

MAKALE

SOĞUTMA ÇEVİRİMİNDE KULLANILAN BİR KISMA ORİFİSİNİN KÜTLESEL DEBİSİNİN VE SOĞUTMA KAPASİTESİNİN ÇALIŞMA KOŞULLARI İLE DEĞİŞİMİ

Changing of the Mass Flow Rate and Capacity of a Throttle Orifice
Used in the Refrigeration Cycles at Different Working Conditions

Kasım KARATAŞ, Emin Yiğit UMUR, M. Serhan KÜÇÜKA

HAKEMLER*

A. İbrahim ATILGAN, Dr.
Abdülvahap YİĞİT, Prof. Dr.
Ahmet CAN, Prof. Dr.
Ali GÜNGÖR, Prof. Dr.
Arif HEPBAŞLI, Prof. Dr.
Aytunç EREK, Prof. Dr.
Bedri YÜKSEL, Prof. Dr.
Dilek KUMLUTAŞ, Prof. Dr.
Fikret PAZIR, Prof. Dr.
Hüsamettin BULUT, Prof. Dr.
Hüseyin BULGURCU, Doç. Dr.
İlhan Tekin ÖZTÜRK, Prof. Dr.

İsmail KARAÇALI, Prof. Dr.
Kadir İSA, Dr.
M. Barış ÖZERDEM, Prof. Dr.
M. Turhan ÇOBAN, Prof. Dr.
Macit TOKSOY, Prof. Dr.
Mehmet KANOĞLU, Prof. Dr.
Moghtada MOBEDİ, Doç. Dr.
Muhsin KILIÇ, Prof. Dr.
Mustafa ACAR, Prof. Dr.
Olca KINCAY, Prof. Dr.
Orhan BÜYÜKALACA, Prof. Dr.
Özay AKDEMİR, Dr. Öğr. Üyesi.

Ramazan KÖSE, Prof. Dr.
Rasim KARABACAK, Prof. Dr.
Recep YAMANKARADENİZ, Prof. Dr.
Selami KESLER, Prof. Dr.
Serhan KÜÇÜKA, Prof. Dr.
Tuncay YILMAZ, Prof. Dr.
Turan ERKAN
Y. Onur DEVRES, Prof. Dr.
Yunus ÇERÇİ, Prof. Dr.

**Alfabetik olarak sıralanmıştır.
Makale/Makaleler, kurulda yer alan ve
değerlendirme yapmak üzere seçilen
hakemler tarafından incelenmiştir.*



HAKEMLİ MAKALE ARŞİVİMİZE
ULAŞMAK İÇİN OKUTUNUZ.

BİLİMSEL MAKALE ARŞİVİMİZE
ULAŞMAK İÇİN OKUTUNUZ.



ÖZET

Soğutma çevrimlerinde genişleme vanalarında kullanılan orifis açıklığının katsayısı akışkanın termo-fiziksel özelliklerine ve akış rejimine bağlı olarak değişmekle birlikte, kısa orifislerde değişim belirli bir aralıkta sınırlıdır. Diğer yandan çevrimin soğutma kapasitesi yoğunlaşma ve buharlaşma sıcaklıklarına, aşırı (alt) soğutma ve kızdırma derecelerine bağlı olarak değişir. Çalışmada R404A akışkanı göz önüne alınarak, yoğunlaşma ve buharlaşma basınçlarına bağlı olarak orifis açıklığından geçen akışkanın kütleli debisi ve sağlayabileceği soğutma miktarı incelenmiştir. Aşırı soğutma ve kızgınlık derecelerinin değişiminin soğutma kapasitesine etkisi ayrıca grafik olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Genleşme vanası, kısma orifisi, orifis katsayısı, orifis debisi, soğutma kapasitesi, aşırı (alt) soğutma, kızgınlık derecesi

ABSTRACT

Although the coefficient of the orifice opening used in expansion valves in refrigeration cycles changes depending on the thermo-physical properties of the fluid and the flow regime, the change is limited to a certain range in short orifices. On the other hand, the refrigeration capacity of the cycle changes depending on the condensation and evaporation temperatures, subcooling and superheating degrees. In the study, the fluid flow passing through the orifice and the refrigeration capacity at various condensation and evaporation pressures were analyzed by considering the R404A fluid. The effect of the change in the subcooling and superheating degrees on the refrigeration capacity was also presented graphically.

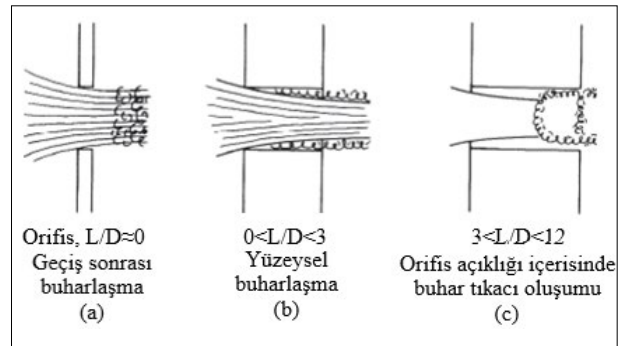
Keywords: Expansion valve, throttling orifice, flow rate through orifice, refrigeration capacity, subcooling, superheated

1. GİRİŞ

Soğutma çevriminde kullanılan kısma elemanlarının görevi, yoğunlaştırucudan gelen yüksek basınçlı sıvı soğutkanın basıncının düşürülerek istenilen debide buharlaştırıcıya gönderilmesidir. Kısma veya genişleme elemanı olarak, kılcal borular veya bir orifis açıklığı olan elektrikli veya termostatik genişleme vanaları kullanılmaktadır. Orifis açıklığının görevi, yoğunlaştırucudan gelen yüksek basınçlı sıvıda debi ve basınç düşümü sağlanarak soğutucu akışkanın diğer tarafa, istenilen buharlaşma sıcaklık ve

basıncında ve ıslak buhar durumunda iletilmesidir. Orifis açıklığından geçen akışkanın kütleli debisi; açıklığın şekli ve kesit alanı, açıklık oranı, vana giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkı ve soğutucu akışkanın sıvı ve buhar fazlarının viskozite, yoğunluk, buharlaşma entalpisi gibi termo-fiziksel özellikleri ile değişir. Elektrikli genişleme vanalarında, tipine bağlı olarak adım motorlu dönme hareketi ile vana açıklığı kısmi oranda ayarlanabilmekte veya akışkan solenoid bobin kontrolü ile tam açık/tam kapalı durumlarında işletilen bir orifis deliğinden geçerek debi kontrolü sağlanmaktadır. Her durumda, vananın tam açık durumundaki en yüksek kapasite orifis deliğinden geçen akışkan ile sınırlıdır.

Bir soğutma çevrimindeki genişleme vanasında, akışkanın orifis deliğine sıvı durumunda girmesi istenir. Orifis plakası arka tarafında akışkan hızı en yüksek değerine deliğin hemen ötesinde ulaşır ve burada akışkan kesiti minimum değerine düşer (Vena contracta: akış büzülmesi). İki fazlı akışta göz önüne alınması gereken bir durum, akışkanın buharlaşmasının ve özgül hacim değişiminin akış etkileridir. Orifisin çıkış tarafında basınç doyma basıncının altına düşmekte ve akışkan ıslak buhar durumuna geçmektedir. Orifis uzunluğuna bağlı olarak buharlaşmanın oluşumu şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Buna göre; geçiş uzunluğunun ihmal edilebildiği ideal orifis akışında, buharlaşma geçiş tamamlandıktan sonra oluşmaktadır. Geçiş uzunluğunun yaklaşık 3D'ye kadar olduğu durumlarda, akışkan yüzeyinde sınırlı bir buhar oluşumu olmakta ve buhar kabarcıkları sıvı akışı ile sürüklenmektedir. Daha yüksek geçiş uzunluklarında ise, buhar hacmi artarak akışın ana unsuruna dönüşmekte ve sıvı akışına tıkaç oluşturmaktadır.



Şekil 1. a) Geçiş sonrası buharlaşma, b) Yüzeysel buharlaşma, c) Orifis açıklığı içerisinde buhar tıkaçı oluşumu [1]

Orifis deliği uzunluğunun ihmal edilebildiği ($L/D < 3$) çok kısa orifis akışları için, Orifis açıklığından geçen sıkıştırılmaz akışkanın kütleli debisi Bernoulli yaklaşımına göre:

$$\dot{m} = C_D \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)} \quad (1)$$

ifadesi ile verilir. Burada ρ , (sıvı) akışkanın yoğunluğu, A orifisin kesit alanı, P_1 ve P_2 orifisin giriş ve çıkış taraflarındaki statik basınç değeri ve C_D orifis katsayısıdır. Yüksek Reynolds sayıları için orifis katsayısı 0.6 alınabilir. Reynolds sayısı azaldıkça ve orifis deliği uzunluk oranı arttıkça, akış içerisindeki viskoz sürtünme, yüzey gerilimi gibi etkiler önem kazanmaya başlar ve orifis katsayısı değeri azalır. Orifis içerisindeki buharlaşmanın önemli olduğu durumlarda, akışkan genişlemesinden ileri gelen direnç göz önüne alınmalıdır. ANSI/ISA-75.01.01 standartlarına göre [2] bir kontrol vanasından geçebilecek en yüksek kütleli debi Denklem 2'deki yaklaşım ile hesaplanmaktadır.

$$\dot{m} = C_D \cdot A \cdot Y \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_l \cdot P_1 \cdot X} \quad (2)$$

Buradaki X değeri, basıncın düşme oranı olup $X = (P_1 - P_2) / P_1$ şeklinde tanımlanır. Akıştaki karşı basıncın belirli bir oranın altına düşmesi halinde debi maksimum değerine ulaşmakta ve karşı basıncın daha fazla düşürülmesi ile debi artışı sağlanamamaktadır. Şok durumuna ulaşılan bu basınç düşüm oranı terminal basınç oranı olarak tanımlanır ve vananın geometrisine bağlı olarak değişir. Y katsayısı ise akışkanın genişlemesinin göz önüne alındığı ve basınç düşüm oranı ile değeri artan bir direnç faktörüdür. Li [3] çalışmasında, orifis katsayısının esas olarak orifis girişindeki sıvı sıcaklığının doyma sıcaklığından ne kadar düşük olduğuna (aşırı soğutma derecesi) bağlı olduğunu ve diğer değişkenlerin etkisinin ihmal edilebilir olduğunu belirterek, akışkanın girişteki aşırı soğutma sıcaklığına bağlı polinomik eğri uydurmuş ve kütleli debiyi genişleme etkilerini veren (2) bağıntısını kullanarak hesaplamıştır.

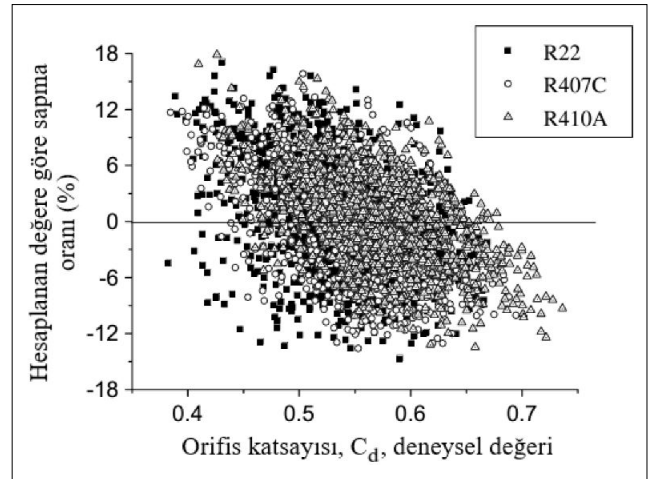
İki fazlı akışlarda orifis katsayısı genel olarak, orifis deliğinin geometrisi ve uzunluk ve çap oranı, giriş ve çıkış basınçları, akışkanın kritik sıcaklık ve basıncı, aşırı soğutma derecesi, viskozite, yüzey gerilimi, yoğunluk, çıkış kurulum derecesi gibi geometriye ve akışkana ait fiziksel değişkenlere bağlı olarak değişmektedir.

$$C_D = f(L, D, P_1, P_2, T_{cr}, P_{cr}, \Delta T_{soğ}, \mu, \sigma, \rho_l, \chi, \dots) \quad (3)$$

Bu değişkenler göz önüne alınarak çeşitli çalışmalarda farklı boyutsuz sayı gurupları (π değişkenleri) tanımlanmış ve deneysel olarak ölçülen orifis katsayısı boyutsuz değişkenlerin üstel fonksiyonu olarak ifade edilmiştir (Eşitlik - 4).

$$C_D = a_0 \cdot \pi_1^{a_1} \cdot \pi_2^{a_2} \cdot \pi_3^{a_3} \dots \quad (4)$$

Chen ve ark. [4] çalışmasında literatürde tanımlanan farklı boyutsuz sayı guruplarını özetlemiştir. Kendi çalışmasında ise, R245fa kullanılan genişleme vanasındaki akışkan debisini belirlemek için, hem orifis katsayısının boyutsuz değişkenlere bağlı olarak hesaplandığı (4) ifadesini, hem de Li'nin [3] çalışmasına benzer şekilde genişleme etkilerini göz önüne alan (2) ifadesini kullanarak iki ayrı bağıntı geliştirmiştir. Park ve ark. [5] ve Zhijiu ve çalışma grubu [6-8] tarafından çeşitli soğutucu akışkanlar ve akış durumları için deneyler yapılarak orifis katsayısı değerleri ölçülmüş ve boyutsuz sayı gurupları kullanılarak farklı bağıntılar türetilmiştir. Deneyler, farklı aşırı soğutma ve kızgınlık değerleri, yoğunlaşma ve buharlaşma sıcaklıkları ve farklı orifis çapları için tekrarlanmıştır. Sonuçlar, orifis katsayısı değerinin 0.45-0.65 arasında değiştiğini ve kullanılan bağıntının yaklaşık +/- %12 sapma ile sonucu hesaplayabildiğini göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı çalışma şartları için ölçülen orifis katsayısı değerleri ve hesaplanan değerden sapma oranı [6]

Genleşme vanalarındaki akışın değerlendirilmesi için, π boyutsuz değişkenlerine bağlı çalışmaların dışında diğer modeller de geliştirilmiştir. Zhifang ve ark. [9] çalışmalarında orifis katsayısını Denklem 5'teki gibi ifade etmişlerdir:

$$C_D = C_0 \cdot S^{C_1} \cdot E^{C_2} \quad (5)$$

Burada, C_0 , C_1 , C_2 sabit sayılar, "S" basınç farkının yüzey gerilimine oranına, "E" ise viskoz etkilere bağlı olarak tanımlanmış boyutsuz büyüklüklerdir. Saleh ve ark. [10] çalışmalarında ise, kütleli debiyi yapay sinir ağı modeli kullanarak belirlemişlerdir. Görüldüğü üzere, tek fazlı akışların aksine, iki fazlı orifis akışında kütleli debi termo-fiziksel ve geometrik çok sayıda değişkene bağlıdır. Genleşme etkisinin göz önüne alındığı modellerde, akışkanın buhar fazına geçmesi maksimum debiyi sınırlamaktadır. Ancak orifis içindeki buharlaşma etkisinin sınırlı olduğu kısa orifislerde, tek fazlı akışlardakine yakın bir orifis katsayısı değeri seçilerek kütleli debi hesaplanabilir.

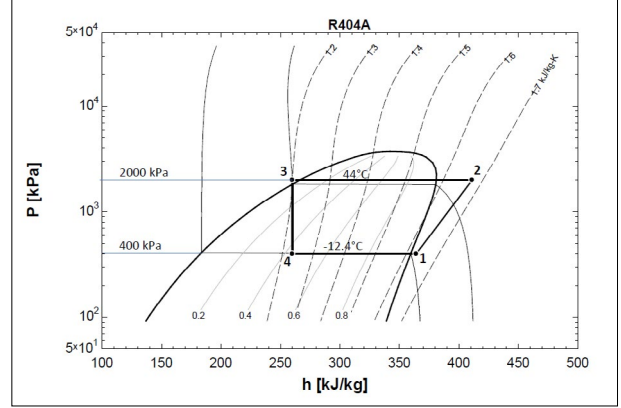
2. KÜTLESEL DEBİ VE SOĞUTMA KAPASİTESİNİN ÇALIŞMA ŞARTLARI İLE DEĞİŞİMİ

Bu bölümde, örnek bir orifis açıklıklı genleşme vanası göz önüne alınarak, farklı çalışma şartları için maksimum kütleli debi ve soğutma kapasitesinin değişimi incelenmiştir. Orifisin kısa orifis olarak göz önüne alınmasından dolayı, buharlaşma esas olarak orifis çıkışından sonra meydana gelecektir. Bunun bir sonucu olarak genleşme etkilerinin akışa etkisi ihmal edilmiş ve kütleli debinin hesaplanması için (1) numaralı bağıntı kullanılmıştır. Çok düşük olmayan Reynolds sayılarında, orifis katsayısının 0,50 ile 0,60 arasında değişmesi beklenebilir. Burada emniyetli tarafta kalmak üzere hesaplamalar $C_d=0,50$ kabulü yapılarak yapılmıştır.

2.1 Genleşme Vanası Soğutma Kapasitesinin Örnek Durum İçin Belirlenmesi

Göz önüne alınan soğutucu akışkan R404A'dır. Akışkanın vana girişindeki basıncı 20 bar, sıcaklığı 40°C alınmıştır. Bu sıcaklık doyma sıcaklığının 4°C altındadır. Sıvı akışkanın giriş şartlarındaki yoğunluğu 965 kg/m^3 'tür. Orifis deliği karşı basıncı (buharlaştırıcı basıncı) 4 bar alınmıştır. Girişteki sıvı akışkan yoğunluğu esas alınarak akışkanın orifis deliğinden geçiş hızı $28,79\text{ m/s}$ olarak hesaplanır. Orifis delik çapı $1,1\text{ mm}$ alınarak geçen akışkan kütlesi ise $0,0264\text{ kg/s}$ olarak hesaplanır. Tanımlanan karşı basınç için genleşme vanası çıkışındaki sıcaklık $-12,4^\circ\text{C}$ ve kuruluk derecesi (buhar kütlesi oranı) $0,44$ olmaktadır. Akışkanın 4 bar basınçta tam buharlaşması için evaporatör çıkışındaki sıcaklık $-12,1^\circ\text{C}$ olmalıdır. Kızgınlık miktarı 5°C alınarak çıkış sıcaklığı $-7,1^\circ\text{C}$ olarak hesaplanır. Bu şartlar altında soğutma kapasitesi $2,744\text{ kW}$ olmaktadır. Öngörülen çevrimin basınç-entalpi (lnP-h) diyagramı Şekil 3'te şematik olarak verilmiştir. Burada 1 durumu buharlaştırıcı çıkış, 2 durumu kompresör çıkış, 3 durumu yoğuşturucu çıkışı ve 4 durumu

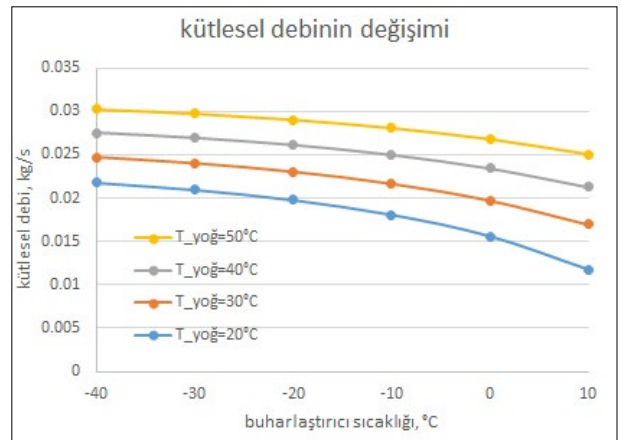
da buharlaştırıcı girişi durumudur. Genleşme vanası durum değişimi 3-4 arasında, soğutma işlemi ise 4-1 arasında gerçekleşmektedir.



Şekil 3. Örnek durum için çevrim ln P- h diyagramı

2.2 Genleşme Vanası Soğutma Kapasitesi ve Kütleli Debinin Çalışma Şartları ile Değişimi

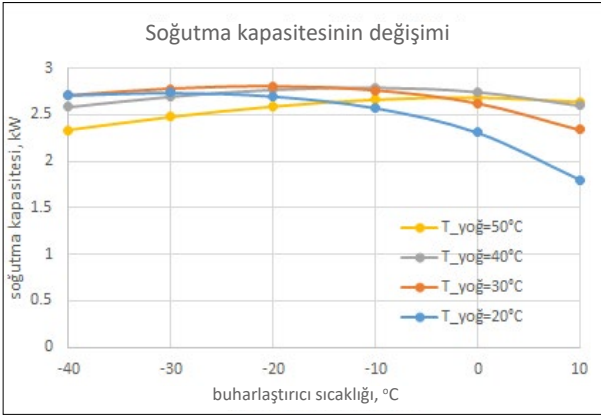
Yukarıdaki hesaplamalar farklı yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları için tekrarlanmış ve hesaplanan kütleli debi ve soğutma kapasiteleri Tablo 1'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalarda, aşırı soğutma 4°C ve buharlaştırıcı çıkışı kızgınlık derecesi 5°C olarak sabit tutulmuştur. Yoğuşma sıcaklığının 20°C 'dan 50°C 'a artırılması ile, kütleli debinin göz önüne alınan buharlaşma sıcaklığına bağlı olarak yaklaşık %50 ile %110 arasında arttığı görülmektedir. Bu artış, genleşme vanası giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkının artışından ileri gelmektedir. Soğutma kapasitesi ise, debi ile doğrusal olarak değişmemektedir. Bu durum yüksek yoğuşma basınçlarında akışkanın birim soğutma kapasitesinin azalması ile açıklanabilir. Kütleli debi ve yoğuşma kapasitelerinin değişimleri Şekil 4 ve Şekil 5'te grafik olarak sunulmuştur.



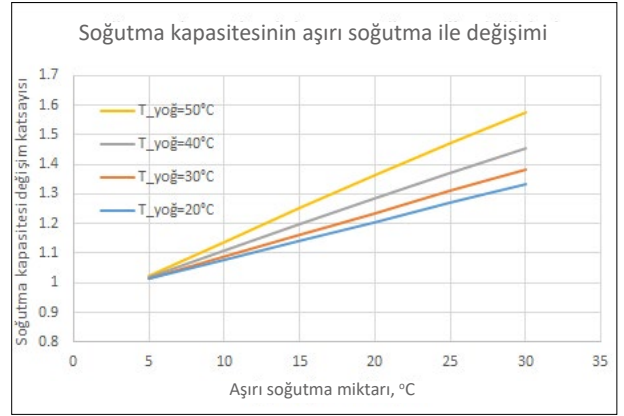
Şekil 4. Farklı yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları için kütleli debinin değişimi

Tablo 1. Kütlesel debi ve soğutma kapasitesinin yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları ile değişimi

$T_{\text{yoğuşma}}$	20°C		30°C		40°C		50°C	
T_{buhar}	\dot{m} [kg/s]	\dot{q} [kW]	\dot{m} [kg/s]	\dot{q} [kW]	\dot{m} [kg/s]	\dot{q} [kW]	\dot{m} [kg/s]	\dot{q} [kW]
10°C	0,01174	1,796	0,01696	2,340	0,02127	2,599	0,02502	2,640
0°C	0,01560	2,307	0,01971	2,620	0,02342	2,743	0,02677	2,687
-10°C	0,01807	2,574	0,02164	2,757	0,02498	2,790	0,02806	2,664
-20°C	0,01976	2,701	0,02301	2,800	0,02612	2,767	0,02902	2,589
-30°C	0,02094	2,738	0,02399	2,776	0,02694	2,694	0,02972	2,474
-40°C	0,02176	2,712	0,02468	2,705	0,02753	2,584	0,03021	2,331



Şekil 5. Farklı yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları için soğutma kapasitesinin değişimi



Şekil 6. Soğutma kapasitesinin aşırı soğutma ile değişimi

2.3. Aşırı Soğutma Sıcaklığının Değişiminin Etkisi

Yoğuşturucudan çıkan akışkanın sıcaklığının düşmesi (aşırı soğutma) ile birlikte, sıvı akışkanın yoğunluğu ve vanadan geçen akışkanın kütlesel debisi artmakta, aynı zamanda vana çıkışındaki kuruluk derecesinin azalması ile birim akışkanın soğutma kapasitesi artmaktadır. Burada göz önüne alınmayan ilave bir etki ise, genleşme vanası geçişindeki buharlaşmanın azalması ile orifis kayıplarının azalmasıdır. Sonuç olarak, aşırı soğutmanın artması ile birlikte genleşme vanası soğutma kapasitesinde hissedilir bir artış olmaktadır. Soğutma kapasitesinin aşırı soğutma derecesine bağlı değişimi farklı yoğuşma sıcaklıkları için Şekil 6'da grafik olarak gösterilmiştir. Hesaplanan kapasite değişim oranına buharlaşma sıcaklığının etkisi ortalama değerini %5'ini aşmamış olup grafikler ortalama değerler üzerinden sunulmuştur.

2.4. Aşırı Kızdırmanın Etkisi

Soğutma kapasitesini etkileyen diğer bir husus soğutkanın buharlaştırıcı çıkışındaki kızgınlık

derecesidir. Kızgınlık derecesinin 5°C'dan 20°C'a artması ile birlikte birim akışkan kütlesi için soğutma kapasitesinin %10 ile %15 arasında arttığı hesaplanmıştır. Buna karşılık, kızgınlık derecesindeki artış kompresör emiş kapasitesinde azalmaya neden olmakta ve çoğu durumda yukarıdaki artışı dengelemektedir. Bu nedenle bu çalışmada, kızgınlık derecesinin değişiminin soğutma kapasitesine etkisi verilmemiştir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Genleşme vanasının orifis katsayısının değişmediği kabul edilerek yapılan çalışmada, genleşme vanasından geçen akışkan debisi ve farklı çalışma şartlarında sağlanabilecek soğutma kapasiteleri incelenmiştir. Vanadan geçen akışkanın kütlesel debisi ve sağlanabilecek soğutma kapasitesi, farklı yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları için ve farklı aşırı soğutma kızgınlık dereceleri için grafik olarak sunulmuştur. Sonuçlar, aşırı soğutmanın artması ile birlikte soğutma kapasitesinin yaklaşık doğrusal olarak arttığını, kızgınlık derecesinin değişiminin

soğutma kapasitesine etkisinin ise sınırlı olduğunu göstermektedir. Farklı çalışma şartlarında yapılacak deneylerde, orifis katsayısının değişimi göz önüne alınarak daha hassas sonuçlara ulaşılabilecek olmakla birlikte, elde edilen sonuçların genişleme vanası orifis çapının seçimi için yeterli olacağı değerlendirilmektedir. Burada göz önüne alınması gereken bir husus, soğutma kapasitesinin kompresör emiş kapasitesi başta olmak üzere soğutma çevriminde kullanılan tüm bileşenlere ve bunların karşılıklı etkileşimine bağlı olduğudur. Yapılan çalışma, orifis deliğinin izin verdiği en yüksek debinin ve buna bağlı olabilecek en yüksek soğutma kapasitesinin belirlenmesi ile sınırlıdır. ■

KAYNAKLAR

- [1] Anderson, M. "Pressure drop & critical flow of SCF", Joint ICTP-IAEA Course on Science and Technology of Supercritical Water Cooled Reactors, The Abdus Salam International Centre for theoretical physics, 2291-13, SCWRs, Trieste, Italy, 27 June - 1 July 2011.
- [2] ANSI/ISA-75.01.01 (IEC 60534-2-1 Mod) Flow Equations for sizing control valves, 2007.
- [3] Li W., Simplified modeling analysis of mass flow characteristics in electronic expansion valve, Applied Thermal Engineering, 53.1: 8-12, 2013.
- [4] Chen T., Cha D. A., Kwon O. K., Experimental investigation on mass flow characteristics of R245fa through electronic expansion valve, Applied Thermal Engineering, 125: 111-117, 2017.
- [5] Park C., Cho H., Lee Y., Kim Y., Mass flow characteristics and empirical modeling of R22 and R410A flowing through electronic expansion valves, International Journal of Refrigeration, 30.8: 1401-1407, 2007.
- [6] Shanwei M., Chuan Z., Jiangpin C., Zhijiu C., Experimental research on refrigerant mass flow coefficient of electronic expansion valve, Applied Thermal Engineering, 25: 2351-2366, 2005.
- [7] Qifang Y., Jiangpin C., Zhijiu C., Experimental investigation of R407c and R410A flow through electronic expansion valve, Energy Conversion and Management, 48.5: 1624-1630, 2007.
- [8] Chuan Z., Shanwei M., Jiangpin C., Zhijiu C., Experimental analysis of R22 and R407c flow through electronic expansion valve, Energy Conversion and Management 47.5: 529-544, 2006.
- [9] Zhifang X., Lin S., Hongfei O., Refrigerant flow characteristics of electronic expansion valve based on thermodynamic analysis and experiment, Applied Thermal Engineering, 28.2-3: 238-243.2008.
- [10] Saleh B., Aly A. A., Artificial neural network models for depicting mass flow rate

of R22, R407C and R410A through electronic expansion valves, International journal of refrigeration, 63: 113-124, 2016.

ÖZGEÇMİŞLER

Kasım KARATAŞ

1995 yılı Kütahya doğumludur. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü 2018 yılında bitirmiştir ve 2023 yılında Mekanik ana bilim dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2021 yılı itibarıyla E.C.A Valf Sanayii AŞ'de AR-GE mühendisi olarak görev yapmaktadır. Soğutma sistem valfleri ürün grubunda ürün tasarımı ve geliştirme süreçlerinde yer almaktadır. Mekanik tasarım ve soğutma sistemleri alanlarında çalışmalarına devam etmektedir.

Emin Yiğit UMUR

1997 yılı Manisa doğumludur. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü 2022 yılında bitirmiştir ve 2023 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2022 yılı itibarıyla E.C.A Valf Sanayii AŞ'de AR-GE mühendisi olarak görev yapmaktadır. Soğutma sistem valfleri ürün grubunda ürün tasarımı ve geliştirme süreçlerinde yer almaktadır. Mekanik tasarım ve soğutma sistemleri alanlarında çalışmalarına devam etmektedir.

M. Serhan KÜÇÜKA

1983 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarını aynı üniversitede tamamlamıştır. Çalışma konuları soğutma çevrimleri, jeotermal sistemler, ısı güneş enerjisi sistemleri ve biyo-ısı transferi konularıdır.