

KISMİ DEVAMLIL FONKSİYONLAR KULLANARAK SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN DOYMA BASINÇ EĞRİLERİNİN HASSAS OLARAK OLUŞTURULMASI

M. Turhan ÇOBAN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

Turhan.coban@ege.edu.tr

ÖZET

Doyma basıncının doyma sıcaklığının fonksiyonu olarak hesaplanması soğutucu akışkanların faz değişim termodinamik özelliklerinin en önemlilerindedir. Doyma sıcaklık basınç eğrisinin hassas olarak hesaplanması doyma entalpi değişiminin doğru olarak hesaplanması için de önemli bir parametredir. Bu çalışmada kısmi devamlı lineer fonksiyonların kullanılmasının devamlı fonksiyon kullanımına göre daha hassas sonuçlar elde etmemizi sağlayacağı örnekler üzerinden gösterilmiş ve kısmi devamlı fonksiyonları hesaplayabilecek lineer genel eğri uydurma programı geliştirilmiştir. Çeşitli soğutma akışkanları için sonuçlar iki klasik eğri uydurma denklemi sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve kısmi devamlı fonksiyonların avantajı hata karşılaştırmasıyla gösterilmiştir.

1- GİRİŞ

Doyma basıncının sıcaklığın fonksiyonu olarak elde edildiği eğri, tek bir eğri uydurmaya çalıştığımızda oldukça zor bir proses olduğunu gözlemleriz. Bu zorluğun en önemli sebebi kritik nokta civarında değerlerin çok hızlı değişmesidir. Eğri seçiminde genellikle bu özellik göz önünde bulundurulur, ancak bu durumda eğrimiz lineer olmayan bir durum alır ve yine de kritik nokta civarında elde ettiğimiz sonuçlar mükemmel sayılamayacak kadar hatalı olabilir. Denklem lineer olmayan şekil aldığında eğri uydurma işleminin iteratif bir prosese dönüşmesi de ek bir zorluk getirebilir. Bu yüzden bu çalışmada kısmi devamlı, katsayıları lineer olarak tanımlanan eğriler kullanarak sıcaklık basınç eğrisinin hassas olarak tanımlanmasını sağlamaya çalışacağız.

2- DENKLEMLERİN TANIMI

Kısmi devamlı lineer bir denklem

$$P_{doyma} = a_{0i} + a_{1i}T + a_{2i}T^2 + a_{3i}T^3 + a_{4i}/T + a_{5i}/T^2 + a_{6i}/T^3 \quad T_{Li} \leq T \leq T_{Hi} \quad i = 0 \dots n \quad (1)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada verilen denklem sadece T_{Li} ve T_{Hi} sınırları arasında tanımlıdır. T (K) doyma sıcaklığı, T_c (K) kiritik sıcaklıktır. Sınır değıştikçe denklem de değışir. Toplam veri bölgesinin n alt bölgeye bölündüğünü varsayarsak, bu katsayılardan n set hesaplamamız gerekecektir. Bu denklemde tüm katsayılar yerine bir alt set alınabilir. Örneğın sadece 2 katsayı kabul edersek denklem lineer polinom denklemi olur.

Karşılaştırma denklem sistemi olarak [3]

$$\log_{10} P_{doyma} = a_0 + a_1/T + a_2 \log_{10} T + a_3 T + a_4 ((a_5 - T)/T) \log_{10} (a_5 - T) \quad (2)$$

bu denklemdeki P_{doyma} doyma basıncı, T doyma sıcaklığı (K), a_0, \dots, a_5 soğutucu akışkan verisinden elde edilen eğri uydurma parametreleridir.

İkinci karşılaştırma denklemimiz Biraz daha kompleks bir form oluşturuyor. Bu denklemi özellikle makale başlığındaki hassas sözcüğünden dolayı seçtim[2]. Bu denklem

$$P_{doyma} = (p(t) - 1)(P_c - P_t) + P_t \quad (3-1)$$

$$p(t) = \{ [p_0(t)]^N + [p_\infty(t)]^N \}^{1/N} \quad (3-2)$$

$$t = \frac{T - T_t}{T_c - T_t} \quad (3-3)$$

$$p_0(t) = 1 - \frac{P_t}{P_c - P_t} \{1 - [1 + At]^s \exp\left(\frac{ARt}{1 + At}\right)\} \quad (3-4)$$

$$A = \frac{T_c - T_t}{T_t} \quad (3-5)$$

$$r = \frac{a_1}{RT_t} - \frac{a_0}{R} \quad (3-6)$$

$$s = \frac{a_0}{R} \quad (3-7)$$

$$p_\infty(t) = 2 - a_2(1-t) + a_3(1-t)^{2-\theta} + a_4(1-t)^3 + (1-t)^4 \quad (3-8)$$

$$a_3 = -0.11599104 + 0.2950258 * a_2^2 - 0.00021222a_2^5 \quad (3-9)$$

$$a_4 = -0.1546028 + 0.0897816 * a_2^2 - 0.05322199a_2^3 \quad (3-10)$$

$$a_5 = 0.5725757 - 0.06817687 * a_2^2 + 0.00047188a_2^3 \quad (3-11)$$

$$\theta = 0.2 \quad (3-12)$$

$$N = 87 \frac{T_t}{T_c} \quad (3-13)$$

bu denklem setinde P_t (kPa) soğutucu akışkanın üçlü nokta basıncı, P_c (kPa) kritik nokta basıncı, T_t üçlü nokta sıcaklığı(K), T_c (K) kritik nokta sıcaklığıdır. P_{doyma} doyma basıncını verir. a_0 , a_1 ve a_2 akışkan bağımlı katsayılarımızdır.

3- ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Denklem katsayılarını bulmak için en küçük kareler metodundan yararlanacağız. Önce bu yöntemin genel bir tanımını yapalım. x_i, y_i $i=0 \dots (n-1)$ verisi verilmiş olsun bu veriyi önce l veri setine bölelim. Verimiz x_i, y_i y_i $i=(n-1)/l * k \dots (n-1)/l * (k+1)$ $k=0 \dots (l-1)$ halini alır. Buradaki n toplam veri sayısı, l toplam veri seti sayısıdır. Bu durumda $f_k(x) = \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x)$, $x_{Li} \leq x \leq x_{Hi}$, $k = 0 \dots (l-1)$ (4) j inci derece fonksiyon

seti verilmiş olsun. Buradaki ϕ_j katsayıların çarpıldığı fonksiyonlardır. Örneğin denklem (1) için $\phi_0=1$, $\phi_1=T$, $\phi_2=T^2$, $\phi_3=T^3$, $\phi_4=1/T$, $\phi_5=1/T^2$, $\phi_6=1/T^3$ değerlerini almıştır. Bu fonksiyona x_i, y_i $i = (n-1)/l * k \dots (n-1)/l * (k+1)$ verisini uydurmak istiyoruz. Bunu yapmak için önce veri setimizi l alt veri setine bölüyoruz ve x_{Li} ve x_{Hi} değerleri arasındaki her veri seti için en uygun $a_{jk}^{(m)}$ ($j=0 \dots m$) değerlerini bulmak istiyoruz.

$$\text{Bunun için } H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)}) = \sum_{i=(n-1)/l * k}^{(n-1)/l * (k+1)} w_k(x_i) \left[\frac{y_i - \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x_i)}{(l-1)} \right]^2 \quad (5) \text{ hata fonksiyonunun minimum}$$

değerini bulmamız gerekir. Fonksiyondaki $w_k(x)$ ağırlık fonksiyonu adını alır ve $w_k(x_i) \geq 0$ $i = 1, \dots, n$ olmalıdır. Fonksiyonun minimum noktası türevinin 0 a eşit olduğu nokta olacaktır.

$$\frac{\partial H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)})}{\partial a_p^{(m)}} = \frac{2}{(l-1)} \sum_{i=1}^n w_k(x_i) \left[\frac{y_i - \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x_i)}{(l-1)} \right] \phi_p(x_i) = 0 \quad p = 0, \dots, m \quad (6)$$

$$\left\{ \sum_{j=0}^m w_k(x_i) \phi_j(x_i) \phi_p(x_i) \right\} [a_j^{(m)}] = \left[\sum_{i=1}^n w_k(x_i) \phi_p(x_i) y_i \right] \quad p = 0, \dots, m \quad (7)$$

Bu denklem temel olarak $m+1$ lineer denklem sistemidir.

ağırlık katsayısı $w(x_i) = 1$ olarak seçilirse genel en küçük kareler metodu

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \phi_0^2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_1(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_m(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_1(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1^2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_m(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_2^2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i)\phi_m(x_i) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_m(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_m(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i)\phi_m(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_m^2(x_i) \end{pmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)f(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)f(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i)f(x_i) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n \phi_m(x_i)f(x_i) \end{bmatrix} \quad (8)$$

formunu alır. Bu denklemi $k=0, \dots, (l-1)$ için l kere çözmemiz gerekir. Toplam hata fonksiyonunu

$$H = \sum_{k=0}^{(l-1)} H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)}) \quad (9) \text{ şeklinde tanımlıyabiliriz.}$$

Yöntem olarak kısmi devamlı fonksiyonun farkı bir fonksiyon yerine her biri bir alt bölgeyi kapsıyan bir fonksiyon serisinin bulunmasıdır. Daha küçük bölgelerde veriler daha uniform özellikler gösterdiklerinden universal veri uydurmaya göre çok daha hassas veri uydurma mümkün olacaktır. Tabi verilen sıcaklığa göre bilgisayarın katsayı setlerinden hangisini kullanacağına karar vermesi gerekir. Bu yüzden katsayılar matrisine genellikle verinin geçerli olduğu minimum ve maksimum sıcaklık bölgesi de eklenir.

4- SONUÇLAR VE KARŞILAŞTIRMA

Sonuçları irdeleme için toplam hata teriminin standart sapmaya benzer bir tanımını aldık.

$$H = \left\{ \sum_{i=0}^n \left[\frac{y_i - \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x_i)}{(n-1)} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (4.1)$$

Denlem katsayılarının hesaplanması için Java programlama dilinde bir model geliştirdik. Denklem katsayılarının hesaplanması için kısmi pivotlu gauss elimine yöntemi kullandık. Hatamızı toplam hata ve hata dağılım fonksiyonu olarak irdeledik. Toplam Hatanın kabul edilebilir olduğu bölgelerde eğer yerel hata çok büyükse uydurulan eğri yine de yeterli olmayabilir. Veri olarak ASHRAE el kitabında yayınlanan R134a verisi kullanıldığında Karşılaştırma denklemi (2) hata miktarı 0.757563, karşılaştırma denklemi (3) hata miktarı 4.5389941 olarak saptanmıştır. R134a için denklem (2) katsayıları : $a = \{40.69889, -2362.54, -13.06883, 7.616005e-3, 0.2342564, 376.1111\}$, denklem (3) katsayıları : $a = \{-45.37032, 26233.885, 4.164859\}$ şekline verilmiştir.

1,2,6 ve 24 denklemler, 6 katsayılı denklemlerin katsayıları Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 1 R134a kısmi devamlı denklem katsayıları – denklem (1)

a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	TL	TH
N=1								
-904555.3006	2993.056638	-	4.278465E-03	1.56E+08	1.446613E+10	5.584265E+11	103.30	101.06
N=2								
-96629.23651	514.6407515	-	1.603528E-03	9660486.254	4.616456E+08	6.931900E+09	103.30	21.03
244699.0078	6701.259262	-	1.460077E-02	-7.94E+08	1.955226E+11	1.544514E+13	21.03	101.06
N=6								
840330.2434	2946.277886	-	-3.934661E-03	-1.33E+08	1.100767E+10	3.772405E+11	103.30	-25.24
-29492.49094	123.3746852	0.14381666	2.954740E-04	3.11E+07	6.746584E+09	4.749905E+11	-25.24	-2.06
-27568.4696	4.635314505	0.22589326	6.176530E-04	2.06E+07	4.528222E+09	3.286557E+11	-2.06	20.91
-9323.652671	15.87743805	0.30406185	7.649877E-04	1.85E+07	4.961433E+09	4.036345E+11	20.91	43.88
214204.0871	364.9988208	2.45390573	3.035070E-03	-8.25E+07	8.120697E+09	2.085494E+10	43.88	66.85

414646.3061	1897.288122	-	9.991250E-	-	-	-	-	-	-
		9.24843679	03	-7.25E+07	4.478198E+10	8.616240E+12	66.85	101.06	
N=24									
-97823.22114	1706.466136	-	9.191295E-	-	-	-	-	-	-
		6.79640588	03	-2.72E+07	4.760890E+09	2.235207E+11	103.30	-81.48	
-377522.8965	1154.353564	-	1.293659E-	-	-	-	-	-	-
		1.86936823	03	6.81E+07	6.419927E+09	2.467574E+11	-81.48	-52.98	
-970452.8485	6121.661061	-	1.172553E-	-	-	-	-	-	-
		14.1818417	02	-3.89E+07	2.714489E+10	2.118414E+12	-52.98	-28.36	
71893.56463	771.5166066	-	5.526123E-	-	-	-	-	-	-
		23.4130054	02	1.14E+08	1.516355E+10	5.658207E+12	-28.36	-25.43	
-51463.64847	506.5674632	-	2.059833E-	-	-	-	-	-	-
		1.81016283	03	1.35E+07	5.360873E+09	5.900459E+11	-25.43	-19.51	
1606.994021	26.06965754	-	2.625024E-	-	-	-	-	-	-
		0.02533453	04	563154.7697	6.695158E+08	9.299923E+10	-19.51	-13.82	
-13200.62995	99.87939048	-	-5.692595E-	-	-	-	-	-	-
		0.53074609	04	164718.8057	1.706539E+09	2.180342E+11	-13.82	-8.12	
3396.098005	17.08878734	-	3.295269E-	-	-	-	-	-	-
		-0.0844095	04	116544.6276	1.937001E+08	3.823689E+10	-8.12	-2.42	
-76.27885053	28.75274883	-	1.198788E-	-	-	-	-	-	-
		0.05057845	04	1741525.332	1.092656E+09	1.276388E+11	-2.42	3.27	
-2473.436642	20.11740256	-	4.302900E-	-	-	-	-	-	-
		0.11664293	04	4453975.349	6.366322E+08	8.590925E+09	3.27	8.97	
-7800.195686	4.414763191	-	4.113400E-	-	-	-	-	-	-
		0.12658113	04	1251652.571	7.567156E+08	1.381040E+11	8.97	14.67	
4585.504659	82.26145298	-	1.161035E-	-	-	-	-	-	-
		0.14087792	04	247028.7942	8.448325E+08	1.411759E+11	14.67	20.36	
3507.023486	54.28670344	-	3.210256E-	-	-	-	-	-	-
		0.00618748	04	1197142.532	5.153794E+08	1.173397E+11	20.36	26.06	
-1522.929547	67.16939549	-	1.075560E-	-	-	-	-	-	-
		0.14378318	04	1805484.026	2.104815E+09	2.925850E+11	26.06	31.76	
-3167.370489	92.45592297	-	1.803369E-	-	-	-	-	-	-
		0.1478929	04	3256098.327	1.015707E+09	2.352190E+11	31.76	37.45	
-34612.66021	100.2819812	-	2.364833E-	-	-	-	-	-	-
		0.20208725	04	1.26E+07	1.729027E+09	5.543176E+11	37.45	43.15	
18226.03008	10.04182792	-	9.100722E-	-	-	-	-	-	-
		0.45428193	04	2672358.884	1.734008E+09	1.657067E+11	43.15	48.85	
-55570.42752	6.848205651	-	-6.473018E-	-	-	-	-	-	-
		0.27196406	05	690926.3878	6.850300E+09	1.031793E+12	48.85	54.55	
-1936.580646	89.27288982	-	5.393822E-	-	-	-	-	-	-
		0.05194834	04	9151208.716	2.986118E+08	2.069584E+11	54.55	60.24	
-11165.66228	208.7159646	-	5.693938E-	-	-	-	-	-	-
		0.1656055	04	1.11E+07	4.973575E+09	1.305816E+12	60.24	65.94	
9879.615009	143.2430062	-	8.976419E-	-	-	-	-	-	-
		0.16384234	04	6007559.73	3.933177E+09	1.070620E+12	65.94	71.64	
14481.75345	665.3837773	-	2.906745E-	-	-	-	-	-	-
		0.43209753	03	5.20E+07	1.638724E+10	5.713995E+12	71.64	77.40	
1018303.386	1749.978946	-	3.031502E-	-	-	-	-	-	-
		0.93050792	03	-2.17E+07	8.146197E+10	1.318851E+13	77.40	87.66	
281963.3172	4270.134566	-	-5.841323E-	-	-	-	-	-	-
		8.89034722	03	4.01E+08	1.322234E+11	1.327152E+13	87.66	101.06	

Toplam hata değerleri hem denklem sayısı yönünden hem de fonksiyon katsayılarının sayısı yönünden iki boyutlu olarak incelenmiştir. Tablo 2 de toplam hata terimi denklem katsayısı ve kısmi denklem sayıları cisinden listelenmiştir.

Tablo 2 R134a kısmi devamlı denklem toplam hata miktarları – denklem (1)

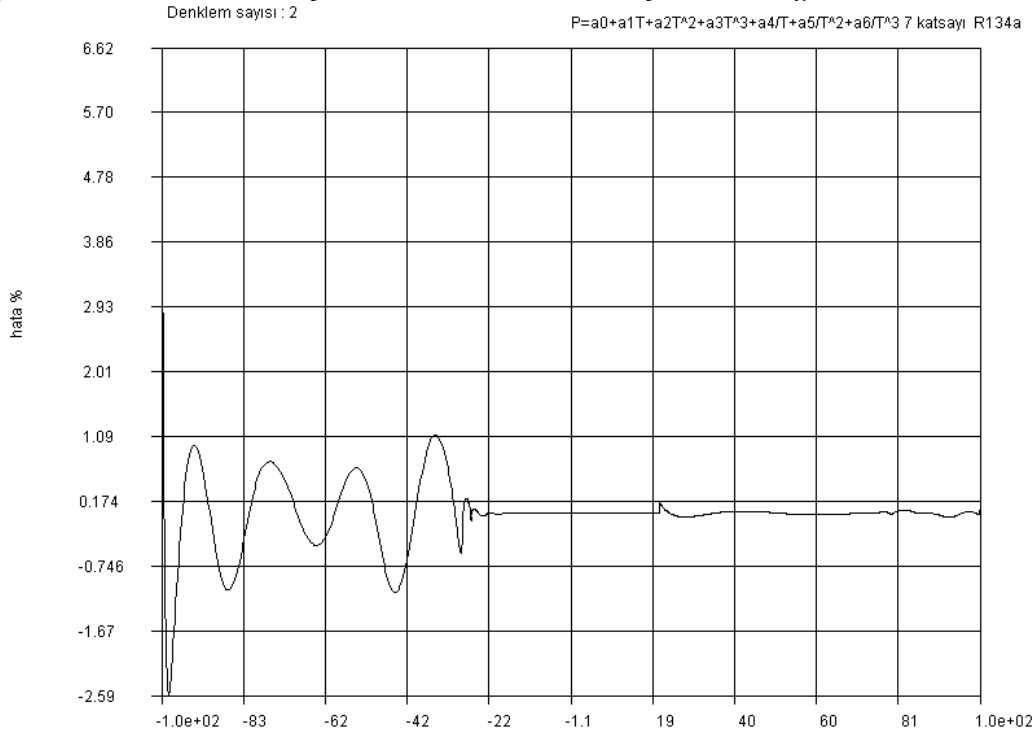
denklem sayısı N=	1	2	6	24	126
7 katsayı (0..6)	1.7530640	0.3164135	0.2119138	0.1509598	0.0394252

6 katsayı (0..5)	2.7868067	0.3052086	0.2523132	0.1505238	0.0119228
5 katsayı (0..4)	5.6986209	0.6439426	0.2139137	0.1519264	0.0393995
4 katsayı (0..3)	18.3914927	2.3645418	0.3101148	0.1560654	0.0394958
3 katsayı (0..2)	142.5019200	19.0917940	1.9433057	0.1670640	0.0394999

Toplam hatadan denklem 7 katsayılı setin pratik kullanımlar için yeterli hassasiyeti vereceğini söyleyebiliriz. Bu değerler toplam hata olarak referans denklem (2) ye göre 5 kat küçük toplam hata vermektedir.

Bir de yerel hatalara göz atalım. Bunu daha iyi irdelemek için grafik olarak vereceğiz. Şekil 1,2,3,4 ve 5 2,6,24,126 denklemler 7 katsayılı kısmi devamlı denklemlerin bize verdiği kısmi hataları veriyor. Kısmi hataların – bölgelerde daha yoğun olması da dikkat çekiyor. Bunun sebebinin ölçüm hataları olabileceğini sanıyorum.

Şekil 1 : 2 denklemler 7 katsayılı kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı

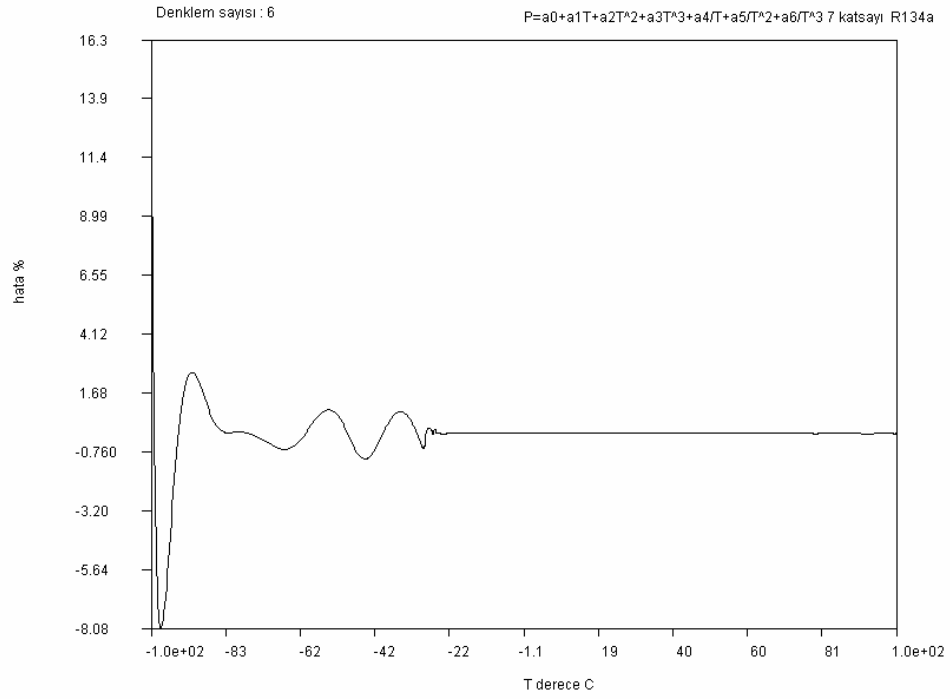


Şekil 6 ve Şekil 7 de referans denklemlerin (denklem 2-3) yerel hatalarını ve 22 ve 45 denklemler 7 katsayılı kısmi devamlı denklemlerin yerel hatalarını karşılaştırmalı olarak aynı grafiğin üzerinde gösterdik.

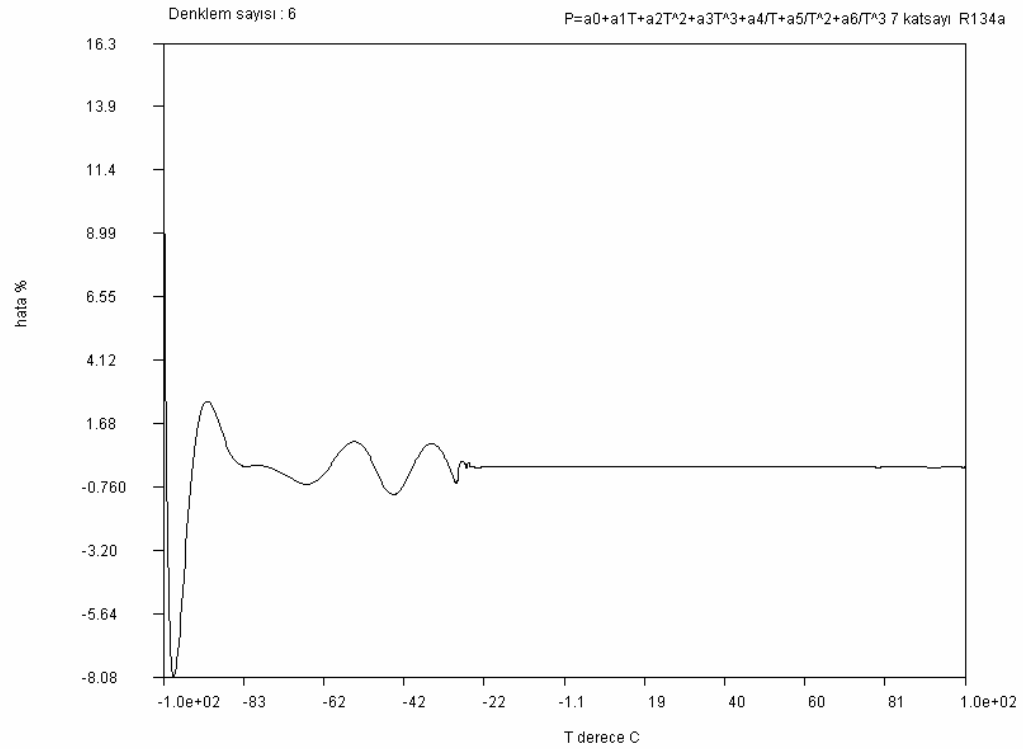
Karşılaştırmanın daha iyi gözlemlenebilmesi için ikinci bir soğutucu akışkanın verisine daha göz atalım. İkinci akışkan olarak R123 alacağız. R123 için referans denklemi (2) nin katsayıları : $a=\{1656.333,-2.480583e6,17.92522,-8.86838e-2,4.617861e2,1.666667e3\}$

Referans denklemi (3) katsayıları : $a=\{-49.81709,33076.999,4.703179\}$. R123 için Denklem (2) toplam hata miktarı 3.0363329715920164, Denklem (3) toplam hata miktarı 2.4648869721150373 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi denklem (3) daha hassas sonuç vermiştir.

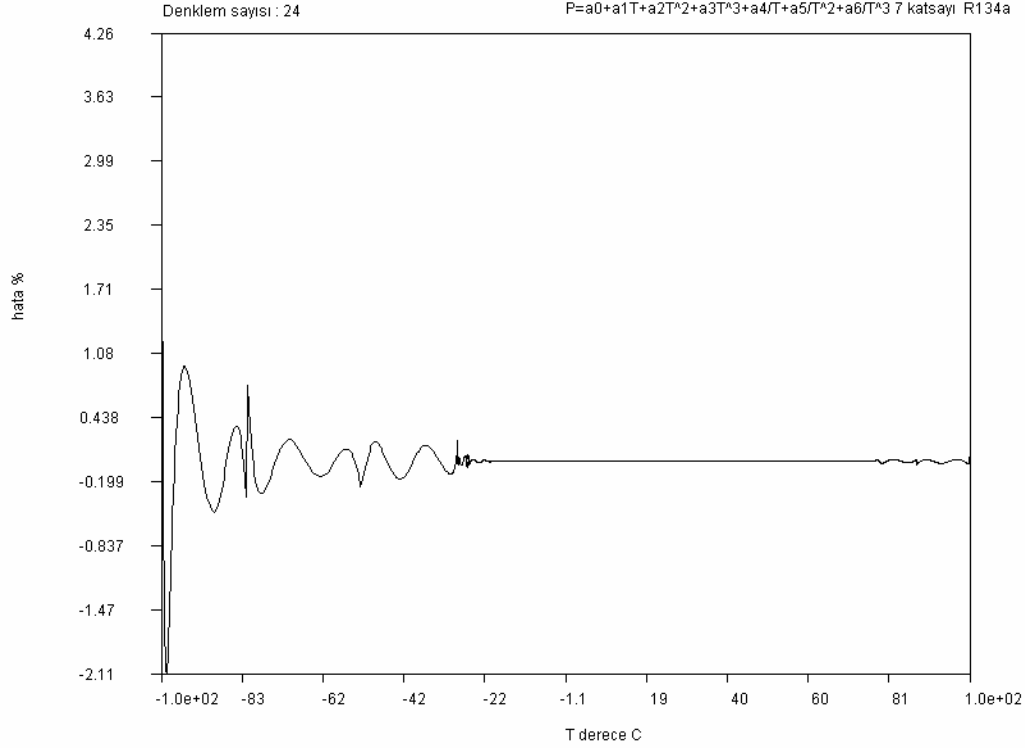
Şekil 2 : 6 denklemler 7 katsayılı kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı



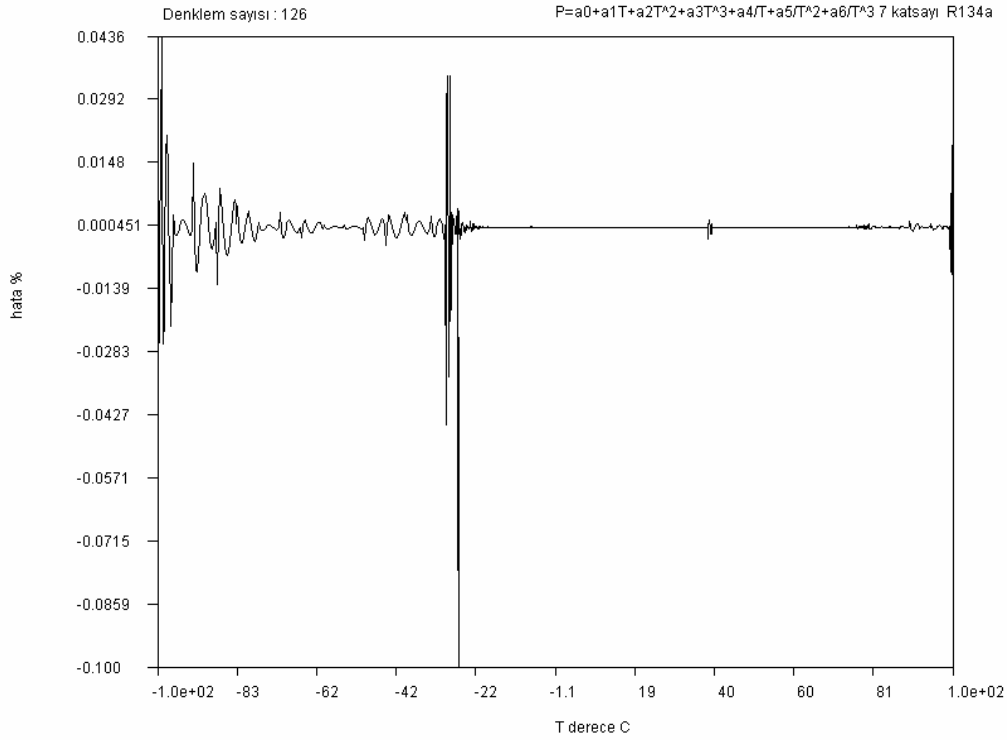
Şekil 3 : 24 denklemlerli 7 katsayı kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı



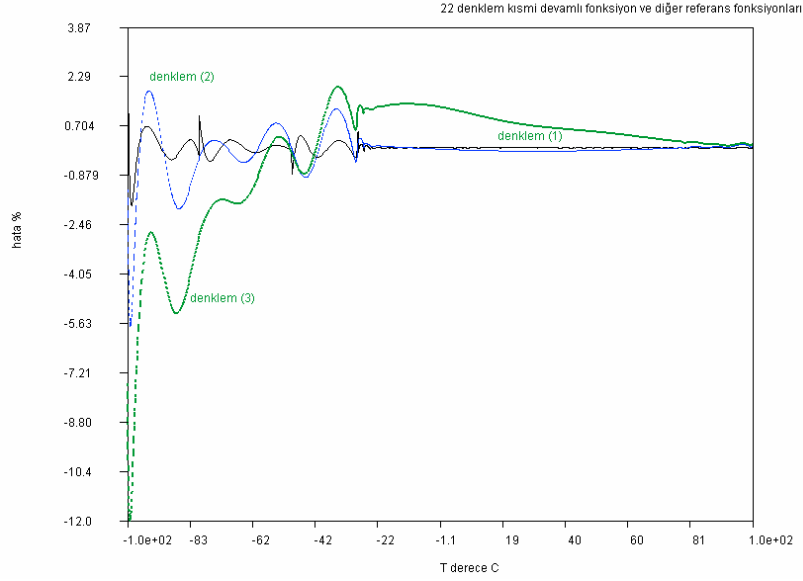
Şekil 4 : 24 denklemlerli 7 katsayı kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı



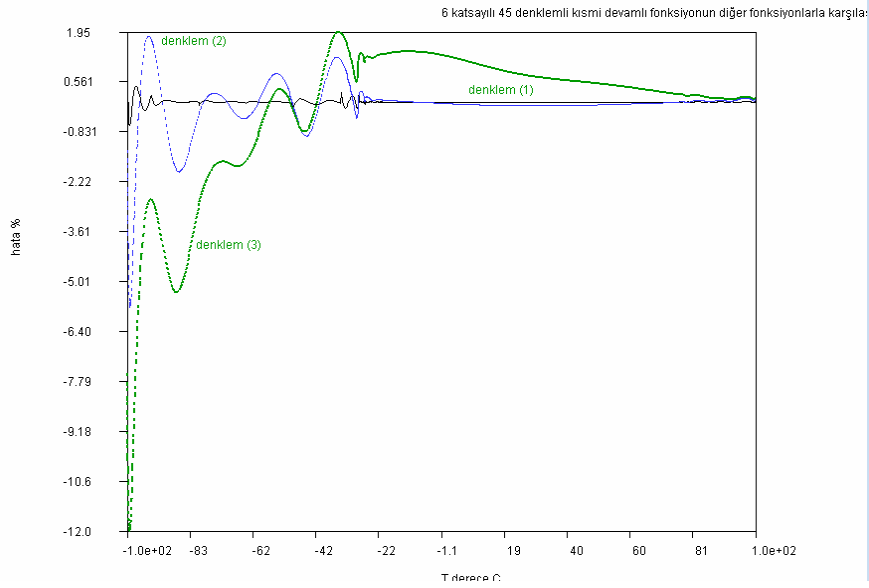
Şekil 5 : 126 denklemlilik 7 katsayılı kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı



Şekil 6 : 22 denklemlilik kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı ve diğer referans denklemlerin kısmi hataları ile karşılaştırılması



Şekil 7 : 45 denklemlili kısmi devamlı denklemin yerel hata dağılımı ve diğer referans denklemlerin kısmi hataları ile karşılaştırılması



Tablo 3 R123 kısmi devamlı denklemin katsayıları – denklem (1)

a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	TL
N=1							
-470781.49888966	1360.80370820	-2.17151668	0.00151497	9.35914455E+07	-1.00287017E+10	4.48970307E+11	-80.0
N=2							
-85275.07365039	359.40652251	-0.80330102	0.00074683	1.12574886E+07	-7.78277170E+08	2.17674200E+10	-80.0
-65761275.3600	130136.38031995	-137.28619061	0.06043084	1.86669691E+10	-2.82094457E+12	1.77266805E+14	50.0
N=6							
95647.89301108	-237.71984441	0.24407853	-0.00001592	-1.94703075E+07	1.99555272E+09	-8.22140278E+10	-80.0
5168.87032884	-487.56227558	1.18412354	-0.00085074	4.47284387E+07	-1.10061697E+10	8.31395257E+11	6.6
-119730.60053410	-225.57991001	0.89010037	-0.00070853	7.77364871E+07	-1.55476878E+10	1.08415735E+12	27.9
19615.73786477	24.44858794	-0.24812165	0.00037503	-7.11125041E+06	1.03702411E+09	-6.65976215E+10	49.9
-70533.62527208	54.99226896	0.10785367	-0.00007038	1.27574479E+07	2.34771851E+09	-6.03320076E+11	72.6

-89315.02150291	5780.72003320	-11.74064282	0.00764602	-8.37668937E+08	2.68532583E+11	-2.66623845E+13	95.2
N=24							
44125.86147490	-183.62284161	0.39152797	-0.00033409	-5.69963572E+06	3.70124733E+08	-9.15513164E+09	-80.0
-56882.60121867	272.56242954	-0.66894617	0.00066744	6.21401809E+06	-3.10966213E+08	3.93729916E+09	-51.9
-327615.80865213	1417.60078412	-2.14437653	0.00088018	-2.24810607E+06	1.06877612E+10	-1.07055061E+12	-23.8
866920.89434784	-1710.39772363	-7.97994353	0.01772583	1.98287643E+08	-1.02490207E+11	9.82676574E+12	1.5
-3549.91847043	10.14901768	-0.00933324	0.00001977	-3.00593405E+05	2.46857999E+08	-2.24995294E+10	6.4
-679.20824694	-1.12398768	-0.00203279	0.00003218	-6.23906967E+04	7.45248530E+07	-5.19015873E+09	12.1
9371.95917072	12.29393990	-0.20524096	0.00035708	-4.77966561E+05	-3.41469814E+08	3.39034953E+10	17.7
-9184.59020495	76.13272258	0.31474648	-0.00088388	-8.43194553E+06	-4.20519400E+08	3.98493967E+11	23.3
10340.03846698	-177.09614087	-0.17080280	0.00100805	1.07707118E+07	2.21986167E+09	-7.97205391E+11	27.9
-3298.64078060	1.28145367	0.00148186	0.00003988	-3.15901060E+05	4.21075528E+08	-4.92304980E+10	32.5
-4827.46953543	-12.60951184	0.01131794	0.00006592	2.65272900E+06	-2.25410555E+08	-1.15517719E+10	38.1
-3476.68942291	-4.77150372	-0.00119733	0.00006676	5.92052817E+05	2.91023045E+08	-5.11446924E+10	43.7
-1813.07547881	-8.33787419	0.00408228	0.00006464	-7.32810945E+04	4.38479464E+08	-6.27632538E+10	49.4
51088.18941023	-178.62986816	0.27232675	-0.00009219	-9.46493897E+06	1.61073931E+09	-1.55687470E+11	55.0
717.59962147	-14.79322936	-0.02459654	0.00013240	1.38086821E+05	5.09820730E+08	-9.89855030E+10	60.6
81215.82112058	-333.78877797	0.55760746	-0.00025353	-1.21945077E+07	2.75023344E+09	-3.85209276E+11	66.2
5240.99941073	-53.48687580	0.05161825	0.00008569	1.85009055E+06	4.09950462E+07	-7.23225571E+10	71.8
-3959.72789399	-31.64646839	-0.01734529	0.00016670	6.83429913E+06	-1.19057745E+09	2.81803266E+10	77.4
-3182.29041723	10.70465590	-0.12683286	0.00026623	-8.47309866E+05	1.71905950E+09	-3.25967796E+11	83.0
20284.56156988	6.34672247	0.09189749	-0.00018266	-1.01458540E+07	-1.98728661E+09	8.46288136E+11	88.6
-96182.35587662	-62.75298592	-0.42377271	0.00123764	3.48744200E+07	1.57616057E+10	-4.75785742E+12	94.2
6274792.33703993	-42974.48525001	88.04043336	-0.06162840	1.06244901E+09	-3.40795814E+11	1.58703190E+13	99.6
625218.79616023	17.66228162	-3.23483924	0.00359964	-5.10579649E+07	-6.85340620E+10	1.35851907E+13	127.4
553938.23135866	-1718.19849217	-2.88712109	0.00484855	1.05589328E+09	-5.98618377E+11	8.88525066E+13	155.5

	N=1	N=2	N=6	N=24	N=124
7 katsayı (0..6)	1.367762377	0.934157772	0.362185609	0.274945933	0.019594301
6 katsayı (0..5)	2.150993499	0.451855006	0.395846428	9.00907398	0.016373163
5 katsayı (0..4)	4.402172036	0.838492994	0.402549262	0.853719599	0.018097292
4 katsayı (0..3)	14.67409849	2.172642988	0.715110267	0.297151582	0.053398165
3 katsayı (0..2)	123.0992362	20.83767679	5.36702548	0.329327305	0.017941743

REFERANSLAR

- 2005 ASHRAE HANDBOOK Fundamentals
- Gustavo-A. Iglesias-Silva, Reid C. Miller, Ana Diaz Ceballos, Kenneth R. Hall, "Accurate vapor pressure equation for refrigerant", Elsevier, Fluid Phase Equilibria 111 (1995) 203-212
- Thermodynamic Properties of R134a, Technical Information, Dupont Suva Refrigerants
- M. Turhan Çoban, Java Programlama diliyle Sayısal Çözümleme