบางอย่าง เช่น น้ำ จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่า hexane บริสุทธิ์ แต่จะเกิดการแตกตัว (breakdown) ในสารทำงานได้ง่าย

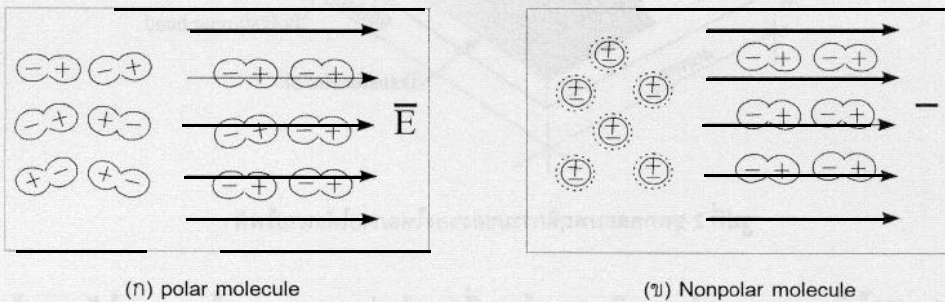
จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การป้อนสนามไฟฟ้าให้แก่ของไหลที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อน อย่างไรก็ตามการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ดีหรือไม่ดี ขึ้นกับรูปแบบของอิเล็กโทรดและตำแหน่งของอิเล็กโทรด

สำหรับประเทศไทย ได้มีการศึกษาวิจัยนำหลักการของสนามไฟฟ้าไปใช้ในงานต่างๆ เช่น การกำจัดฝุ่น และการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูงในการผลิตโอโซนเพื่อบำบัดน้ำเสีย แต่ยังไม่มีการศึกษาด้านการนำสนามไฟฟ้ามาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นจึงได้จัดทำงานวิจัยด้านนี้ขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนรูปแบบต่างๆ ในการศึกษานี้จะพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคของของเหลวโดยใช้เม็ดพลาสติกเล็กๆ ซึ่งลอยในน้ำมัน ภายใต้สนามไฟฟ้า โดยใช้ของไหลไดอิเล็กทริก คือน้ำมันหม้อแปลงเป็นสารทำงาน โดยเปลี่ยนตัวแปรด้านรูปร่างของอิเล็กโทรด, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อรับประจุ, ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกัน และลักษณะขั้วไฟฟ้า (polarity)

นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในสารทำงานไดอิเล็กทริกเมื่ออยู่หนึ่งภายใต้สนามไฟฟ้า ไดอิเล็กทริกเป็นของไหลที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง โมเลกุลของของไหลดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบ polar molecule และแบบ nonpolar molecule

Polar molecule ประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบ แยกห่างกันเสมือน electric dipole ขนาดเล็กวางตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่อนำไปวางในสนามไฟฟ้า โมเลกุลแบบนี้จะถูกสนามไฟฟ้าบังคับให้หมุนตัวไปตามทิศทางสนามไฟฟ้าดังรูปที่ 1(ก) และจะแสดงคุณสมบัติการโพลาไรซ์ (Polarized) ออกมา

Nonpolar molecule ประกอบด้วยประจุบวกและลบที่มีจุดถ่วงร่วมกัน ดังรูปที่ 1(ข) เมื่อมีสนามไฟฟ้ามากกระทำ, ประจุบวกและลบในโมเลกุลจะสามารถแยกออกจากกันเล็กน้อย และแสดงสภาวะ electric dipole ออกมา โมเลกุลแบบ nonpolar ซึ่งถูก polarized จะเรียกว่า induced dipoles



รูปที่ 1 ประเภทของของไหลไดอิเล็กทริก

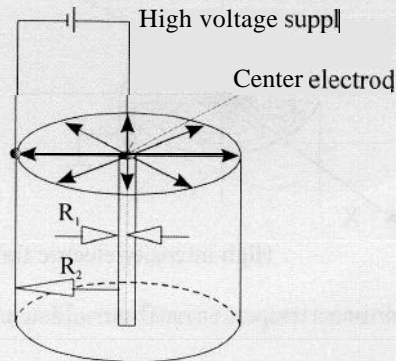
พฤติกรรมของของไหลไดอิเล็กทริกภายใต้สนามไฟฟ้า

รูปที่ 2 แสดงชุดทดสอบการหมุนของน้ำมันหม้อแปลง ภายใต้สนามไฟฟ้า อิเล็กโทรดที่ใช้ในการปล่อยประจุ จะเป็นลวดในแนวตั้งจุ่มลงในน้ำมันหม้อแปลง และอิเล็กโทรดที่เป็นตัวรับมีลักษณะเป็นวงแหวนจุ่มอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง รูปแบบและขนาดของอิเล็กโทรดทั้งสอง จะแสดงในตารางที่ 1 การหมุนของของเหลวภายใต้สนามไฟฟ้า แสดงโดยการใส่เม็ดพลาสติกเล็กๆ ลงในของเหลวซึ่งอยู่ภายในวงแหวน ในการศึกษาจะดูลักษณะการหมุนภายใต้แรงดันไฟฟ้าค่าต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นเมื่อใช้อิเล็กโทรดลักษณะแตกต่างกัน

(5)

Tube

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อน และ r คือ รัศมีใดๆ จากจุดศูนย์กลางแท่งอิเล็กโทรดที่ปลดปล่อยประจุ

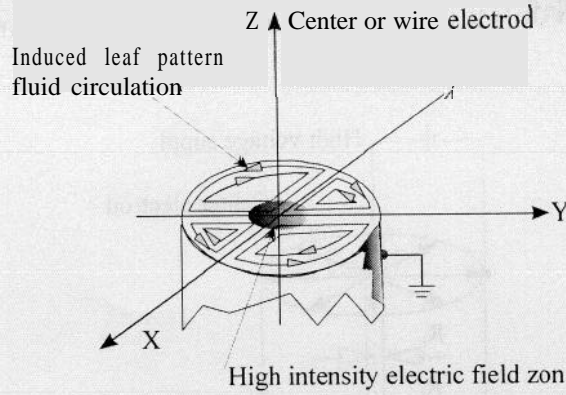


รูปที่ 3 ลักษณะสนามไฟฟ้าระหว่างแท่งอิเล็กโทรดและท่อวงแหวน

ตารางที่ 1 รูปแบบของอิเล็กโทรด และเงื่อนไขในการทำงาน

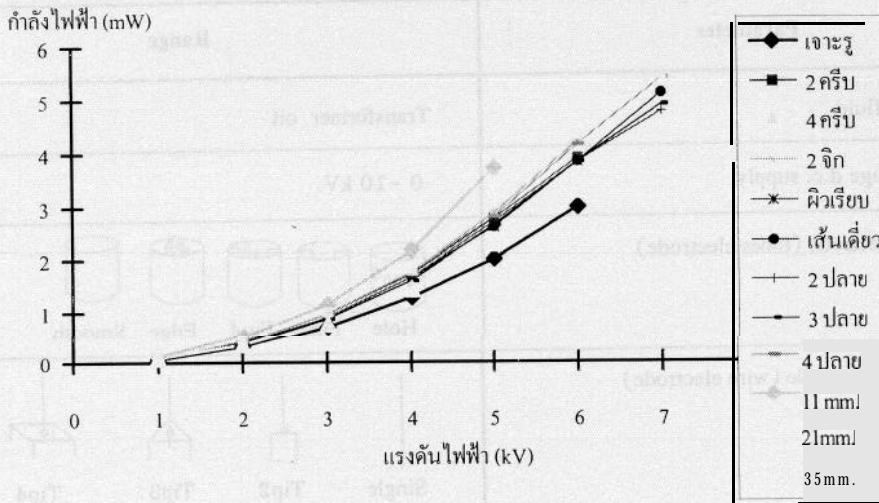
Parameter	Range
Working fluid	Transformer oil
High voltage d.c.l supply	0 -10 kV.
Receive electrode (tubes electrode)	 Hole Fin2 Fin4 Edge Smooth
Dissipated electrode (wire electrode)	 Single Tip2 Tip3 Tip4
Diameter of tubes	∅ 11, 22, 28, and 35 mm.
Polarity	⊕ , ⊕

จากสมการ บริเวณใกล้ลวดมากที่สุดจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงมาก และเมื่อระยะ r ห่างออกไปจากกึ่งกลางความเข้มสนามไฟฟ้าจะเบาบาง ปกติน้ำมันหม้อแปลงจะมีสภาพเป็นกลาง ดังนั้นเมื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่บริเวณที่มีความเข้มสนามไฟฟ้าสูงจะทำให้เกิดขั้วประจุไฟฟ้าออกมา และถูกแรงดึงดูดเข้าสู่ใจกลางลวดอิเล็กโทรดอย่างรวดเร็วเพื่อปลดปล่อยและรับประจุ จนกระทั่งถูกผลักรออกไป (เนื่องจากประจุขั้วเดียวกัน) อย่างรวดเร็ว เพื่อไปปลดปล่อยและรับประจุที่ผิวท่อ จนกระทั่งถูกผลักรออกไปอีก ซึ่งจะสังเกตการเคลื่อนที่ของเม็ดพลาสติกในของเหลวได้ดังในรูปที่ 4 ลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็น 3 มิติ คือ ในระนาบรัศมีของท่อ (หมุนวนไปมาและเคลื่อนที่เข้าออก) ได้อย่างรวดเร็วในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสูง) และในแนวแกนของลวดอิเล็กโทรด และการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า



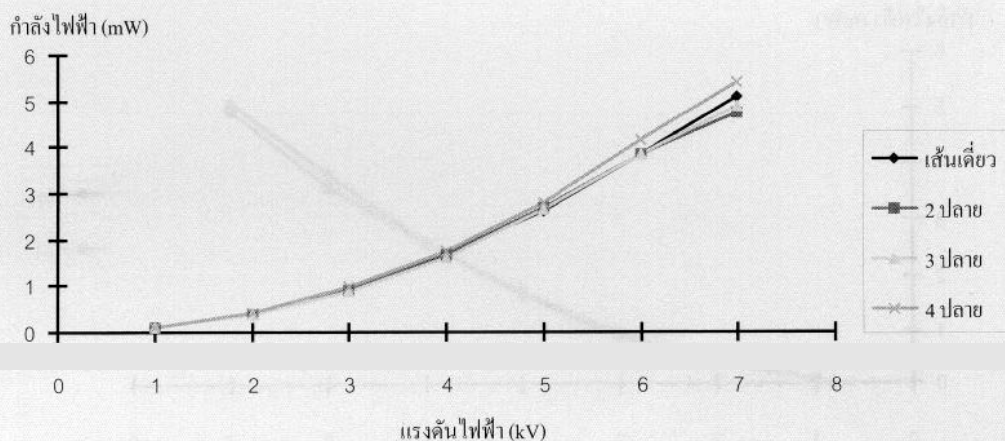
รูปที่ 4 ลักษณะการหมุนวนของของไหลภายใต้สนามไฟฟ้า

จากสมการ (1) แรงที่กระทำต่ออนุภาคในของไหลยังขึ้นกับรูปของอิเล็กโทรด และระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด แต่ในการทดสอบนี้จะสังเกตด้วยตาไม่สามารถบอกความแตกต่างๆ ได้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับอิเล็กโทรดรูปแบบต่างๆ สามารถแสดงในรูปที่ 5-8



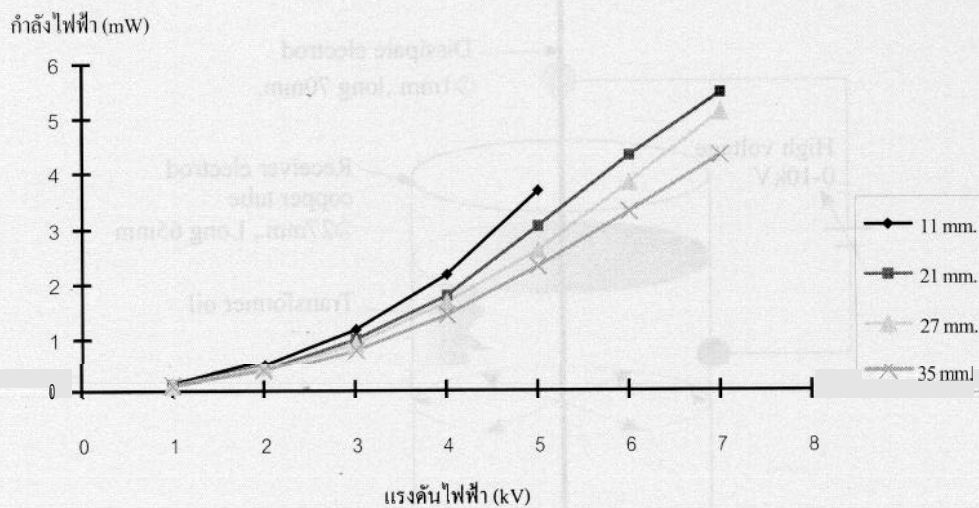
รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้า เมื่อเปลี่ยนตัวแปรด้านแรงดันไฟฟ้า ลักษณะลวดอิเล็กโทรดที่จ่ายประจุ และท่ออิเล็กโทรดที่รับประจุมีลักษณะต่างๆ กัน

รูปที่ 5 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนค่าแรงดัน ในกรณีที่ใช้อิเล็กโทรดรูปแบบต่างๆ กัน จากรูปจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ใช้อิเล็กโทรดแบบลวด และตัวรับเป็นแบบท่อเรียบที่มีระยะห่างน้อย จะใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุด ในขณะที่ตัวรับเป็นท่อเจาะรู พื้นที่ผิวรับประจุน้อยลง ก่อให้เกิดค่าความจุไฟฟ้าน้อยลง ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าที่ป้อนน้อยลงด้วย จากรูปยังเห็นได้ว่ากรณีท่อเรียบติดครีบทำให้ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างอิเล็กโทรดน้อยลง ทำให้ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่ากรณีท่อเรียบเพราะมีกระแสไหลซึมผ่านของไหลได้ง่าย และทุกรูปแบบเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้า เมื่อลวดอิเล็กโทรดที่ปล่อยประจุมีรูปแบบต่างๆ และอิเล็กโทรดตัวรับมีลักษณะเป็นท่อเรียบ

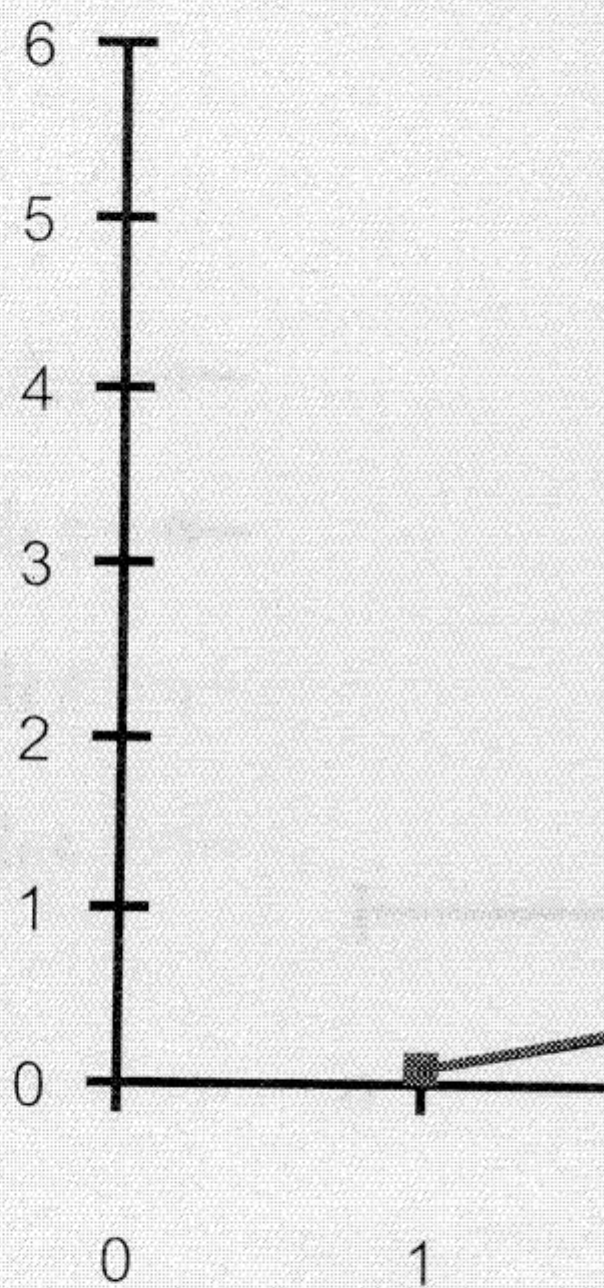
รูปที่ 6 แสดงค่ากำลังไฟฟ้า เมื่อลวดอิเล็กโทรดที่ปล่อยประจุมีรูปแบบต่างๆ กัน เพื่อศึกษาถึงการเกิดความไม่สม่ำเสมอของความเข้มสนามไฟฟ้า จากผลการทดสอบ ลักษณะของอิเล็กโทรดที่เป็นตัวปล่อยประจุไม่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้มากเท่าใดนัก โดยทุกรูปแบบให้ผลใกล้เคียงที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ กัน อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีลักษณะ 4 ขา มีแนวโน้มที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่ารูปแบบอื่น



รูปที่ 7 ผลของระยะห่างระหว่างประจุ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออิเล็กโทรดที่เป็นตัวรับประจุแบบผิวท่อเรียบ

รูปที่ 7 แสดงผลของระยะห่างอิเล็กโทรดแบบขาเดียวกับขนาดท่อรับประจุที่มีขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อระยะห่างน้อย (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อรับประจุมีค่าน้อย) การใช้กำลังไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยสามารถทำให้ความเข้มสนามไฟฟ้าสูง ซึ่งจะง่ายต่อการ break down กล่าวคือของเหลวไดอิเล็กทริกไม่สามารถเป็นฉนวนไฟฟ้าได้เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น จากรูป กรณีย่ออิเล็กโทรดที่รับประจุมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 mm ค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สามารถป้อนเกิน 5 kV เนื่องจากการแตกตัว (Break down) เกิดขึ้น

กำลังไฟฟ้า (mW)



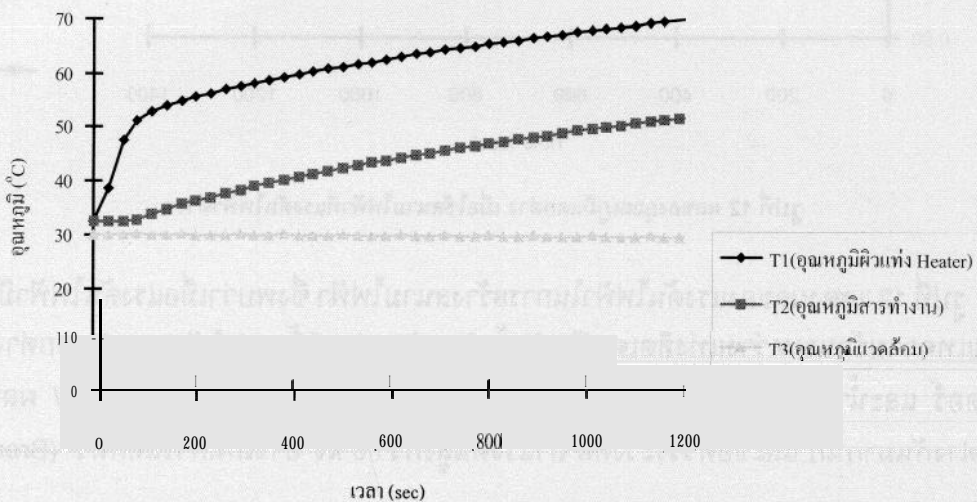
ลวดอิเล็กทรอนิกส์ที่จ่ายประจุจะจุ่มอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง และท่อทองแดงจะทำหน้าที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์รับประจุ ภายในน้ำมันหม้อแปลงจะมีแท่งลวดความร้อนขนาด 100 W ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับน้ำมันหม้อแปลงได้ และชุดทดสอบนี้มีการหุ้มฉนวนความร้อนอย่างดี

ค่าอัตราการความร้อนสุทธิที่จ่ายให้แก่้ำมันสามารถคำนวณโดย

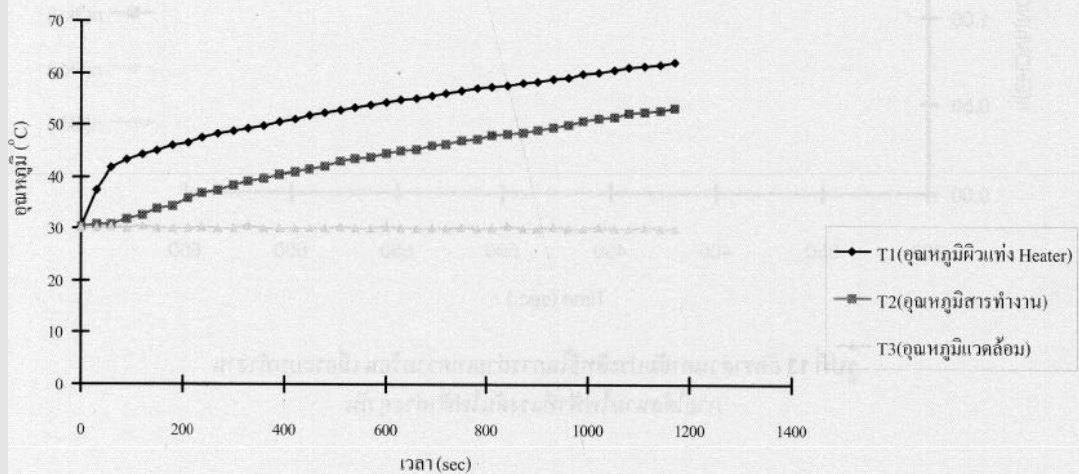
$$Q = hA(T_h - T_f) \quad (3)$$

หรือ
$$h = Q / A(T_h - T_f) \quad (4)$$

เมื่อ T_h คือ อุณหภูมิผิว heater และ T_f คือ อุณหภูมิของน้ำมันหม้อแปลงเฉลี่ย

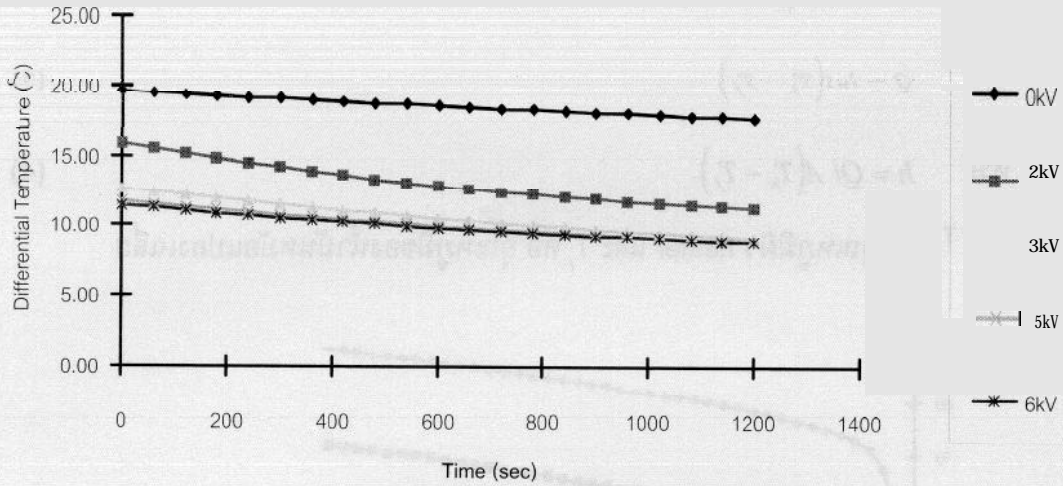


รูปที่ 10 อุณหภูมิแท่งฮีตเตอร์และน้ำมัน เมื่อมีการจ่ายพลังงานที่แท่งฮีตเตอร์ 2 W โดยไม่มีสนามไฟฟ้า



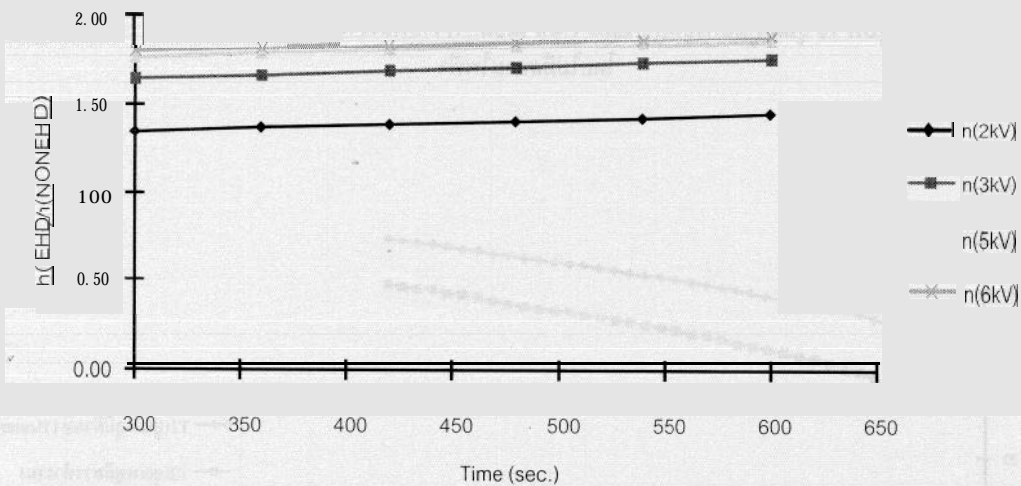
รูปที่ 11 อุณหภูมิแท่งฮีตเตอร์และน้ำมัน เมื่อมีการป้อนพลังงานที่ฮีตเตอร์ 2 W ภายใต้สนามไฟฟ้า (ป้อนแรงดันไฟฟ้า 6 kV)

รูปที่ 10 และ 11 แสดงอุณหภูมิของแท่งฮีตเตอร์และน้ำมัน เมื่อมีการป้อนกำลังไฟฟ้าที่ฮีตเตอร์ โดยไม่มีและมีการป้อนสนามไฟฟ้ากระทำกับน้ำมันตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างผิวแท่งฮีตเตอร์และน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น เมื่อทำงานภายใต้สนามไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการหมุนวนของของไหลดีขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้อย่างสะดวก



รูปที่ 12 ผลของอุณหภูมิแตกต่าง เมื่อใช้สนามไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ

รูปที่ 12 แสดงผลของแรงดันไฟฟ้าในการสร้างสนามไฟฟ้า ซึ่งพบว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนระหว่างแท่งฮีตเตอร์ไปยังน้ำมันหม้อแปลงดีขึ้น ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างผิวฮีตเตอร์ และน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกันขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อแรงดันเกิน 5 kW ผลที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันมากนัก และข้อควรระวังคือ ถ้าแรงดันสูงกว่า 6 kV อาจเกิดการแตกตัว (Breakdown)



รูปที่ 13 อัตราส่วนค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน เมื่อระบบทำงาน ภายใต้สนามไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ กัน

รูปที่ 13 แสดงอัตราส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนเมื่อระบบทำงานภายใต้สนามไฟฟ้า และไม่มีสนามไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนเมื่อระบบทำงานภายใต้สนามไฟฟ้า สามารถเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของในกรณีที่ไม่ได้อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า

สรุป

จากการศึกษาผลของตัวแปรด้าน แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้า, โครงสร้างของอิเล็กโทรด, ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดและขั้วไฟฟ้าที่มีต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคของเหลว และการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในของเหลวไดอิเล็กตริกภายใต้สนามไฟฟ้า สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. อิทธิพลของแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดความเข้มสนามไฟฟ้า จะเป็นตัวบังคับความเร็วของอนุภาคให้เคลื่อนที่ได้มากหรือน้อย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการพาความร้อนในของเหลว แต่การเพิ่มของสนามไฟฟ้าจะกระทำได้ที่แรงดันค่าหนึ่งก่อนเกิดสภาวะแตกตัว (breakdown) เนื่องจากข้อจำกัดของชนิดและคุณสมบัติของเหลวไดอิเล็กตริก รวมทั้งระยะห่างของอิเล็กโทรด

2. การเคลื่อนที่ของอนุภาคซึ่งเกิดจากแรงดูดและผลักระหว่างประจุไฟฟ้าที่อิเล็กโทรดและอนุภาคของของเหลว จะมีลักษณะหมุนวนในแนวรัศมีของท่อ และแนวแกนกลาง (central electrode) ภายใต้สนามไฟฟ้า

3. เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้อิเล็กโทรดค่าหนึ่ง จะพบว่าโครงสร้างของอิเล็กโทรด, ระยะห่างอิเล็กโทรด จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคแตกต่างกันน้อยมากเมื่อมองด้วยตา

4. ความเข้มของสนามไฟฟ้าจะมีผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้จริง และสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในของเหลวที่อยู่หนึ่งได้ประมาณ 2 เท่าของสภาวะที่ไม่ป้อนสนามไฟฟ้า

การใช้สนามไฟฟ้าช่วยในการไหลเวียนของของไหลเป็นเทคนิคที่น่าสนใจ เนื่องจากใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการสร้างสนามไฟฟ้า แต่สามารถช่วยในการหมุนวนของของไหล ซึ่งช่วยในการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ดี ซึ่งจะทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็กลง ลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก

เอกสารอ้างอิง

1. Sunada, K., and et al, 1991, Experimental study of EHD pseudo-dropwise condensation, Proceedings of the third ASME/JSME Thermal Engineering Conference, Vol. 3, pp. 47-53.
2. Ohadi, M.M., 1991, Heat transfer enhancement in heat exchangers, ASHRAE Journal, December, pp. 42-50.

3. Yabe, A. and Maki, H., 1988, Augmentation of convective

by applying an electro-hydrodynamical liquid jet,

Vol. 80, No. 10, pp. 2125-2136.

4. Fernandez, J. and Poulter,

enhanced forced heat transfer in tube,

10, pp. 2125-2136.

5. Ohadi, M., et al., 1995, EHD-enhanced convective bo

channels-application to compact heat exchangers,