

การวิเคราะห์ทางความร้อนและการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนที่มีการสอดใส่แผ่นกั้นการไหล ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

ศุขมา โชคเพิ่มพูน¹, สุริยา โชคเพิ่มพูน^{2*}, สมพร หงษ์กัง³, ตะวัน ตั้งโกศล⁴ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์⁵

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ
จังหวัดสกลนคร

59 หมู่ 1 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

^{2*,3,4}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

199 หมู่ 3 ถนนพังโคน-วาริชภูมิ ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

⁵สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชิงทดลองและการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายถึงการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อกลมที่มีการสอดใส่ครีบบาง การทดสอบกระทำภายใต้สภาวะพลักซ์ความร้อนที่ผิววงกบในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนที่เลขเรย์โนลด์ ($Re=5300-24,000$) ผลการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันแสดงอยู่ในพจน์เลขนัยสเกลาร์ (Nu) และในพจน์ของตัวประกอบเสียดทาน (f) ตามลำดับ ปีกบางที่ใช้ในการทดสอบมีมุมปะทะการไหลเท่ากับ 45° ที่อัตราส่วนความสูงปีกแตกต่างกันจำนวน 3 ค่า ($BR=e/D=0.1, 0.15$ and 0.2) และอัตราส่วนระยะพิชิตต์แตกต่างกันจำนวน 4 ค่า ($PR=P/D=0.5, 1.0, 1.5$ and 2.0) ซึ่งปีกบางจะถูกสอดใส่ในช่วงท่อทดสอบและให้ปีกบางลอยอยู่บริเวณกลางหน้าตัดท่อ พบว่าค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนค่าอยู่ระหว่าง $1.06-1.42$ ในขณะการทำนายค่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำสูงให้ค่า R^2 สูงสุดของการศึกษาภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 0.9945 เมื่อเลือกใช้การฝึกการเรียนรู้แบบ Trainlmร่วมกับฟังก์ชันการแปลงที่ขึ้นข้อมูลขาเข้าแบบ Tansig และฟังก์ชันการแปลงที่ขึ้นข้อมูลขาออกแบบ Purelin

คำสำคัญ: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, ปีกบาง, เลขนัยสเกลาร์, สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน, โครงข่ายประสาทเทียม

Thermal and Fluids Flow Analysis in Heat Exchanger Inserted with Baffles Using Artificial Neural Networks

Susama Chokphoemphun¹, Suriya Chokphoemphun^{2*}, Somporn Hongkong³, Tawan Tangkosol⁴ and Pongjet Promvonge⁵

¹ Electrical And Computer Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University, Chulalongkornrajavidyalaya University SakonNakhon Province Campus.

59 Moo 1 ChiangkruaMuangSakonNakhon 47000

^{2*, 3, 4} Mechanical Engineering Department, Faculty of Industrial and Technology, Rajamangala University of Technology IsanSakonNakhon Campus

119 Moo 3 Pangkon-varitpoom Rd. pangkonSakonNakhon 47160

⁵ Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology LadkrabangChalongkrung Rd.Ladkrabang, Bangkok 10520

Abstract

This work presents an experimental study and the use of artificial neural network (ANN) models to simulate the heat transfer and friction factor in a round tube heat exchanger inserted with baffles. The experiment was conducted in a uniform wall heat-fluxed tube by varying turbulent airflow for Reynolds number ($Re=5300-24,000$). The present results on the heat transfer and flow friction characteristics are displayed in terms of Nusselt number (Nu) and friction factor (f), respectively. In the present work, the winglet with an attack angle of 45° and three different winglet-height or blockage ratios ($BR=e/D=0.1, 0.15$ and 0.2) and four different winglet pitch ratios ($PR=P/D=0.5, 1.0, 1.5$ and 2.0) were inserted and placed in the core flow area into the test tube. The experimental results indicate that the tube with the baffle inserts provides thermal enhancement factor (TEF) around $1.06-1.42$. Predictions for TEF by using the ANN are providing the high precision; the maximum R^2 of around 0.9945 when the use of Trainlm training function with the transfer function of input and output layer is Tansig and Purelin are respectively.

Keywords: heat exchanger, winglets, Nusselt number, thermal enhancement factor, neural network

1.บทนำ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนับเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในงานทางด้านวิศวกรรมของระบบอุตสาหกรรม ดังนั้นหากสามารถทำให้สมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีค่ามากขึ้นย่อมก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานอุตสาหกรรมทั้งในแง่การประหยัดพลังงานและการลงทุน จึงได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการแบบต่างๆ ทั้งการศึกษาเชิงทดลองและการศึกษาเชิงวิเคราะห์

Promvonge [1] ได้นำเสนอผลการศึกษาลงถึงค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้ชุดหลอดหน้าตัดสี่เหลี่ยมกับชุดหลอดหน้าตัดวงกลมในขณะที่ Murugesan และคณะ [2] ทำการศึกษาถึงการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยอิทธิพลใบพัดที่มีการตัดขอบเป็นช่องสี่เหลี่ยมที่อัตราส่วนการบิดค่าต่างๆ Tanda [3] ศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยการใช้ครีบบางขวางที่มีลักษณะแบบต่อเนื่องและแบบแยกตัว ผลนิมิตรและคณะ [4] นำเสนอผลการศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับการใช้ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนชนิดแหวนกรวยวงรีตัดเพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อน Eiamsa-ard และ Promvonge [5] อาศัยการศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับทำนายพฤติกรรมทางความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการเจาะร่อง Islamoglu และ Kurt [6] ทำการวิเคราะห์การถ่ายโอนความร้อนในช่องขนานที่มีพื้นผิวแบบลูกฟูกโดยอาศัยโครงข่ายประสาทเทียม ในขณะที่ Nasr [7] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการใช้ชุดหลอด

จากลักษณะการศึกษาวิจัยที่มีลักษณะความหลากหลายของรูปแบบการศึกษาซึ่งมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบการศึกษา ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำการศึกษาทั้งสองรูปแบบประยุกต์ใช้ร่วมกันโดยการนำหลักการของโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการร่วมทำนายผลการศึกษาวิจัยถึงการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สอดใส่แผ่นกั้นการไหลเพื่อลดขอบเขตของการศึกษาเชิงทดลอง

2.ทฤษฎี

2.1 การถ่ายเทความร้อน

ค่าการถ่ายเทความร้อนคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ได้รับโดยของไหลทำงานกับปริมาณการพาความร้อนที่เกิดขึ้นและนำเสนออยู่ในรูปของเลขนัสเซลล์ตามเอกสารอ้างอิงของ Incropera [8] ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Nu = hD/k \quad (1)$$

เมื่อ h คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, D คือเส้นผ่านของท่อและ k คือค่าการนำความร้อนของของไหลทำงาน

2.2 ตัวประกอบความเสียดทาน

ค่าตัวประกอบความเสียดทานเป็นตัวแปรไร้มิติของค่าความดันตกคร่อมสำหรับการไหลภายในท่อ ดังที่นำเสนอในสมการที่ (2)

$$f = \frac{2}{(L/D_h)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \quad (2)$$

เมื่อ ΔP คือความดันตกคร่อมบริเวณท่อทดสอบ, L คือความยาวท่อช่วงทดสอบ, ρ คือความหนาแน่นของของไหลทำงาน และ U คือความเร็วเฉลี่ยในแนวแกน โดยคุณสมบัติของอากาศพิจารณาที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศขาเข้าและขาออก (T_b)

2.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน(TEF)จะพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปตามเอกสารอ้างอิงของWebb [9] โดยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราส่วนของเลขนัสเซลล์จากท่อที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนต่อตัวเลขเซลล์จากท่อที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อน(Nu/Nu_0) ในทำนองเดียวกันอัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทานสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราส่วนของตัวประกอบความเสียดทานจากท่อที่มีการ

ติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนต่อตัวประกอบ ความเสียหายจากท่อที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่ม การถ่ายเทความร้อน(f/f_0) อัตราส่วนทั้งสองถูกนำไป ประยุกต์สำหรับค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมกำลังทำงานของปั๊มคงที่ ตาม สมการที่ (3)

$$\eta = \left(\frac{Nu}{Nu_0} \right) \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1/3} \quad (3)$$

2.4 โครงข่ายประสาทเทียม

ธนวุฒิ ประกอบผล[10]กล่าวว่าโครงข่ายประสาทเทียม เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ที่เน้นด้านการ คำนวณและได้รับแรงบันดาลใจจากโมเดลทางชีวภาพ โดยมีความพยายามที่จะลอกเลียนความสามารถของสมองมนุษย์

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อมูลป้อนเข้า (input) เป็นข้อมูลที่ป้อนตัวเลข หาก เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพต้องแปลงให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณที่ โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้
2. ข้อมูลส่งออก (output) คือผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงจาก กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม
3. ค่าน้ำหนัก (weights) คือสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของ โครงข่ายประสาทเทียม ค่าน้ำหนักจะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่นๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน
4. ฟังก์ชันผลรวม (summation function) เป็นผลรวม ของข้อมูลป้อนเข้าและค่าน้ำหนัก
5. ฟังก์ชันการแปลง (transfer function) เป็นการ คำนวณการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

3.อุปกรณ์การทดลอง

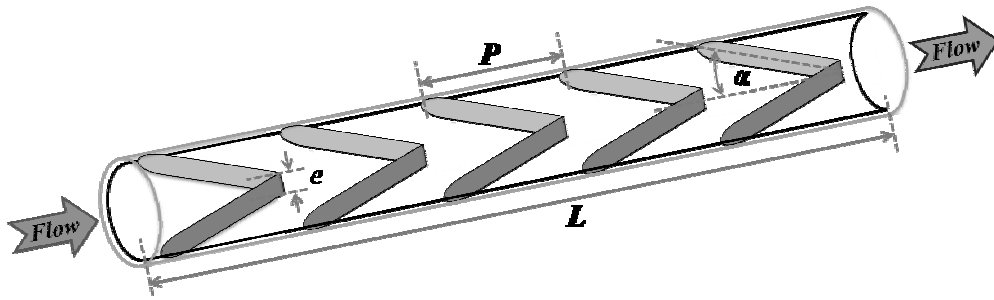
3.1การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

ชุดทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะใช้อากาศเป็น ของไหลทำงาน โดยมีพัดลมความดันสูงขนาด 1.5 kW ทำ หน้าที่จ่ายอากาศเข้าสู่ระบบซึ่งควบคุมความเร็วของพัดลม ผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้ปริมาณอัตราการไหลของอากาศ ที่ต้องการ อัตราการไหลของอากาศคำนวณได้จากการวัดค่า

ความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิส โดยอ่านค่าความดันตกคร่อม ผ่านมาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K จำนวน 24 ถูกใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิผิวท่อและเทอร์ โมคัปเปิ้ลชนิด RTD PT-100 จำนวน 2 ตัวใช้สำหรับวัด อุณหภูมิของอากาศขาเข้าและขาออกจากท่อทดสอบซึ่งถูก ติดตั้งที่ต้นทางเข้าและปลายทางออกของท่อทดสอบ ค่า อุณหภูมิทั้งหมดจะแสดงผลผ่านเครื่องแสดงและบันทึกผล อุณหภูมิ ท่อทดสอบเป็นท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายใน 50.8 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร มีความ ยาวทั้งสิ้น 3000 มิลลิเมตร แบ่งเป็นช่วงทดสอบยาว 1000 มิลลิเมตร ผนังด้านนอกของช่วงท่อทดสอบมีการติดตั้งฮีต เทอร์สำหรับให้ความร้อนภายใต้สภาวะเงื่อนไขพลศาสตร์ความ ร้อนคงที่และมีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนสูญเสีย ออกจากระบบ เครื่อง Digital manometer ถูกใช้สำหรับ อ่านค่าความดันตกคร่อมที่วัดได้จากจุดวัดค่าความดันที่อยู่ คร่อมช่วงท่อทดสอบ

3.2 แผ่นกันการไหล

ขอบเขตของลักษณะชิ้นงานทดสอบสำหรับเป็นอุปกรณ์ สร้างความปั่นป่วนเพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและค่า สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อกลม โดยมีลักษณะเป็นปีกรูป ตัววีชี้ตามกระแสการไหลดังรูปที่ 1 ทำจากแผ่นอะลูมิเนียม บางมีความหนา 0.3 มิลลิเมตร ติดตั้งบนโครงลวดครึ่ง วงกลมโดยให้ชิ้นงานลอยอยู่บริเวณกึ่งกลางท่อทดสอบ โดย ทำการศึกษาอิทธิพลของมุมปะทะการไหลเท่ากับ 45° ที่ อัตราส่วนการขวางการไหล จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 0.1, 0.15 และ 0.2 และอัตราส่วนระยะพิตต์เท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0



รูปที่ 1 แผนกั้นการไหล

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

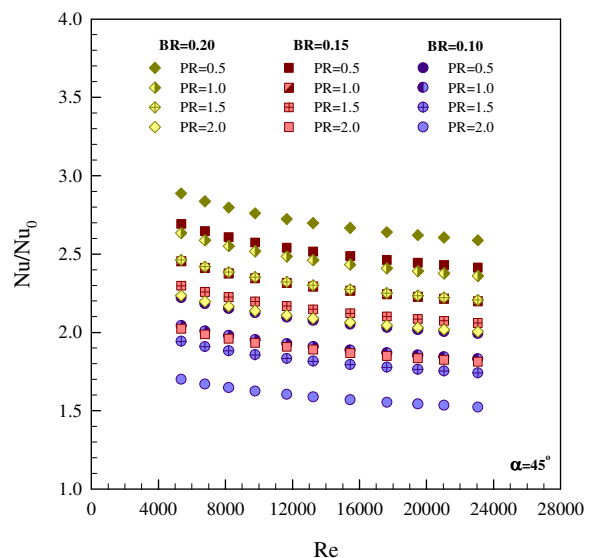
4.1 การทดสอบท่อผิวเรียบ

เลขนัสเซลท์และตัวประกอบความเสียดทานที่ได้จากชุดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ท่อผิวเรียบจะได้รับการทดสอบโดยเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับสหสัมพันธ์ของ Dittus-Boelter สำหรับเลขนัสเซลท์และสหสัมพันธ์ของ Blasius สำหรับตัวประกอบความเสียดทานตามเอกสารอ้างอิง Incropera FP และคณะ [8] พบว่าเลขนัสเซลท์และตัวประกอบความเสียดทานมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ $\pm 5\%$ และ $\pm 6\%$ ตามลำดับ

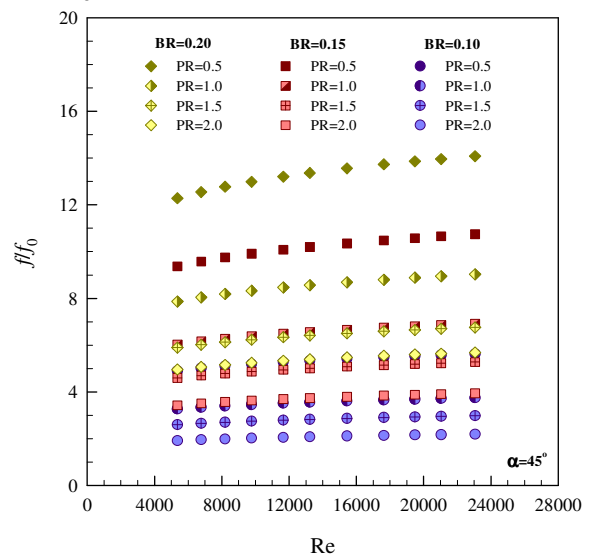
4.2 การถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลท์ (Nu/Nu_0) กับเลขเรย์โนลด์ (Re) พบว่าทุกกรณีปีกรูปตัววีซึ่งตามกระแสการไหลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่ากรณีท่อผิวเรียบ แนวโน้มค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลท์มีค่าลดลงเมื่อความเร็วของไหลไหลเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสำหรับการทดสอบปีกรูปตัววีซึ่งตามกระแสการไหลที่ $BR=0.1$, 0.15 และ 0.2 เท่ากับ 2.07 , 2.53 , 2.71 ; 1.92 , 2.31 , 2.47 ; 1.82 , 2.16 , 2.31 และ 1.60 , 1.90 , 2.10 เท่าของท่อผิวเรียบที่ $PR=0.5$, 1.0 , 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่ PR เดียวกัน พบว่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนการขวางการไหลมีค่ามากขึ้น โดย $BR=0.2$ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าที่ $BR=0.15$ และ 0.1 ประมาณ 7% และ 29% ตามลำดับ และการถ่ายเทความร้อนจะค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนระยะพิตต์มีค่าลดลงสำหรับที่อัตราส่วนการขวาง

การไหลใดๆ โดยที่ $PR=0.5$ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าที่ $PR=1.0$, 1.5 และ 2.0 ประมาณ 9% , 16% และ 31% ตามลำดับ



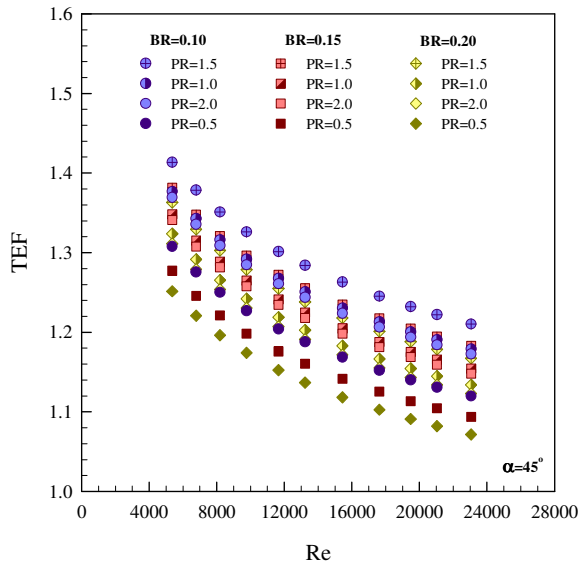
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re

4.3 ตัวประกอบความเสียดทาน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทาน (f/f_0) กับความเร็วของการไหล (Re) กรณีปีกรูปตัววีชี้ตามกระแสการไหลแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง TEF กับ Re

พบว่า การสอติใส่กรณีปีกรูปตัววีชี้ตามกระแสการไหล ทุกกรณีศึกษาทำให้ค่าความเสียดทานของการไหลภายในท่อเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยสำหรับที่ BR=0.1, 0.15 และ 0.2 เท่ากับ 5.31, 10.15, 13.30; 3.54, 6.53, 8.53; 2.81, 4.99, 6.39 และ 2.069, 3.72, 5.37 เท่าของท่อผิวเรียบที่ PR=0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ ตัวประกอบความเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนการขวางการไหลมีค่ามากขึ้นและที่อัตราส่วนระยะพิศดมีค่าลดลง ที่ BR=0.2 ให้ค่าตัวประกอบความเสียดทานสูงกว่าที่ BR=0.15 และ 0.1 ประมาณ 32% และ 141% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกัน พบว่าที่ PR=0.5 ให้

กรณีรูปแบบการเรียนรู้เป็นดังนี้

กรณีการใช้การเรียนรู้แบบ Trainlm จะให้ค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.9945 เมื่อเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาเข้าแบบ Tansig และฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาออกแบบ Purelin ซึ่งเป็นค่า R^2 สูงสุดของการศึกษาภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้ส่วนกรณีการใช้การเรียนรู้แบบ Trainbr จะให้ค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.9260 เมื่อเลือกใช้

ค่าตัวประกอบความเสียดทานสูงกว่าที่ PR=1.0, 1.5 และ 2.0 ประมาณ 53%, 103% และ 172% ตามลำดับ

4.4 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนกับความเร็วของการไหล (Re) กรณีปีกรูปตัววีชี้ตามกระแสการไหลแสดงในรูปที่ 4 พบว่าค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วของการไหลมีค่าสูงขึ้น การสอติใส่กรณีปีกรูปตัววีชี้ตามกระแสการไหลที่ PR=0.5, 1, 1.5 และ 2 ให้ค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วงระหว่าง 1.12–1.31, 1.18–1.38, 1.21–1.41, 1.17–1.37; 1.09–1.28, 1.15–1.35, 1.18–1.38, 1.15–1.34 และ 1.07–1.25, 1.13–1.32, 1.17–1.36, 1.12–1.31 สำหรับที่ BR=0.1, 0.15 และ 0.2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหลและอัตราส่วนระยะพิศดที่มีต่อค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน พบว่าที่อัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกันค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงสุดและต่ำสุดเกิดขึ้นที่ PR=1.5 และ 0.5 ตามลำดับ ที่ PR=1.0 ให้ค่าใกล้เคียงกับที่ PR=2.0 และเมื่ออัตราส่วนการขวางการไหลลดลงจะให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงสุดสำหรับกรณีปีกรูปตัววีชี้ตามกระแสการไหล เท่ากับ 1.41 ที่ $Re \approx 5300$, BR=0.1 และ PR=1.5

4.5 การวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่เกิดขึ้นจากการทำนายผ่านโครงข่ายประสาทเทียมกรณีใช้การเรียนรู้ (Training Algorithm) และฟังก์ชันการแปลง (Transfer function) แบบต่างๆ พบว่าผลของการทำนายสำหรับแต่ละฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาเข้าแบบ Tansig และฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาออกแบบ Purelin เช่นเดียวกันกับการใช้การเรียนรู้แบบ Trainlm ในขณะที่ค่า R^2 สูงสุดของกรณีการใช้การเรียนรู้แบบ Trainbfg จะเกิดขึ้นเมื่อเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาเข้า Logsig และฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาออกแบบ Purelin โดยมีค่าเท่ากับ 0.9295

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชิงทดลองถึงการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนโดยการอาศัยตัวสร้างความปั่นป่วนแบบปีกรูปตัววีซึ่งตามกระแสการไหลในชุดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนภายใต้ขอบเขตการศึกษา พบว่าตัวสร้างความปั่นป่วนที่ใช้สามารถช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ประมาณ 1.5–2.9 เท่า อัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทานเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2–14 เท่า และให้ค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.06–1.42 เมื่อทำการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมโดยการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการเรียนรู้จำนวน 3 รูปแบบ และฟังก์ชันการแปลงสำหรับข้อมูลป้อนเข้าและข้อมูลส่งออกที่แตกต่างกันในแต่ละจำนวน 4 รูปแบบ พิจารณาเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายจากค่าทางสถิติพบว่าชั้นที่มีผลต่อความแม่นยำในการทำนายค่าการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนคือชั้นข้อมูลส่งออก โดยการเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงสำหรับข้อมูลส่งออกแบบ Purelin จะใช้ความแม่นยำที่สูงกว่าฟังก์ชันการแปลงอื่นๆ ค่า R^2 สูงสุดของการศึกษาภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 0.9945 เมื่อเลือกใช้การการเรียนรู้แบบ Trainlmร่วมกับฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาเข้าแบบ Tansigและฟังก์ชันการแปลงที่ชั้นข้อมูลขาออกแบบ Purelin

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) และคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สำหรับเงินสนับสนุนการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Promvonge, “Thermal performance in circular tube fitted with coiled square wires”, *Energy Conversion and Management*, 49(5), 2008, pp. 980–987.
- [2] P. Murugesan, K. Mayilsamy, S. Suresh, “Turbulent Heat Transfer and Pressure Drop in Tube Fitted with Square-cut TwistedTape”, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 18(4), 2010, pp. 609–617.
- [3] G. Tanda, “Heat transfer in rectangular channel with transverse and V-shaped broken ribs”, *International Journal of Heat and Mass*, 47, 2004, pp. 229–243.
- [4] ภณิดา ผลนิมิตร, สมบัติ ทำนา, สุริยา โชคเพิ่มพูน, พงษ์ศักดิ์ คำมูลและ พงษ์เจต พรหมวงศ์ “การศึกษาการถ่ายเทความร้อนเชิงตัวเลขในท่อที่ใส่กรวยวงรี” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30 ณ จังหวัดสงขลา วันที่ 5–8 กรกฎาคม 2559.
- [5] Smith Eiamsa-ard, Pongjet Promvonge “Numerical study on heat transfer of turbulent channel flow over periodic grooves”, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 35, 2008, pp. 844–852.
- [6] Y. Islamoglu, A. Kurt “Heat transfer analysis using ANNs with experimental data for air flowing in corrugated channels,” *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47, 2004, pp. 361–1365.
- [7] M.R. Jafari Nasr, A. HabibiKhalaj, S.H. Mozaffari, “Modeling of heat transfer enhancement by wire coil inserts using artificial neural network analysis”, *Applied Thermal Engineering* 30, 2010, pp. 143–151.
- [8] Incropera FP, Witt PD, Bergman TL, Lavine AS. “Fundamentals of Heat and Mass Transfer.” John-Wiley & Sons, 2006.
- [9] Webb, R.L. and Kim, N.H. “Principles of Enhanced Heat Transfer”. 2nd ed. New York : Taylor & Francis, 2000.
- [10] ธนาวุฒิ ประกอบผล “โครงข่ายประสาทเทียม” วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติวิชาการ. ปีที่ 12 ฉบับที่ 24 มกราคม–มิถุนายน 2552. หน้า 73–87.