



الجامعة المستنصرية  
كلية الهندسة  
قسم الهندسة الميكانيكية

## التجارب العملية لمختبر محطات الطاقة

إعداد

د. مشعل عبد الأمير عبد الكريم

أستاذ مساعد

بغداد

2018-2019

## تجربة (1): حساب نسبة الجفاف للبخار

### مقدمة:

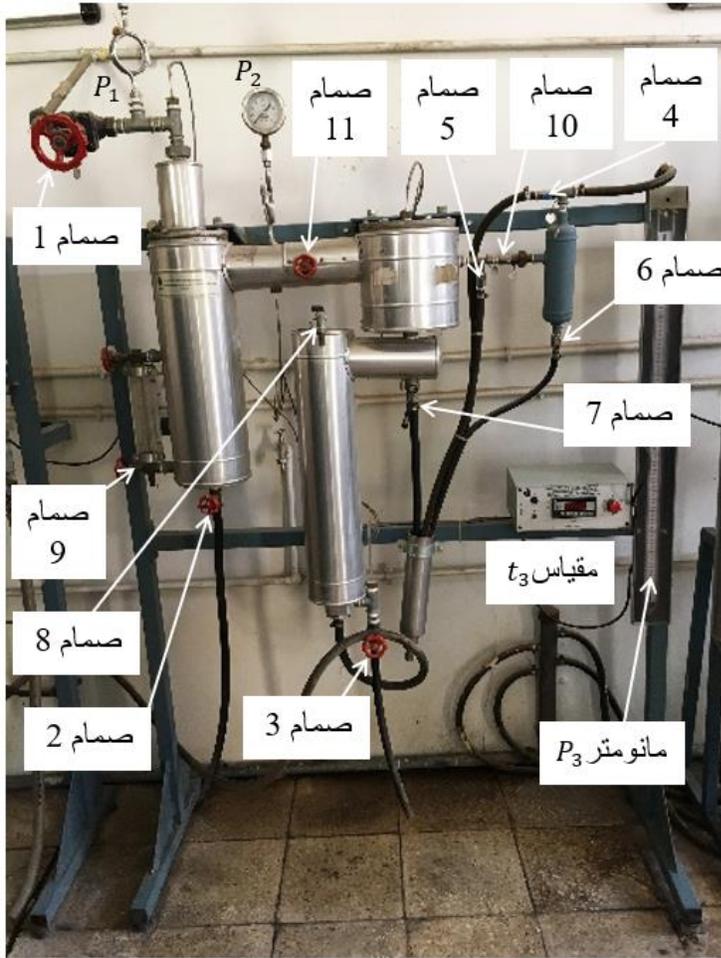
تعرف نسبة الجفاف للبخار بأنها نسبة كتلة البخار الى كتلة خليط البخار والماء وتمثل بالرمز  $(x)$  . ان انخفاض قيمة نسبة الجفاف للبخار الى مستوى دون الحد المسموح به (اقل من 70%) يسبب اضرار التآكل في انابيب نقل البخار وتلف ريش التوربين بسبب ظاهرة التكثف التي تحدث بسبب وجود قطرات الماء المصاحبة للبخار المناسب خلال الوحدة التوربينية.

### الهدف من التجربة:

حساب نسبة الجفاف للبخار الخارج من المرجل

### الجهاز المستخدم:

يسمى الجهاز المستخدم لحساب نسبة الجفاف للبخار الرطب "مسعر الفصل والخنق" وكما موضح بالشكل رقم (1). يتألف الجهاز من جزئين:



### I. مسعر الفصل (Separating Calorimeter):

حيث يتم فصل قطرات الماء عن طريق إحداث تغير مفاجئ لاتجاه مسار خليط البخار الرطب (عند انسيابه خلال مسعر الفصل) حيث تسقط كتلة معينة من قطرات الماء للأسفل بسبب الجاذبية ويتم قياس حجم الماء الخارج من مسعر الفصل بوعاء مدرج.

### II. مسعر الخنق (Throttling Calorimeter):

يتعرض البخار الخارج من مسعر الفصل عند مروره خلال مسعر الخنق الى اجراء خنق (Throttling process)، حيث يحتوي على فتحة ضيقة (Orifice) تعمل على خنق البخار المناسب حيث تتغير حالة البخار الرطب الى بخار محمص ويتم قياس الضغط ودرجة حرارة البخار المحمص لحساب قيمة  $h$ ، ويتم قياس حجم الماء الخارج من مسعر الخنق بوعاء مدرج.

شكل (1)

## الرموز والمصطلحات المستخدمة:

$h_1 =$  Enthalpy of wet steam at 1, (kJ/kg)

$h_2 =$  Enthalpy of wet steam at 2, (kJ/kg)

$h_3 =$  Enthalpy of superheated steam at 3, (kJ/kg)

$h_{fg1} =$  Specific latent heat of water vapor at  $P_1$ , (kJ/kg)

$h_{f1} =$  Specific heat of saturated water at  $P_2$ , (kJ/kg)

$M =$  Total mass of mixture, (kg)

$m_1 =$  Mass of water outlet from separating calorimeter, (kg)

$m_2 =$  Mass of water outlet from throttling calorimeter, (kg)

$P_1 =$  Steam pressure at 1, (bar)

$P_2 =$  Steam pressure at 2, (bar)

$\Delta P_3 =$  Manometer reading, (mmH<sub>2</sub>O)

$t_3 =$  Temperature of superheated steam at 3, (°C)

$V_1 =$  Volume of water outlet from separating calorimeter, (cm<sup>3</sup>)

$V_2 =$  Volume of water outlet from throttling calorimeter, (cm<sup>3</sup>)

$x_1 =$  Dryness fraction, (-)

## نظرية التجربة:

ان نسبة الجفاف للبخر الرطب هي معيار لنوعية البخر ولمقدار الرطوبة (قطرات الماء) الموجودة داخل خليط البخر الرطب. وتمثل بالرمز  $(x)$ .

$$\text{Dryness fraction } x = \frac{\text{Mass of Dry vapor}}{\text{Total Mass of Mixture}}$$

يدخل خليط البخر الرطب بكتلة مقدارها  $(M)$  الى مسعر الفصل حيث يتم التخلص من بعض قطرات الماء بإحداث تغير مفاجئ لاتجاه مسار خليط البخر الرطب حيث تسقط كتلة مقدارها  $(m_1)$  من قطرات الماء للأسفل بسبب الجاذبية، ثم يتم امرار البخر المتبقي خلال مسعر الخنق الذي يحتوي على فتحة ضيقة (Orifice) فيحدث اجراء خنق (Throttling Process) ليتم تغيير حالة البخر الرطب الى بخار محمص وكما موضح بالشكل (2).

- Process (1-2): moisture separation.
- Process (2-3): Throttling to pressure ( $P_3$ )

$$M = m_1 + m_2$$

Apply energy balance to separating calorimeter (1):

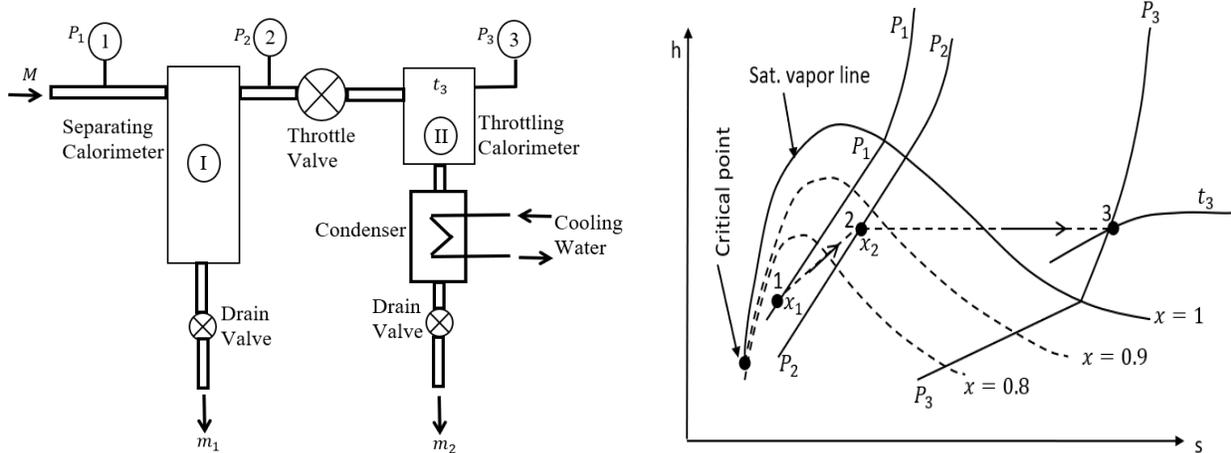
$$Mh_1 = m_1h_{f1} + m_2h_2$$

$$h_1 = h_{f1} + x_1h_{fg1}$$

$$M(h_{f1} + x_1h_{fg1}) = m_1h_{f1} + m_2h_2$$

$$x_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{h_2 - h_{f1}}{h_{fg1}}$$

$$h_3 = h_2$$



شكل (2)

### خطوات التجربة:

قبل البدء بالتجربة، من الضروري إزالة الماء المتكثف المتبقي من التجربة السابقة من الجهاز لكي تكون الحسابات دقيقة. استخدم الشكل 1 عند تنفيذ خطوات التجربة وكما يلي:

- 1- تأكد من وجود ماء داخل مقياس المانومتر عند القراءة صفر
- 2- اغلق الصمام 1
- 3- شغل مرجل البخار الى الضغط المطلوب وتأكد من وصول البخار الى الصمام 1.
- 4- افتح الصمامات 2-9
- 5- اغلق الصمامان 10 و 11
- 6- افتح الصمام 1 بشكل تدريجي للسماح لدخول البخار وتأكد من طرد جميع بقايا التكثف للتجارب السابقة من الصمامان 2 و 9
- 7- بعد وقت قصير سوف ينساب البخار داخل مسعر الفصل I. افتح صمام الخنق 11 ببطيء وانتظر عدد من الدقائق لحين وصول مسعر الخنق II الى درجة الحرارة المستقرة.
- 8- اغلق الصمام 1 وانتظر لحظات قليلة لحين ان تصبح قراءة المانومتر صفر
- 9- اغلق الصمامات 2، 4، 5، 6، 7، 9، 11
- 10- افتح الصمامات 3، 8، 10
- 11- شغل جهاز قياس درجة الحرارة
- 12- ضع اناء مدرج (بيكر) بحجم اكبر من 2 لتر اسفل الصمام 3 لجمع الماء المتكثف وضع اناء اخر مدرج بنفس حجم الاناء الأول وضعه تحت الصمام 2 لجمع الماء المتجمع من مسعر الفصل مع بقاء الصمامان 2، 3 مغلقة
- 13- افتح ببطيء الصمام 1 وسجل قراءة مقياس ضغط الدخول ( $P_1$ )، ثم افتح ببطيء وبشكل تدريجي صمام الخنق 11 وسجل قراءة المانومتر ( $\Delta P_3$ ) وحاول ان تتحكم بفتحة صمام الخنق 11 لتحصل على قراءات مستقرة لعدة دقائق ثم سجل قراءة مقياس ضغط الدخول ( $P_2$ ) ودرجة الحرارة ( $t_3$ ).
- 14- اغلق الصمام 1 وانتظر قليلا لحين اكمال تجمع الماء في مسعر الفصل ثم افتح الصمامان 2، 9 وقم بقياس حجم الماء الخارج من مسعر الفصل ( $V_1$ ) وحجم الماء الخارج من مسعر الخنق ( $V_2$ )
- 15- ابدأ حساب نسبة الجفاف للبخار الرطب

جدول القراءات:

Test #	$P_1$ (bar)	$P_2$ (bar)	$\Delta P_3$ (bar)	$t_3$ (°C)	$V_1$ (cm <sup>3</sup> )	$V_2$ (cm <sup>3</sup> )
1	0.08	0.3	1	100	7000	5000

نموذج الحسابات:

Test #1:

جدول النتائج:

Test #	$P_1$ (bar)	$P_2$ (bar)	$P_3$ (bar)	$t_3$ (°C)	$x_1$ (%)
1					

مناقشة النتائج:

- 1- أذكر أسباب الخطأ في النتائج ان وجدت
- 2- ما هي مقترحاتك لتطوير الجهاز لغرض تقليل نسبة الخطأ بالحسابات

Test #	$P_1$ (bar)	$P_2$ (bar)	$\Delta P_3$ (bar)	$t_3$ (°C)	$V_1$ (cm <sup>3</sup> )	$V_2$ (cm <sup>3</sup> )
1	0.06	0.2	0.7	100	500	700

At  $P_1 = 0.06$  bar  $h_{f_1} = 151.53$  kJ/kg  $h_{fg_1} = 2415.9$  kJ/kg

$P_3 = 0.7$  (bar)  $h_3 = h_2 = 2680$  kJ/kg

$$m_1 = \rho \times V_1 \times 10^{-6}$$

$$m_1 = 1000 \times 500 \times 10^{-6}$$

$$m_1 = 0.5$$
 kg

$$m_2 = \rho \times V_2 \times 10^{-6}$$

$$m_2 = 1000 \times 700 \times 10^{-6}$$

$$m_2 = 0.7$$
 kg

$$x_1 = \frac{0.7}{0.5 + 0.7} \cdot \frac{2680 - 151.53}{2415.9}$$

$$x_1 = 0.417$$