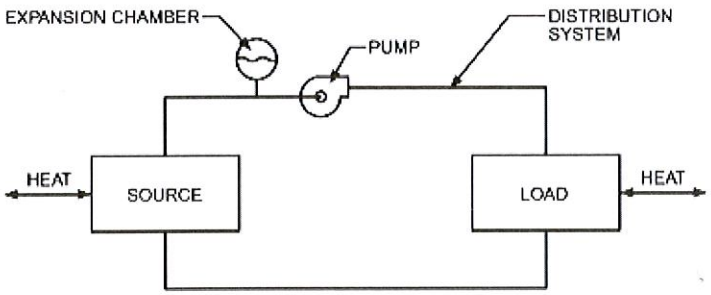
เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ Expansion Tank

สุมาลี โฆษิตาพันธุ์
บริษัท เดอะ พาลาส จำกัด

ถังรองรับการขยายตัวของน้ำ หรือที่เราเรียกว่า Expansion tank เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจ่ายความเย็นหรือความร้อน โดยมีน้ำเป็นตัวกลาง หรือในระบบที่เราเรียกว่า Hydronic System

ในการจ่ายน้ำในระบบปรับอากาศของเรา ส่วนใหญ่จะเป็นระบบปิด การกำหนดการเรียกว่าเป็นระบบปิดหรือเปิดนั้น ดูที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ (หรือ compressible air) ในระบบปิดจะมีเพียงจุดเดียว แม้ว่าถัง Expansion tank ของเราจะเป็นชนิดที่เปิดสู่บรรยากาศ แต่เรายังเรียกระบบชนิดนี้ว่าเป็นระบบปิด

Expansion tank เป็นอุปกรณ์ในระบบชนิดเดียวที่ต้องมีเพื่อสองวัตถุประสงค์ คือ เพื่อตอบสนองเรื่องการขยายตัวเนื่องจากความร้อนหรือความเย็น (Thermal component) และเพื่อตอบสนองเรื่องการจ่ายน้ำและรักษาแรงดัน (Hydraulic component) จะเห็นว่าในบรรดาอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบน้ำของเรา ต่างก็มีวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง ในสองวัตถุประสงค์นี้ แต่ Expansion tank จำเป็นต้องมีเพื่อตอบสนองทั้งสองวัตถุประสงค์



รูปแสดงอุปกรณ์พื้นฐานในระบบจ่ายน้ำ

อุปกรณ์บางอย่างเช่นวาล์ว ไม่ได้แสดงในภาพนี้ ไม่ได้เป็นอุปกรณ์จำเป็นพื้นฐานในระบบจ่ายน้ำ

หากจะกล่าวให้ง่ายขึ้น Expansion tank มีวัตถุประสงค์ คือ

- รักษาแรงดันด้านขาเข้าของปั้ม ให้เป็นบวกอยู่เสมอ ให้ปั้มทำงานได้ถูกต้อง
- รองรับการขยายตัวหรือหดตัวของของเหลวภายใน เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
- ระบายอากาศออกจากถัง และเป็นจุดเติม make up เพื่อชดเชยกับการสูญเสียน้ำเนื่องจากรั่ว

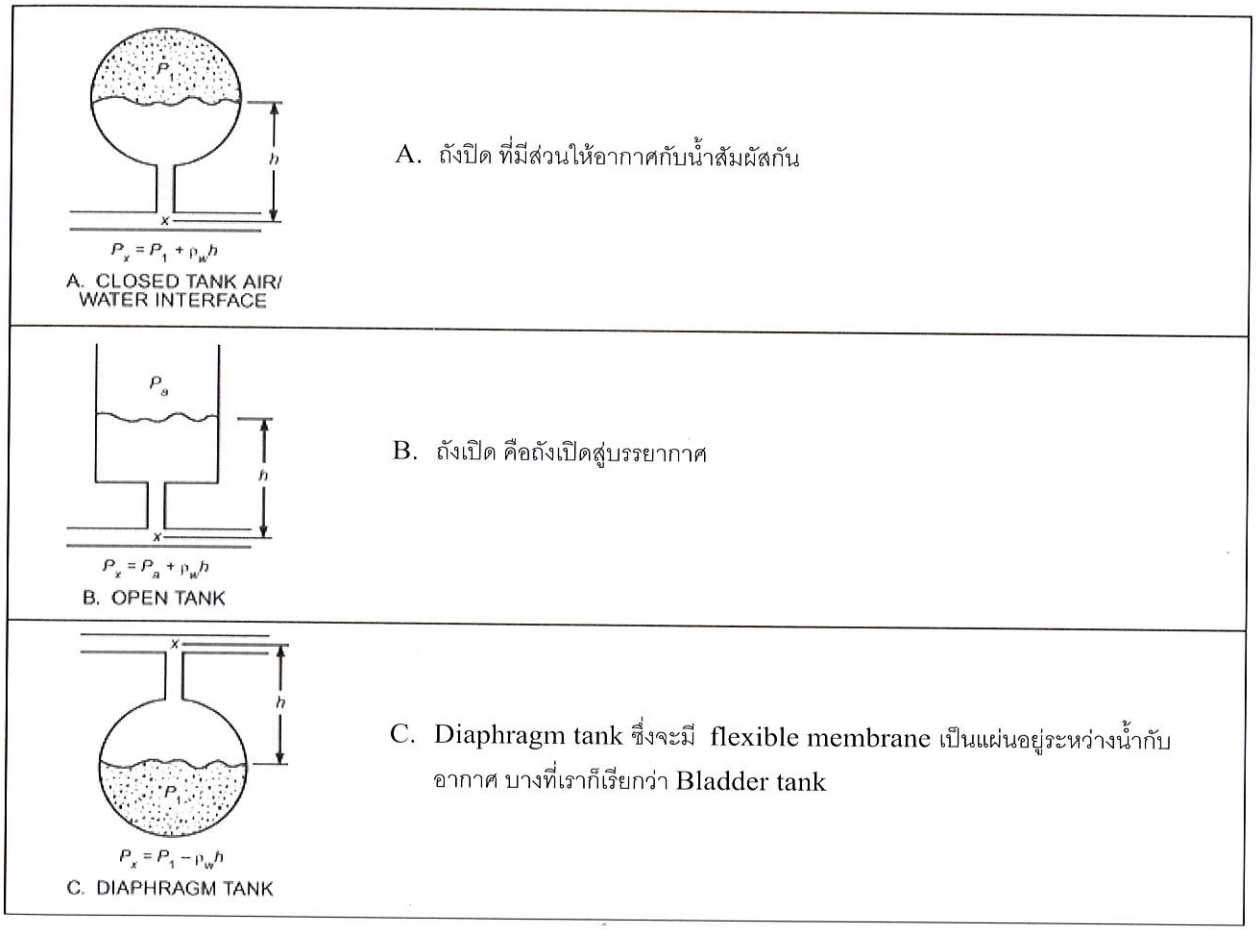
Expansion tank ในด้าน Thermal component

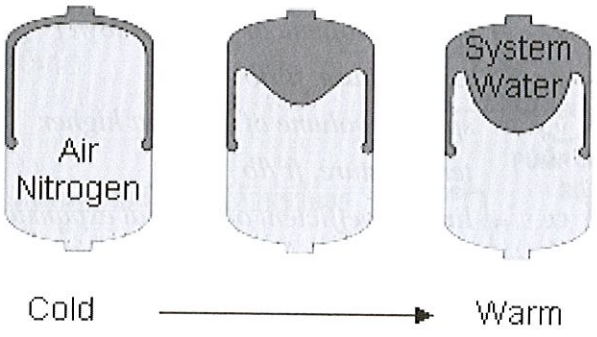
ถัง expansion tank หรือที่จริงเราจะเรียกว่า Compression tank ก็ไม่น่าผิด เพราะมันควรจะรองรับการหดตัวของน้ำได้ด้วย หน้าที่ของมันคือจะต้องมีพื้นที่ให้น้ำหรือของเหลวซึ่งอัดปริมาตรไม่ได้ (Incompressible fluid) ขยายตัวหรือหดตัว ซึ่งการขยายตัวหรือหดตัวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของของเหลงที่เกิดจากการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและในการยอมให้ของเหลว (น้ำ) ขยายตัวหรือหดตัวได้ จำเป็นต้องมีผิวสัมผัสระหว่างของเหลว (น้ำ) และอากาศ (แก๊สที่บีบอัดได้) และตามที่เรากล่าวไปแล้วเบื้องต้น ในระบบปิดจะมีผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศเพียงจุดเดียว ดังนั้น ในระบบปิดจะต้องมี expansion tank เพียงลูกเดียวเท่านั้น

ในบรรดาถังทั้ง 3 แบบ ถังปิด (diaphragm tank) เป็นแบบเดียวที่น้ำไม่ได้สัมผัสกับอากาศโดยตรง เนื่องจากมีแผ่นกั้นกลางอยู่ แต่ถังแบบเปิด จะให้อากาศละลายในน้ำได้มากกว่า มีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนในท่อมากกว่า ในการออกแบบปัจจุบัน จะไม่นิยมใช้ถังเปิด การออกแบบในอดีต ถังเปิดจะมีขนาดใหญ่กว่าถังปิด (diaphragm tank) และเมื่อเราคำนึงถึงเรื่องประหยัดแล้ว การที่ถังมีขนาดเล็กกว่า ประหยัดพื้นที่ติดตั้ง ลดโครงสร้างในการรับน้ำหนัก เป็นสิ่งที่น่าคิดเมื่อเปรียบเทียบถังสองประเภทนี้

Expansion tank มี 3 รูปแบบพื้นฐาน คือ





ภาพอธิบายเพิ่มเติมของถัง Expansion tank ชนิด diaphragm มีอากาศ อยู่ภายใน เมื่ออุณหภูมิต่ำของเหลวจะหดตัว อากาศจะเข้าไปแทนที่ของเหลวเป็นไปตามรูปแรก และเมื่ออุณหภูมิของเหลวสูงขึ้นของเหลวจะขยายตัว มาแทนที่อากาศ อากาศก็จะถูกอัดให้มีแรงดันสูงขึ้นและมีปริมาตรเล็กลง เป็นไปตามรูปที่ 3

ในการเลือกขนาดถัง นอกจากจะคำนึงถึงแง่การขยายตัวแล้ว ยังต้องคำนึงถึงเรื่องการละลายของอากาศลงในน้ำ และการที่อากาศจะแยกตัวออกมาจากน้ำด้วย อากาศจะละลายลงในน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว (saturated) ซึ่งเป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$x = p/H$$

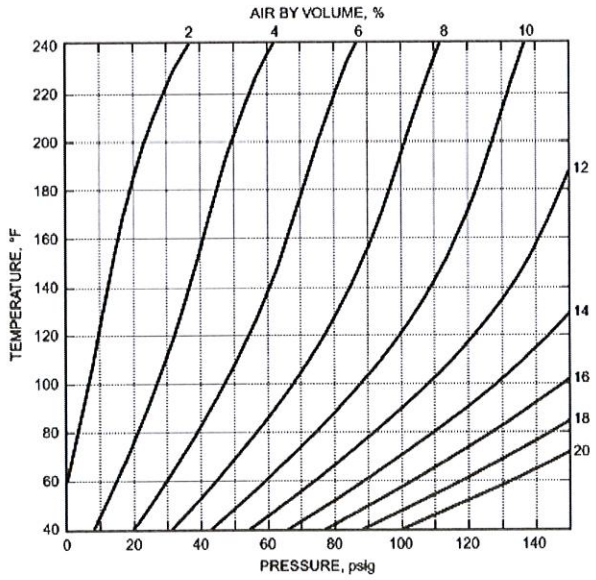
โดยที่

x คือปริมาณอากาศละลายในน้ำ (% โดยปริมาตร)

p คือแรงดันสัมบูรณ์

H คือค่าคงที่ของเฮนรี่

ค่าคงที่ของเฮนรี่ จะคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ เท่านั้น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงตาม เราจะได้ผังภาพใหม่ ตามรูปด้านล่าง ที่แสดงปริมาณอากาศละลายในน้ำ ณแรงดัน และอุณหภูมิต่างๆ



จากผังภาพด้านบน จะเห็นว่ายิ่งระบบมีแรงดันสูงขึ้น จะยิ่งมีปริมาณอากาศละลายในน้ำมากขึ้น ยิ่งระบบมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะยิ่งมีปริมาณอากาศละลายในน้ำมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ถ้าอากาศที่ละลายในน้ำไม่ถึงจุดอิ่มตัว (Saturate) อากาศจะละลายในน้ำโดยผ่านผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ จนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว ขณะละลาย อากาศจะเคลื่อนตัวผ่านเข้าไปในน้ำจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกันและอิ่มตัวทั้งหมด เมื่อใดก็ตามที่อากาศ หรือน้ำ มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าเปลี่ยนแปลงไปทิศทางที่ทำให้อากาศละลายได้น้อยลง อากาศส่วนเกินจะถูกปล่อยออกมา เช่น เดิมอากาศและน้ำอยู่ในจุดแรงดันสูง อากาศละลายในน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงให้แรงดันในระบบลดลง อากาศส่วนเกินที่ละลายในน้ำจะถูกคายออกมา

ในการออกแบบถังชนิดเปิด ทั้งแบบ A และ B เราจะให้ถังนี้เป็นตัวควบคุมอากาศ ให้อากาศละลายในน้ำ หรือปล่อยอากาศส่วนเกินออกมาที่ถังนี้

การคำนวนขนาดถังทั้ง 3 แบบ มีสูตรดังนี้

A. ถังปิด ที่มีส่วนให้อากาศกับน้ำสัมผัสกัน

$$V_t = V_s \frac{[(v_2/v_1)-1]-3\alpha\,\Delta t}{(P_a/P_1)-(P_a/P_2)}$$

B. ถังเปิด คือถังเปิดสู่บรรยากาศ

$$V_t = 2V_s\left[\left(\frac{v_2}{v_1}-1\right)-3\alpha\,\Delta t\right]$$

C. Diaphragm tank ซึ่งจะมี flexible membrane เป็นแผ่นอยู่ระหว่างน้ำกับอากาศ บางทีเราก็เรียกว่า Bladder tank

$$V_t = V_s \frac{[(v_2/v_1)-1]-3\alpha\Delta t}{1-(P_1/P_2)}$$

ซึ่ง

V_t = *volume of expansion tank, gal*

V_s = *volume of water in system, gal*

t_1 = *lower temperature,* ^oF

t_2 = *higher temperature,* ^oF

P_a = *atmospheric pressure, psia*

P_1 = *Pressure at lower temperature, psia*

v_1 = *specific volume of water at lower temperature,* ft^3/lb

v_2 = *specific volume of water at higher temperature,* ft^3/lb

α = *linear coefficient of thermal expansion, in/in* ^oF

= 6.5×10^{-6} *in/in* ^oF *for steel*

= 9.5×10^{-6} *in/in* ^oF *for copper*

Δt = $(t_2 - t_1)$, ^oF

จากสมการด้านบน ในระบบทำความร้อน จุดที่อุณหภูมิต่ำสุด คืออุณหภูมิบรรยากาศ ขณะที่อุณหภูมิสูงสุดของนระบบคือ อุณหภูมิน้ำร้อนจ่าย แต่ถ้าเป็นระบบน้ำเย็น อุณหภูมิต่ำสุดคือ อุณหภูมิน้ำเย็นจ่ายขณะที่อุณหภูมิสูงสุดของระบบ คือ อุณหภูมิบรรยากาศปกติ

จากการคำนวนของผู้เขียน ลองแทนค่าในสมการซับซ้อนนี้ ณ ที่การทำงานในระบบปรับอากาศปกติ พบว่าการขยายตัวของน้ำมีค่าน้อยมาก 1-2% ของปริมาณน้ำในระบบทั้งหมดเท่านั้น หรือจะดูในตารางด้านล่าง ซึ่งได้จาก Carrier System Design Manual ซึ่งเป็นการประมาณปริมาณน้ำขยายตัว โดยประเมินที่อุณหภูมิต่างๆ

ในการเชื่อมต่อระบบกับถัง แรงดันในถังปิดจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง แรงดันของถังเป็นเท่าไรนั้น คำนึงจากเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

- จุดที่มีแรงดันต่ำสุดของระบบ จะอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุดของระบบ และยังคงมีค่าเป็นบวก
- เราจำกัดแรงดันสูงสุดของระบบ โดยการตั้งแรงดันสูงสุดที่ยอมรับได้ ในตำแหน่งที่ Safety relief valve ยังไม่เปิด
- จะไม่มีแรงดันในจุดใด ลดต่ำกว่าแรงดันอิ่มตัว Saturate pressure ณ อุณหภูมิใช้งานนั้นๆ
- ปั๊มทุกตัวจะต้องมี NPSH มากเพียงพอ เพื่อป้องกันการเกิด cavitation

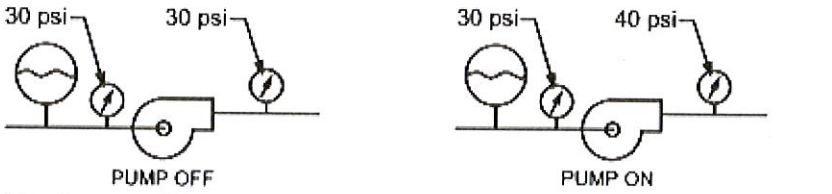
Expansion tank ในด้านของ Hydraulic

ในระบบไฟฟ้ามีจุด ground ที่เป็นจุดอ้างอิงแรงดันไฟฟ้าของระบบ ในระบบน้ำก็จำเป็นต้องมีจุดอ้างอิงแรงดันน้ำในระบบเช่นเดียวกัน เมื่อถังเชื่อมต่อกับท่อแรงดันในถัง และในท่อก็ย่อมเชื่อมต่อเป็นระบบเดียวกันด้วย ณ ตำแหน่งท่อที่เชื่อมต่อกับถัง แรงดันของท่อจะเท่ากับแรงดันอากาศในถัง บวกหรือลบกับแรงดันของของเหลวระหว่างถังกับท่อ ดูรูปด้านล่างนี้

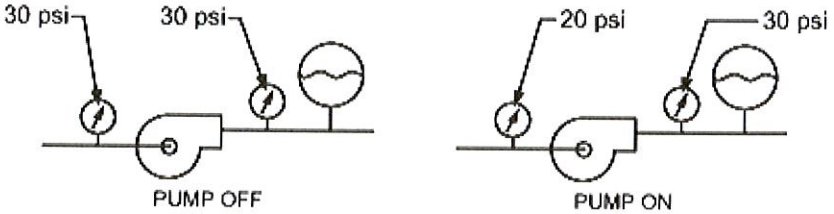
TEMP (F)	VOLUME INCREASE (%)	TEMP (F)	VOLUME INCREASE (%)
100	.6	275	6.8
125	1.2	300	8.3
150	1.8	325	9.8
175	2.8	350	11.5
200	3.5	375	13.0
225	4.5	400	15.0
250	5.6		

ตารางการขยายตัวของน้ำด้านบน ได้จาก Carrier System Design Manual

แรงดันในระบบ เมื่อถังอยู่ด้านขาเข้าของปั๊มน้ำ



แรงดันในระบบเมื่อถังอยู่ด้านขาออกของปั๊มน้ำ



ระบบปิดควรมี expansion tank เพียงชุดเดียว การที่มีถังมากกว่าหนึ่งชุด หรือมีอากาศในระบบมากเกินไป (อากาศส่วนที่ไม่ได้ละลายในน้ำ) มีผลทำให้ระบบดำเนินไปในทางที่ไม่ต้องการ อาจเกิด water hammer ได้

ในระบบดังกล่าว สมมติให้อากาศมีอุณหภูมิคงที่ แรงดันอากาศควรเปลี่ยนปลงเนื่องจากปริมาตรเปลี่ยนจากการแทนที่ของน้ำเท่านั้น ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงคำนวนได้จากสมการด้านบน ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเลือกขนาดถัง

จุดที่เชื่อมต่อระหว่างถังกับท่อ จะมีแรงดันคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าปั้มจะเปิดหรือปิด ตัวอย่างเช่น ถังมีแรงดัน 30 psig และปั้มมีแรงดัน 10 psig จากรูปด้านบน ในการต่อถังเข้ากับระบบสองแบบ ด้านขาเข้าของปั้ม และขาออกของปั้ม ไม่ว่าปั้มจะเปิดหรือปิด ถังจะอยู่ด้านใดของปั้ม ณ ตำแหน่งเชื่อมต่อกับถังท่อจะมีแรงดันเท่ากับถังเสมอ คือ 30 psig และเมื่อเปิดปั้ม ถ้าถังอยู่ด้านขาเข้าปั้ม แรงดันขาออกปั้มจะเท่ากับแรงดันด้านขาเข้าบวกด้วยแรงดันของปั้มเอง คือ 40 psig ถ้าถังอยู่ด้านขาออกจากปั้ม แรงดันด้านขาออกจะยังคงเท่าเดิม คือ แรงดันถัง แต่แรงดันด้านขาเข้าปั้มจะลดลงแรงดันของปั้มเอง คือ เหลือ 20 psig

ในการเชื่อมต่อถังกับระบบยังมีข้อพึงระลึกอื่นๆ อีกคือ

- ถังเปิดสู่บรรยากาศ จะต้องวางไว้สูงสุดของระบบ หรือมิฉะนั้นต้องติดตั้ง วาล์วรักษาแรงดัน (ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเก็บน้ำร้อน หรือน้ำเย็น)
- ถังที่มีผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำ ต้องคำนึงถึงจุดที่ให้อากาศเข้าไปในถัง และปล่อยอากาศออกจากถังได้
- ด้วยเหตุนี้ ยิ่งแรงดันในถังต่ำเท่าไหร่ ถังก็มีขนาดเล็กลงได้มากเท่านั้น ยิ่งวางถังไว้สูงเท่าไหร่ แรงดันลดต่ำลง ถังยิ่งมีขนาดลดลงได้มากเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

1] 2008 Ashrae Handbook HVAC system and Equipment

2] Carrier System Design Manual