

İklimlendirme Odası Havalandırma Kanalı İçinden Akan Hava Miktarının PLC Kullanılarak Trapezoidal İntegrasyon Yöntemi ile Ölçümü

Hüseyin ÇALIK

ÖZET

Endüstriyel kontrol sistemlerinde akış ölçümü oldukça önemli bir konudur. Sık sık belli bir kapalı kesitten ne kadar toplam akışkan hacminin geçtiğini hesaplamak gerekir. Hacim ölçümü, zamanlama kullanılarak örneklenen bir toplama ve ortalama alma işlemidir. Son hacim değeri bir önceki hacmin üzerine eklenerek bir ortalama akış değeri bulunur. Bu işlem trapezoidal integral alma olarak bilinir. Bu çalışmada, bir iklimlendirme odasına verilen koşullandırılmış havanın hacim ölçümü PLC merdiven mantığı ile programlama yapılarak gerçekleştirilmiş ve klasik örnekleme yöntemine göre trapezoidal integral yönteminin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Akış ölçümü, Kontrol, PLC, Trapezoidal integral yöntemi

Air Conditioning Room Interior of the Air Flow Volume Measurement with PLC Using Trapezoidal Integration Method

ABSTRACT

Industrial control systems, flow measurement is a very important issue. It is frequently needed to calculate how much total fluid volume flows through a section. Volume measurement is a process of summation and taking the average by using timing intervals. The average flow can be found by adding the latest volume value to the previous volume and dividing the sum by 2 at a time interval. This process is known as the trapezoidal integration. In this study, the volume measurement of the conditioned air which is given to an air conditioning room is achieved by using PLC ladder diagram method. It is also concluded that the trapezoidal integral method is more effective than the classical sampling method.

Key Words: Flow measurement, Control, PLC, Trapezoidal integral method

1. GİRİŞ

Endüstriyel üretim prosesleri oldukça karmaşık bir yapıya sahip olup prosesin sağlıklı çalışması için öncelikli olarak basınç sıcaklık, hacim gibi parametrelerin doğru bir şekilde ölçülmesi ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu tür sistemlerde akışkanlar katı sıvı ve gaz şeklinde kapalı bir kesitten akmaktadır. Bu nedenle söz konusu kapalı kesitten geçen akışkan hacminin ölçülmesi gerekmektedir. Bir çok uygulamada akışkan miktarının hassas bir şekilde ölçülmesi çok büyük bir tehlike oluşturmasa da petro kimya gibi tesislerde akışkan miktarının en doğru şekilde ölçülmesi oldukça hayati bir öneme sahiptir. Bu nedenle akış ölçümü konusunda yaygın çalışmalar yürütülmektedir.

Literatürde akış ölçümü konusunda yapılan çalışmaları; Sensör tasarım çalışmaları (1), sensör karakteristiklerinin karşılaştırılması (2-10), akış ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesi (11-12), akış ölçüm uygulamaları (13-17) olarak dört ana bölümde gruplandırılmaktadır.

Makale 16.03.2009 tarihinde gelmiş, 19.07.2010 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

H. ÇALIK, Fevzi Çakmak Mah. 2/10 Sok. No : 1 D.4

Bağcılar / İSTANBUL

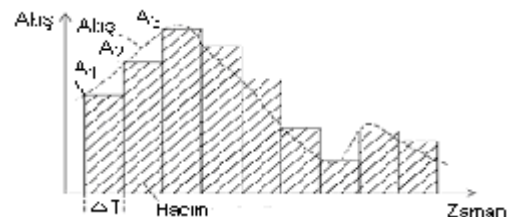
e-posta : hcalik@istanbul.edu.tr

Digital Object Identifier 10.2339/2010.13.2, 93-99

Ancak; literatürde endüstriyel kontrol sistemlerinde farklı metododlar uygulanarak akış ölçümü uygulamalarına dönük yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışmada bir iklimlendirme odasına verilen koşullandırılmış havanın hacmi klasik örnekleme yöntemi ve trapezoidal integral yöntemi uygulanarak PLC merdiven mantığı ile ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntemin (Trapezoidal integral yönteminin) klasik örnekleme yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

2. TASARIM

Hacim ölçümü, basit olarak Δt zaman aralıklarında örnek alma yöntemi ile ölçülebilmektedir. Bu yöntem basit akış toplamı olarak tanımlanır. Şekil 1'de basit akış toplamı grafiği verilmiştir. Akış toplam işlemi aslında basittir. Ancak Şekil 1'den de görüldüğü gibi akış azalırken gerçek hacmin üzerinde, akış artarken ise gerçek hacmin altında bir tahmin yapar.

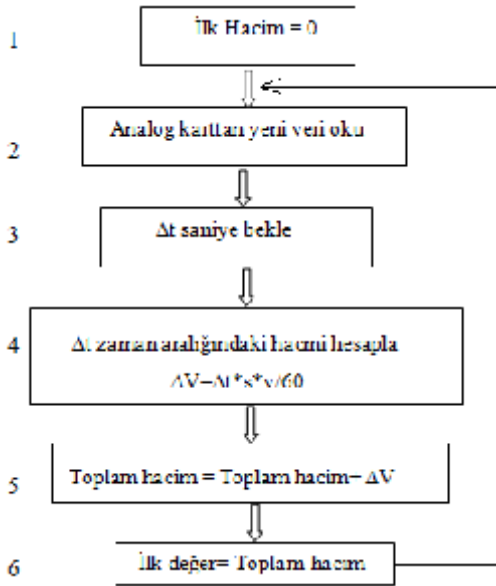


Şekil 1 Basit akış toplamı

Diğer bir yöntem ise belirli aralıklarla örnekle-nen bir toplama ve ortalama alma işlemidir. Bu işlemde son hacim değeri bir önceki hacmin üzerine eklenerek bir ortalama akış değeri bulunur. Bu işlem trapezoidal integral alma olarak bilinir (18). Basit akış toplama yöntemine göre çok daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Bu çalışmada, bir iklimlendirme odasına verilen koşullandırılmış hava hacminin PLC merdiven mantığı kullanılarak trapezoidal yöntem ile ölçümünün gerçekleştirme aşamaları verilmiştir. Genel olarak akışkan hacmi m^3 olarak ölçülür ancak bu çok büyük bir değer olduğundan bu çalışmada hacim litre olarak ölçülmektedir. Kapalı bir birim kesit alanından geçen akışkan hacmini hesaplamak için genel olarak akış hızı sabit zaman aralıklarında Δt ile örneklenir ve her bir zaman aralığında toplam hacim hesaplanır. Örneklenen periyot süresince havalandırma kanalından geçen hava miktarı; $V = \Delta t \cdot s \cdot v / 60$ ifadesi ile hesaplanır. Bu ifade de V ; akışkan hacmi m^3 , v ; akış hızı m/s , $\Delta t = \text{örnekleme süresi}$ s dir. Şekil 2’de sistemin akış diagramı verilmiştir. Havalandırma kanalından geçen toplam hava hacminin hesaplanmasında aşağıdaki akış diagramı kullanılmıştır.

Hacim ölçümü zamanlama kullanılarak örnekle-nen bir toplam ve ortalama alma işlemidir. Son hacim değeri bir önceki hacmin üzerine eklenerek bir ortalama akış bulunur. Bu trapezoid integrasyon olarak bilinir ve Şekil 3’te Trapezoidal integrasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 2 Sistemin akış diagramı

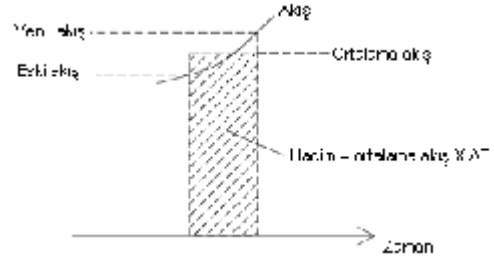
Sistemin komut olarak yazımı ise;

İlk hacim = 0 { Başlangıç hacim değeri atanır. }

Tekrarla;

1. Analog giriş kartından yeni veri oku;
2. Δt saniye bekle;
3. Ortalama hacim = (yeni hacim + eski hacim) / 2
4. Δt zaman aralığındaki geçen hacmi hesapla;
 $\Delta V = \Delta t \times s \times \text{ortalama hacim}$; {yeni akış ölçüsü m^3 }
5. Toplam hacim = Toplam hacim+ ΔV
6. İlk değer = Toplam hacim

Baş döner;



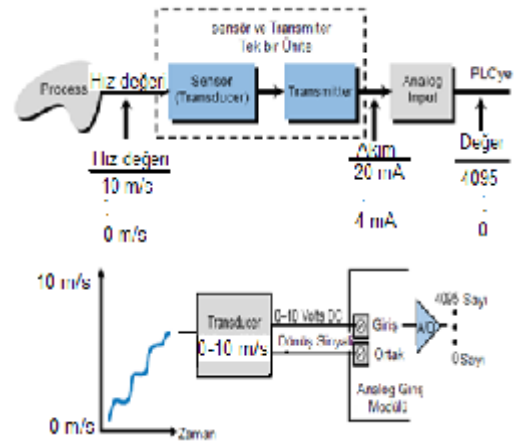
Şekil 3 Trapezoid integrasyon (18)

Teknik olarak akış hızının toplam hacme çevrilmesi bir integral alma işlemidir. Benzer yöntemler hız-dan mesafeye ve ivmeden hıza doğru erişmekte kullanılır. Çift integral alınarak ivmeden hıza ve hızdan mesafeye ulaşır. Bu yöntem birçok uygulamada kullanılmaktadır. Böyle bir işlemin merdiven mantığı ile nasıl başarılacağı Şekil 5-10’da gösterilmiştir.

3. UYGULAMA

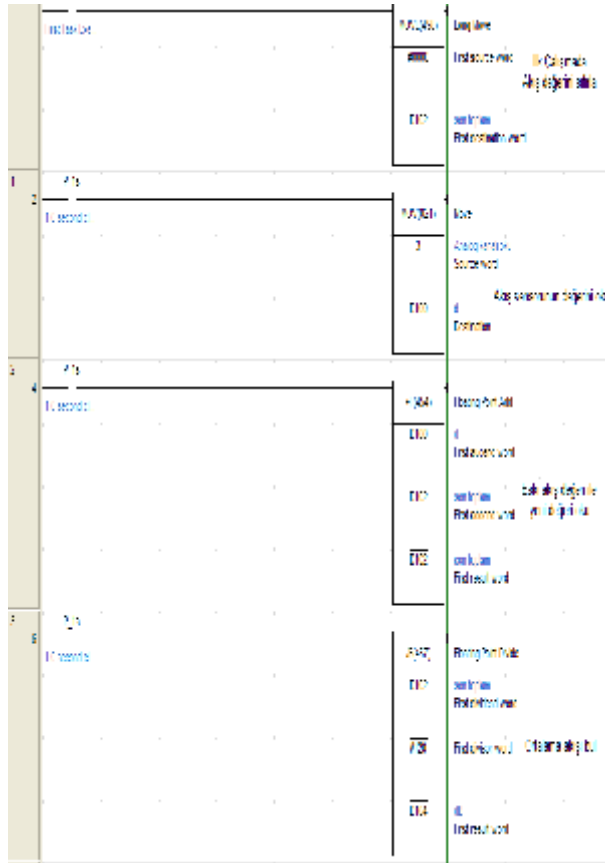
Bu tür uygulamalarda ilk önemli kriter örnekleme hızıdır. PLC’lerde kullanılan zamanlayıcıların hasasiyeti genellikle iyidir. PLC’nin tarama hızı tipik olarak 20 ms ise bir saniyelik örnekleme hızı için örnekleme süresi 1.00 saniye ile 1.02 saniye arasında değişir. Bu durumda örnekleme aralığında %2’lik bir sapma görülebilir. Bu sapma daha uzun süreli örnekleme süresi seçilerek azaltılabilir. Örnekleme süresinin artması, sistemin akış değişim yanıtını azaltır. Örnekleme süresi kullanılan kanalın fiziksel boyutuna bağlı olarak 1 ile 30 saniye arasında kullanılabilir.

Uygulamada 10x10 cm boyutlarında havalandırma kanalı kullanılmıştır. Kullanılan hava kanalının boyutuna bağlı olarak 1 sn’lik örnekleme süresi seçilmiştir. Akış hızını ölçmek amacıyla 4–20 mA akım üreten bir akış transduseri kullanılmıştır. Akış transduseri 003 nolu kanalına bağlanmıştır. Şekil 4’te 0–10 m/s değeri için 4–20 mA akım üreten bir akış transduserinin bir analog giriş ünitesine bağlantısı görülmektedir. Analog giriş ünitesi 12 bitlik olup 4–20 mA giriş için 0–4095 BCD değerini üretmektedir.



Şekil 4. Akış transduseri’nin akım dönüştürücü analog giriş modülüne bağlantısı (19)

Akış değerini okuma işlemi; Şekil 5'teki 3 basamaktan oluşan PLC ladder diagramı ile gerçekleştirilmiştir. Bazı PLC'ler, PLC tarafından sürülen sistem bitlerine sahiptir. Omron PLC'de bir saniye aralıklarla sinyal üreten P_1s osilatör biti bunlardan biridir. Osilatör bitleri PLC'lerde altprogram dosyalarının sabit aralıklarla tetiklenmesine olanak tanır. Bu bitler PLC tarama sürelerinden bağımsız olarak serbest zamanlayıcılar gibi kullanılıp doğru değerleri bulmaya yararlar. Bu bitler akış toplamak için ideal olup oldukça doğru sonuçlar verir ve program tarama süresinden etkilenmezler. Böylece 1 dakikada toplam 60 adet örnek alınmaktadır. 0. Blok, program ilk çalıştırıldığında analog kanalın okunduğu adrese 0 değerini atar. 1. Blok, her $\Delta t=1$ saniyede akış değerini örnekleyerek bu değeri D100 adresine yükler.



Şekil 5 Trapezoidal akış toplama

Burada akış hızı her bir saniyede örneklenir. Dakikadaki ortalama akış hızı ölçülmek istendiği için bir dakikada toplam 60 örnek alınır. Blok 2'den de görüleceği gibi son örnek bir önceki örnekle toplanır. Bu nedenle ortama akış hızı blok 3'teki gibi son akış değerinin 120'ye bölünmesi ile bulunur.

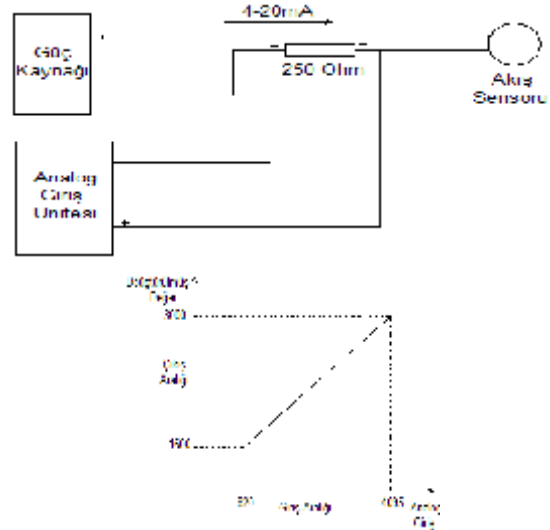
Analog veri işlemede dikkat edilmesi gereken ikinci önemli kriter kayan noktalı sayıların duyarlılığıdır. 3 nolu kanaldan okunan hava akışı 12 bitlik bir dönüştürücüden okunduğu için okunan değer genellikle bir tam sayıya denk düşmez bu nedenle eski ve yeni akış değerleri toplandığında böyle bir durumla karşılaşılır. Bir kayan noktalı sayı tipik olarak 7

basamaklı duyarlılığa sahiptir. Toplama işlemindeki hata küçük ama toplamsal olduğu için toplama sonunda değişikliklere neden olabilir.

Bu uygulamada akış ölçümünün %1'lik doğrulukta olduğu kabul edilmiştir. Toplam hacim için 7 basamak ile temsil edildiğinden tam kısım için 4 basamak, ondalık kısım için 3 basamak ayrılmıştır.

4. DOĞRUSALLAŞTIRMA

Uygulamada 0.1 – 10 m/s aralığındaki hız transdüserinden üretilen 4-20 mA akım sinyali 250 ohm'luk yük direnci üzerinden 0 – 10V aralığındaki analog giriş kartına bağlanmıştır. Analog kart 12 bitlik olduğundan 0- 4095 aralığında BCD değerler üretir. Bu sistem Şekil 6'da gösterilmiştir. Kart uçlarındaki analog akış hızı sinyali 1 ile 10V aralığında okunur. Analog kart çıkışında 820 ile 4095 aralığındaki bir değere dönüştürülür. Hata bulmak için, bu değerlerin BCD birimlerine dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm için Şekil 6'daki analog giriş ünitesinin grafiğine ihtiyaç duyulur.



Şekil 6. 4-20 A giriş sinyalinin 0-10 V Analog giriş ünitesi üzerinden BCD birimine çevrimi

Giriş kanalından giren V_{in} gerilim sinyali BCD değere eşitlik 1'deki gibi dönüştürülür.

$$B_{\zeta} = B_{\min} + (V_{in} - V_{\min}) \left(\frac{\Delta B}{\Delta V} \right) \quad (1)$$

Denklem 1'de; B_{ζ} ; analog kartın çıkış değerlerini, V_{in} ; giriş değerlerini gösterir. Kartın çıkış değeri genel olarak $B_{\zeta} = Ax + b$ şeklinde alt ve üst sınır değerler arasında değişen herhangi bir doğru denklemi ile ifade edilir. Analog giriş değerinin çevirimi için dört basamaklı bir dönüşüm işlemi kullanılmıştır. Analog çıkışlar 0 - %100 değişim olduğunda 820 - 4095 aralığında 4 - 20 mA çıkış verecek şekilde çevrilir.

$$\begin{aligned}\Delta B &= (3000 - 1600) = 1400 \\ \Delta V &= (4095 - 820) = 3275 \\ B_{\min} &= 1600 \quad V_{\min} = 8\end{aligned}$$

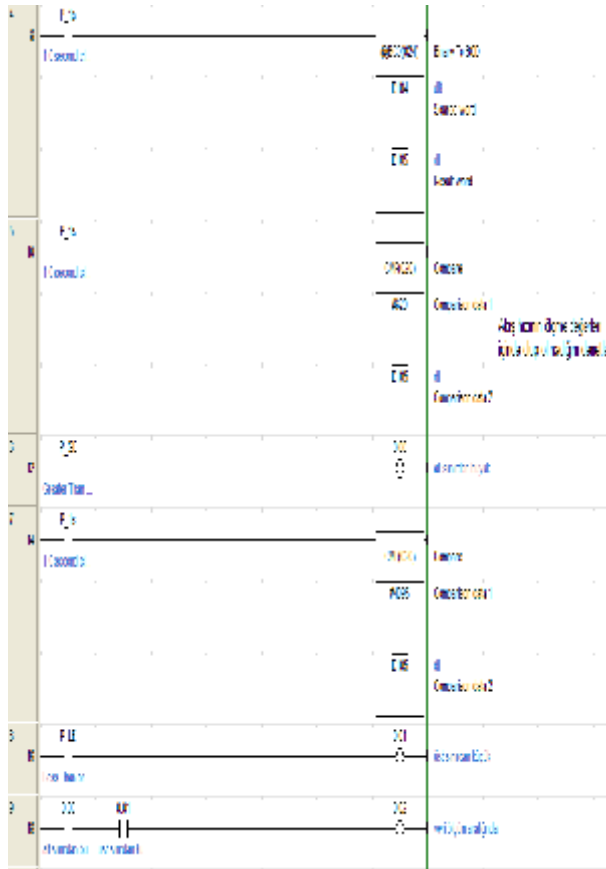
Denklem 1’de V_{\min} en küçük giriş gerilimine, B_{\min} en düşük BCD değere karşılık gelir. Giriş sinyalinin eğimi $\Delta B / \Delta V$ ise PLC tarafından ilk taramada hesaplanır.

Dönüşüm işlemini belirlemeden önce akış sensöründen gelen verinin beklenen aralıkta olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Bu işlem için Şekil 7’deki 4-7 basamaklarından oluşan yazılım gerçekleştirilmiştir. Dönüşüm işlemini gerçekleştiren PLC yazılımı Şekil 8’de gösterilmiştir.

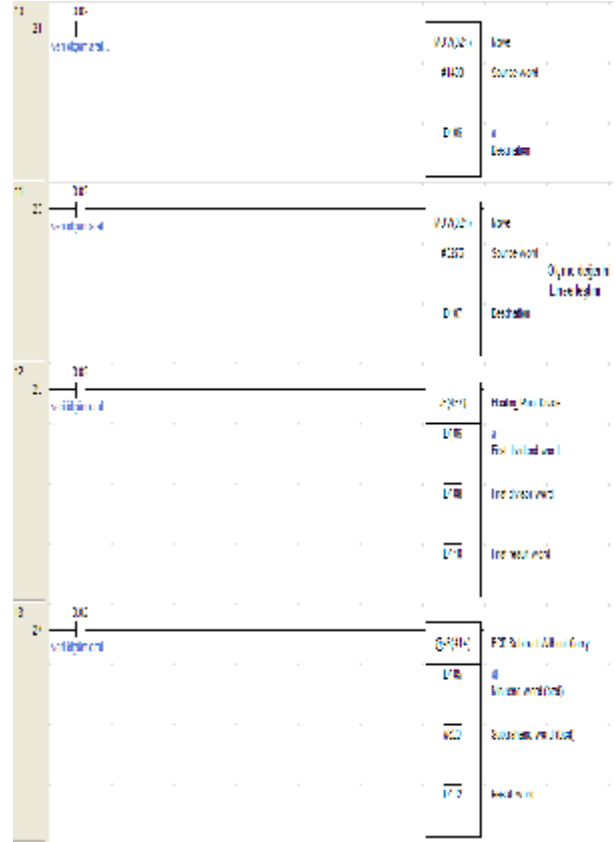
14. Basamak; Giriş sinyalinin beklenen aralıkta olup olmadığını kontrol eder. Ölçülen değer ölçme sınırları içinde ise bu değer karşılığı eşitlik 1’e göre doğrusallaştırılır. Doğrusallaştırma işlemi Şekil 8’de 10-15. bloklar arasında gerçekleştirilmiştir. 10. 11. ve 12.

bloklar dönüşümde kullanılacak doğrunun $\left(\frac{\Delta B}{\Delta I}\right)$ eğimini bulur. 13. blok $(V_{in} - V_{\min})$ değerini hesaplar.

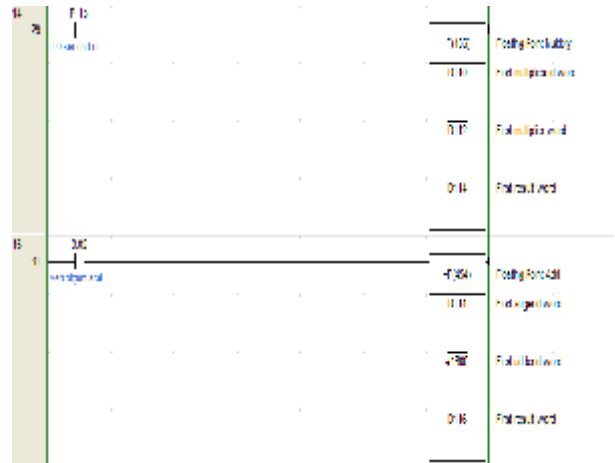
14. blok $(V_{in} - V_{\min}) \cdot (\Delta B / \Delta I)$ işlemini gerçekleştirir. 15. Blok ise 14. Bloкта elde edilen k değerine B_{\min} değerini ekleyerek eşitlik 1’de tanımlanan $B_c = B_{\min} + k$ ifadesini gerçekleştirir.



Şekil 7 Akış sensöründen gelen verinin sınırının belirlenmesi

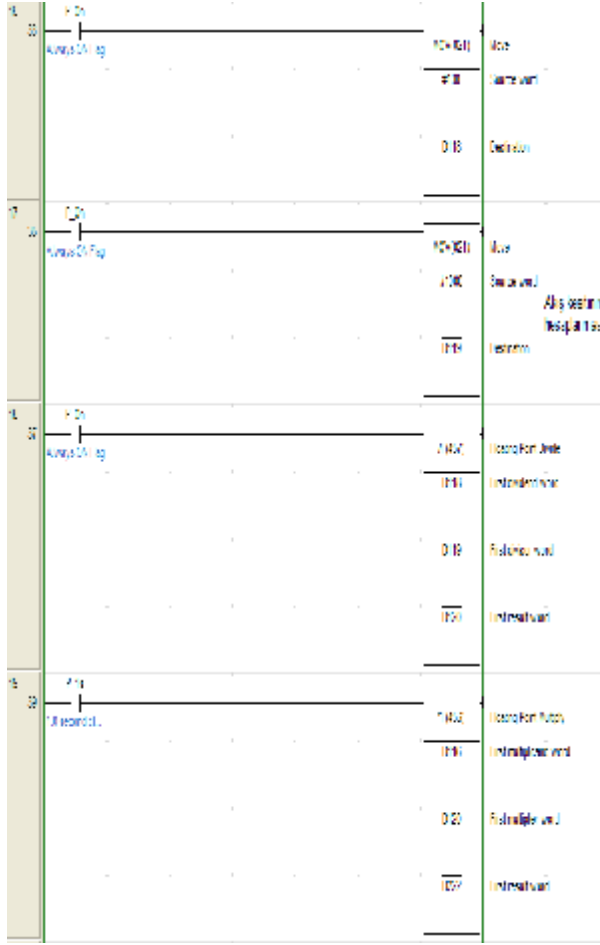


Şekil 8 Dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesi

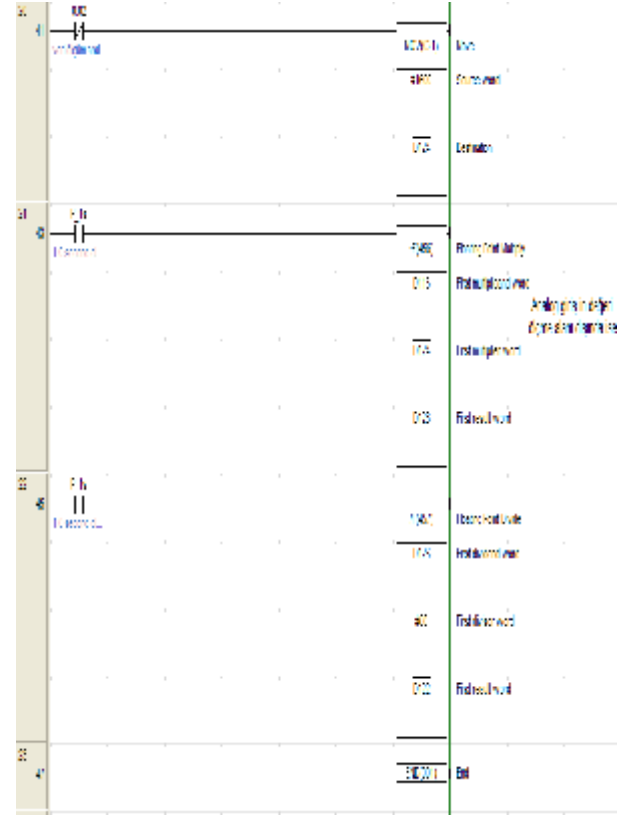


Şekil 8 Dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesi (dev.)

Hava kanalından geçen koşullandırılmış hava hacmi havalandırma kanalından akan havanın ortalama hızı ile havalandırma kanalının kesitinin çarpımına eşittir. Bu nedenle havalandırma kesitinin hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Şekil 9’daki 16-19 bloklar havalandırma kanalı kesitinin hesaplanmasını gerçekleştirir.



Şekil 9 Havalandırma kanalı kesitinin hesabı.



Şekil 10 Hava hacminin (L/d) olarak hesaplanması

Ölçülen giriş sinyali ölçme aralığı dışında ise bu durumun gerçek bir durum mu yoksa bir hata durumu mu olup olmadığının kontrolü için 20. Blok ölçülen değere 1600 ilk değerini verir. Akışkan hacmi temel birim olarak m^3/s olarak ölçülmesine karşın bu birim değeri çok büyük bir değerdir. Bu nedenle hava hacmi daha anlamlı olan L/d birimine dönüştürülerek ölçülmüştür. Şekil 10'daki 21-23. bloklar L/d olarak havalandırma kanalından akan hava hacmini verir.

5. SONUÇ

Bir endüstriyel denetim sürecinde sıcaklık yada basınç değeri dijital olarak sorgulanabilir ancak bu değerlerin net bir şekilde belirlenmesi dijital giriş modülleri ile mümkün olmaz. Böyle bir durumda analog kontrol devreye girer. Kontrol edilmesi istenen büyüklüğün belli bir alt ve üst sınır değerleri arasında sürekli olarak izlenmesi gerekebilir. Bu tür bir kontrolün yapılması analog giriş çıkış kartları ile mümkün olmaktadır.

Endüstriyel proses kontrolünde akış ölçümü oldukça önemli bir konudur. Bu tür süreç kontrolünde sık sık belli bir kapalı kesitten ne kadar toplam akışkan hacmin geçtiğini hesaplanması gerekir. Genelde toplam

akışkan hacmi m^3 olarak ölçülür ancak bu çok büyük bir değer olduğundan hacim genellikle litre olarak ölçülür. Hacim ölçümü, zamanlama kullanılarak örneklenen bir toplama ve ortalama alma işlemidir. Son hacim değeri bir önceki hacmin üzerine eklenerek bir ortalama akış bulunur. Bu işlem trapezoidal integral alma olarak bilinir.

Bu çalışmada, bir iklimlendirme odasına verilen koşullandırılmış havanın hacminin PLC kullanılarak trapezoidal integral alma yöntemi ile hacim ölçümünün nasıl başarılacağı gösterilmiştir. Çalışmada akış hızı 0.1-2 m/s aralığında değiştirilmiştir. Hata değişiminin izlenebilmesi için örnek olarak akış hızı 0.8-0.9 m/s aralığında doğrusal olarak artırılmış, artma ve azalma bölgesinde havalandırma kanalından akan akışkanın akış hızına bağlı olarak alınan örnek değerler ve hacim değerinde oluşan hatalar Tablo 1'de % olarak verilmiştir.

Tablo 1 Hava akış hızına bağlı olarak elde edilen ölçüm ve hata değerleri

	Artma Yönü		Azalma Yönü	
	Akış Hızı (m/s)	Hacim (L/d)	Akış Hızı (m/s)	Hacim (L/d)
Basit akış örneklemesi	0.80	0.133	0.90	0.150
	0.82	0.136	0.88	0.146
	0.84	0.140	0.86	0.143
	0.86	0.143	0.84	0.140
	0.88	0.146	0.82	0.136
	0.90	0.150	0.80	0.133
Trapezoidal integral yönt.	0.81	0.135	0.89	0.148
	0.83	0.138	0.87	0.145
	0.85	0.141	0.85	0.141
	0.87	0.145	0.83	0.138
	0.89	0.148	0.81	0.135
% Hata	-1.4		1.4	

Tablo 1'den de görüldüğü gibi akışın artma ve azalma yönünde olması durumuna göre Basit akış örnekleme yöntemi ile elde edilen hacim miktarının Trapezoidal integrasyon yöntemi ile elde edilen hacim miktarına göre mutlak olarak %1.4'lik bir sapma gösterdiği belirlenmiştir. Mevcut uygulama $\Delta t=1s$ ve düşük akış hızlarında gerçekleştirilmiş olup akışkan hızı yüksek uygulamalarda sapma miktarının daha yüksek olacağı açıktır. Bu nedenle akışkan hacmin hassas olarak kontrol edilmesi gerekli olan sistemlerde basit akış örnekleme yöntemi yerine trapezoidal integrasyon yönteminin kullanılması uygun olduğu görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Sensor design and image accuracy for application of capacitance CT to the petroleum refinery process, Tong Zhao, Masahiro Takei, Kenta Masaki, Ryoji Ogiso, Koji Nakao, Akira Uchiura, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 18**, Issues 5-6, *Pages 268-276*, (2007)
2. Static and dynamic characteristics of a hydraulic Wheatstone bridge mass flowmeter, A. Svete, J. Kutin, I. Bajsić, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 6, *Pages 264-270*, (December 2009)
3. Feasibility of an accurate dynamic standard for water flow, I.I. Shinder, M.R. Moldover, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 21, Issue 2, *Pages 128-133*, 2010
4. Orifice plate meter wet gas flow performance, Richard Steven, Andrew Hall, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 5, *Pages 141-151*, August 2009
5. Horizontally installed cone differential pressure meter wet gas flow performance Richard Steven, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 5, *Pages 152-167*
6. Investigation of wave attenuation mechanism under the downstream backwater effect, Ceyhun Özçelik, Mustafa Doğan, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 5, *Pages 180-188*
7. Study on wet gas online flow rate measurement based on dual slotted orifice plate, Yuxing Li, Jun Wang, Yanfeng Geng, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 5, *Pages 168-173*
8. Experimental study on response of hot wire and cylindrical hot film anemometers operating under varying fluid temperatures M.A. Ardekani, F. Farhani, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 20, Issue 5, *Pages 174-179*
9. CFD prediction of the effects of the upstream elbow fittings on the performance of cone flowmeters, Rajesh Kumar Singh, S.N. Singh, V. Seshadri, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 21, Issue 2, *Pages 88-97*, 2010
10. Comparison of Particle Image Velocimetry and Laser Doppler Anemometry measurement methods applied to the oil-water flow in horizontal pipe, W.A.S. Kumara, G. Elseth, B.M. Halvorsen, M.C. Melaen, Flow Measurement and Instrumentation, Volume 21, Issue 2, 2010, *Pages 105-117*
11. An automated instrumentation system for flow and loss measurements in a cascade, Grant Ingram, David Gregory-Smith, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 1**, *Pages 23-28*, (March 2006)
12. New developments in Gibson's method for flow measurement in hydro power plants Edson da Costa Bortoni, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 19, Issue 6**, *Pages 385-390* (December 2008)
13. Pattern recognition and signal processing of ultrasonic echo signal on two-phase flow, Sanehiro Wada, Hiroshige Kikura, Masanori Aritomi, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 4**, *Pages 207-224*, (August 2006)
14. Experimental investigation of the 3D unsteady flow field downstream of axial fans, Gérald Kergourlay, Smaïne Kouidri, Gary W. Rankin, Robert Rey, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 5**, *Pages 303-314*, (October 2006)
15. Experimental study on the sensitivity and accuracy of electric potential local flow measurements, A. Cramer, K. Varshney, Th. Gundrum, G. Gerbeth, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 1**, *Pages 1-11*, (March 2006)
16. Synchronous measurements of the velocity and concentration in low density turbidity currents using an Acoustic Doppler Velocimeter, S.A. Hosseini, A. Shamsai, B. Ataie-Ashtiani, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 1**, *Pages 59-68*, (March 2006)
17. On a flow meter for discharge measurement in irrigation channels, Arun Goel, Flow Measurement and Instrumentation, **Volume 17, Issue 5**, *Pages 255-257*, (October 2006)
18. Programmable Controllers An engineer's guide, E.A.Parr, MSc, CEng, Third edition MIEE, M Inst MC, Newnes, 2003

19. Programmable controllers theory and implementation, E.A. Bryan L.A, Industrial Text & Video Company, Marietta, Georgia Second edition 1997
20. Programmable Logic Controllers Programming Methods and Applications, John R. Hackworth and Frederick D. Hackworth, Jr, Prentice Hall. 2nd Edition, 2008