

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON UYGULAMALARI SAHA ENSTRÜMANTASYONUNDA AKIŞ ÖLÇÜMÜ

Can MERTER

Krohne Otomasyon San. ve Tic. Ltd. Şti.

c.merter@krohne.com

ÖZET

Hız, maliyet, verimlilik, rekabet gibi kavramların öneminin belirgin bir şekilde arttığı ve artmak zorunda olduğu günümüz koşullarında; pek çok üretim süreçleri, insan emeği yerine ileri teknoloji ile oluşturulan otomasyon sistemlerine yönelmektedir. Her geçen gün pek çok manual sistem ve tesis, otomasyon sistemlerine geçirilerek yüksek verimli hale getirilmeye çalışılmaktadır. Bu noktada ülkemizde ve dünyada “otomasyon” kavramı tanımlanırken; ölçüm, kontrol ve aksiyon olmak üzere üç ana kavram üzerinden hareket edilmektedir. Bu makalede, otomasyona geçişin en önemli aşaması olan “ölçüm” aşamasının “akış ölçümü” aşamasının nasıl gerçekleştirileceği ve bu hayati işlemi gerçekleştirecek olan akış ölçüm enstrümanlarının nasıl prensiplere dayandığı irdelenmeye çalışılacaktır.

GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon sistemleri kapsamında, “ölçüm” kavramı, tüm tanımlardan ve işlemlerden önce gelen biricik başlangıç noktasıdır. Zira, süreç yönetiminde verilecek olan kararlar ve alınacak aksiyonlar doğru ölçüm verilerinin elde edilmesi ile gerçekleşebilmektedir. Bu konumu ile “enstrümantasyon” hayati önem taşıyan bir noktada durmaktadır. Kısaca, doğru ölçüm olmadığı sürece hiçbir proses süreci doğru yönetilemeyecektir.

Ölçüm enstrümanları ölçtükleri değeri analog yada dijital olarak sisteme iletmek görevini yürütmeleri nedeniyle incelenmesi gereken çok önemli bir konu başlığıdır.

Endüstriyel otomasyonda saha enstrümantasyonu;

- Akış ölçümü,
- Seviye ölçümü
- Basınç ve sıcaklık ölçümü
- Analitik ölçümler (pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, bulanıklık vb...)

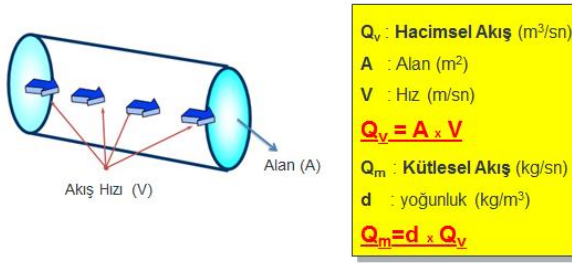
Başlıkları altında toplanmaktadır.

Bu ölçümler arasında “akış ölçümü” başlığı, gereksinim farklılıklarına göre şekillenen yöntem çeşitliliği ve genel sistem gereksinimleri açısından en önemli başlıklardan birini oluşturmaktadır.

AKIŞ ÖLÇÜM ENSTRÜMANLARI

Sıvı yada katı her akış (debi) değeri, sürecin ilerlediğini gösteren ve ölçülmesi gereken başlıca değerler arasındadır. Ancak her akışkan, her koşulda aynı tip ölçüm enstrümanlarıyla ölçülemeyebilir. Bu noktada akış koşullarına ve ölçüm taleplerine bağlı olarak ayrı ilkelere dayanan yöntemler seçilmesi gerekecektir. Ölçüm teknolojisinin şekillenmesi, akışın nasıl bir mecrada ilerlediği (boru içerisinde yada açık kanalda), akışkanın cinsi, akışkan yoğunluk ve viskozitesi, proses sıcaklığı, proses basıncı, tesisin özel koşulları gibi etkenler üzerinden gelişmiştir. Bu noktada farklı akış durumları için farklı teknolojilerin tercih edilmesi gerekmektedir.

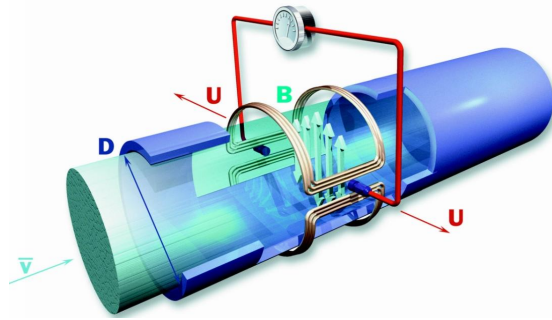
Akış ölçüm yönteminin seçilmesi noktasında göz önünde bulundurulması gereken noktalardan biri de ölçüm talebinin “hacimsel” mi yoksa “kütlesel” mi olacağı noktasında belirginleşir. Hacimsel akış ölçümünde ölçülen değer, birim zamanda hat üzerinden yol alan hacimsel değeri; kütlesel akış ölçümünde ise birim zamanda hat üzerinden geçen kütlesel değer kastedilmektedir. Bu nedenle kütlesel akış ölçümünde enstrümanın haricen yoğunluk, sıcaklık ve basınç gibi değerleri de ayrıca ölçmesi beklenebilecektir.



Şekil-1. Hacimsel / Kütlesel Akış

Elektromanyetik Akışölçerler

Elektromanyetik akışölçerler, boru hattı içerisinde taşınmakta olan sıvı akışkanların ölçümünde en yaygın olarak kullanılan hacimsel akışölçer tipidir.



Şekil-2. Elektromanyetik Akışölçer İç Yapısı - 1

Çalışma prensibi Şekil-2’de görüleceği üzere şöyledir:

- Sarımlar B manyetik alanını yaratır.

- Akış hızı U voltajını indükler.

- İndüklenen voltaj elektrodlar tarafından alınır. Bu voltaj akış hızı ile doğru orantılı büyüklükte olacağından akış hızı ölçülür.

- Sabit kesit alan bilgisi ve ölçülen akış hızı değeri ile $Q \text{ (Debi)} = A \text{ (Alan)} \times V \text{ (Hız)}$ formülü ile akış miktarı (debi) ölçülür.

İç yapı tasarımında elektrodlar, birbirine zıt ve elektrod eksenine dikey olarak konumlandırılmışlardır. Böylelikle hat alt cidarı üzerindeki birikmelerden ve üst cidara yakın hareket eden gaz içeriğinden minimum seviyede etkilenirler.

Sistemin çalışabilmesi için neredeyse tek gereklilik, ölçülen sıvı akışkanın belirli bir iletkenliğe sahip olmasıdır. Bu değer, bir çok üreticinin ürettiği akışölçerler için 20 microS/cm alt sınırı olarak şekillenmektedir.

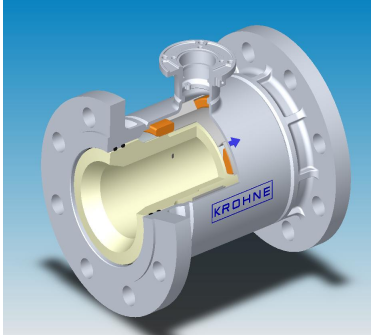
Yöntemin en büyük avantajı, akışölçer iç yapısında herhangi bir hareketli/hareketsiz mekanik elemanın bulunmuyor oluşudur. Bu sayede katı partikül içeriği bir sorun teşkil etmez ve %30’a kadar katı partikül içeren sıvılarda dahi ölçüm sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu noktada; iç yapıda mekanik bir parçanın bulunmaması sayesinde akışölçer; hat basıncı üzerinde önemli bir basınç düşmesine de yol açmaz.

Bu yöntemde, üretilen voltajın elektrodlar tarafından sorunsuz bir şekilde iletilebilmesi için akış tüpü iç yüzeyi yalıtkan malzemeden üretilmiş olması gerekmektedir. Yalıtkan iç kaplama malzemeleri; genel olarak PFA, PTFE, ETFE, PP ve Seramik gibi yalıtkan malzemelerden seçilmekte olup, seçim kriterlerini akışkanın aşındırıcılığı, kimyasal kompozisyonu ve akışkanın sıcaklığı gibi parametreler oluşturmaktadır.

Bu yalıtkan iç yüzey, elektromanyetik akışölçerlerin maksimum çalışma sıcaklığı konusunda sınırlayıcı niteliktedir. Neredeyse tüm üreticiler için elektromanyetik

akışölçerlerin maksimum çalışma sıcaklığı +180 °C'dir.



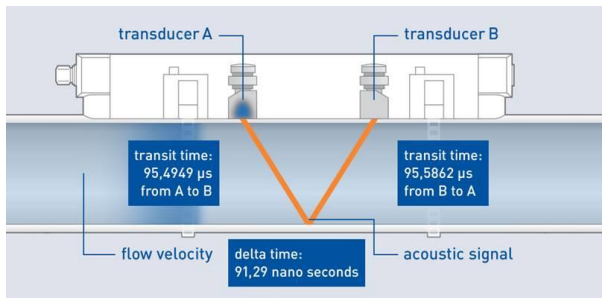
Şekil-3. Elektromanyetik Akışölçer İç Yapısı - 2

Elektromanyetik akışölçer genel özellikleri şu başlıklar altında toplanabilir:

Kullanım Alanı	: İletken sıvılar
Ölçüm Tipi	: Hacimsel
Ölçüm Hassasiyeti	: +/- %0,2
Üretim Çap Aralığı	: DN1 ... DN4000
Ölçülebilen Hız Aralığı	: -12 ... +12 m/sn
Çift Yönlü Ölçüm	: Var

Ultrasonik Akışölçerler (Kelepçeli)

Prensip itibariyle hat içerisinde “transit time” yöntemi ile hız ölçümü gerçekleştiren hacimsel akışölçerlerdir. Boru hattı üzerinde karşılıklı yada paralel olarak konumlandırılmış en az iki adet transdüser üzerinden üretilen ses sinyallerinin, birbirleri arasındaki gidiş geliş sürelerinin ölçülmesi ilkesiyle ölçüm gerçekleştirilir.



Şekil-4. Ultrasonik Akışölçer Ölçüm Prensibi

Şekil-4'te de görüleceği üzere akustik sinyaller, önce A transdüserinden B transdüserine, sonrasında ise B transdüserinden A transdüserine iletilir. Her iki gidiş geliş süreleri de ölçülür. Hat içerisinde akış olmadığı, akış hızının sıfır olduğu durumlarda ses gidiş geliş süreleri arasında bir zaman farkı olmadığı görülecektir. Ancak, hat içerisinde akış olduğu sürece, akış yönüne göre + yada - değerinde bir Δt zaman farkı oluşacaktır. İşte bu değer, akış hızı ile doğru orantılıdır ve ölçülmesi ile V akış hızı hesaplanabilmektedir. Hat kesit alan bilgisi ve hesaplanan akış hızı değeri ile Q (Debi) = A (Alan) x V (Hız) formülü ile akış miktarı (debi) ölçülür.

Bu tip akış ölçerler bir çok farklı üretici tarafından birbirinden farklı tasarımlarla gerçekleştirilmekte olup, sıklıkla boru hattı kesilmeksizin boru dışından uygulanan “Kelepçeli” tip olarak üretilmektedir. Bir çok üretici yalnızca sıvı hatlarda ölçüm yapan akışölçerler tasarlamaktadır. Ancak, gazlarda da çalışan kelepçeli ultrasonik akışölçerler ile birlikte in-line tip ultrasonik akışölçerler de üretilmektedir.



Şekil-5. Kelepçeli Tip Ultrasonik Akışölçer

Ultrasonik akışölçerlerin en büyük kullanım avantajı, ölçüm akışkanın iletkenliği, yoğunluğu ve viskozitesinden bağımsız olarak ölçüm gerçekleştirilebilmesidir. Kelepçeli tiplerinde ise en önemli avantaj

olarak hattın hiçbir şekilde durdurulmasına gerek bulunmaması gösterilebilir. Ancak, kelepçeli tip akışölçerlerde, ses iletiminin sağlanması amacıyla transdüserler ve boru yüzeyi arasında bulunması gereken özel yapıli jelin, periyodik olarak yenilenmesi gerekliliğı bir dezavantaj olarak öne çıkmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise, ölçülen akışkanın %5 üzerinde çözünmemiş katı partikül içermesi durumunda ses sinyallerini kırması/yayması nedeni ile ölçümde sıkıntılar yaşanmasıdır.

Yönetemin genel özellikleri şöyledir:

Kullanım Alanı	: Sıvılar
Ölçüm Tipi	: Hacimsel
Ölçüm Hassasiyeti	: +/- %1
Üretim Çap Aralığı	: DN50 ... DN4000
Ölçülebilen Hız Aralığı	: -20 ... +20 m/sn
Çift Yönlü Ölçüm	: Var

Vorteks Akışölçerler

Bu yöntemde; akışölçer akış tüpü içerisinde, belirgin bir geometriye sahip ve akış tüpünün orta bölümünde konumlandırılmış bir engel (bar) bulunmaktadır. Akış yönüne göre yerleştirilmiş olan bu engele çarpan akışkan engelin hemen arkasında belirgin şekilde girdaplar oluşturmakta olup, bu girdaplara ait frekansının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Ölçülen girdap frekansı, akış hızı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, bar'ın hemen arkasına yerleştirilmiş olan bir sensör ile söz konusu frekansın ölçülmesi suretiyle akış hızı (V) bulunmakta ve buradan da akış miktarı (debi) hesaplanabilmektedir.

Burada V hızının bulunması için, aşağıdaki formülasyon kullanılmaktadır:

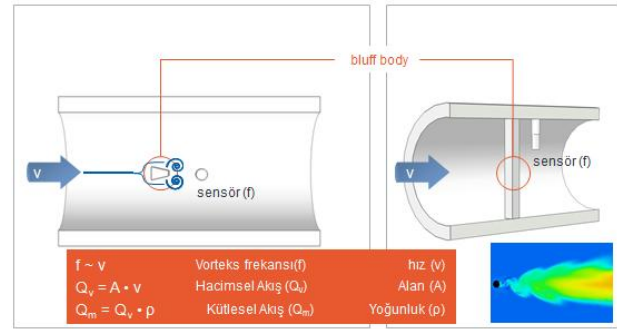
$$f = (S/d) \cdot v$$

f : girdap frekansı

S: Strouhal katsayısı (Bar geometrisi)

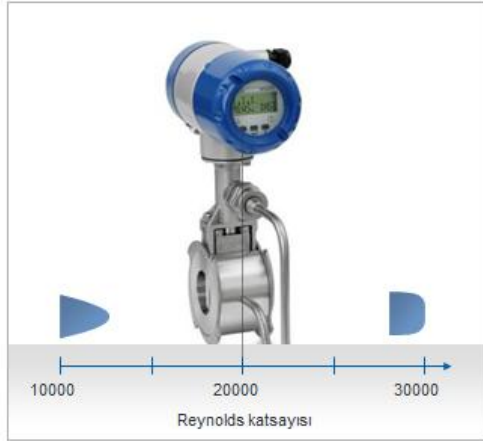
d: Bar genişliği

v: Akış hızı



Şekil-6. Vorteks Akışölçer Çalışma Prensibi

Tek yönlü ve hacimsel esaslı ölçüm gerçekleştirmekte olan bu tip akışölçerlerin etkin çalışabilmesi için, akışkan özellikleri büyük önem taşımaktadır. Herşeyden önce bar arkasında oluşacak olan girdapların belirgin bir yapıda olması bir gerekliliktir. Bu nedenle bu yöntemin uygulanabilmesi için akışkanın akış profili, göz önünde bulundurulmalıdır. Bu noktada göz önünde bulundurulacak olan parametre akış profilinin Laminar yada türbülans'lık durumunu gösterecek olan "Reynolds Katsayısı"dır. Vorteks akışölçerler uygulamada 10.000 ve 30.000 reynolds katsayısı aralığında etkin olarak kullanılabilirler.



Şekil-7. Vorteks Akışölçerde Akış Profili

Vorteks akışölçerler, düşük viskoziteli, katı partikül içermeyen, korozif olmayan ve tek fazlı olan sıvı ve gaz akışkanlarda son derece başarılı uygulama sonuçları vermektedir.

Yöntem, esasen hacimsel bir ölçüm yöntemi olmakla birlikte, en önemli özelliklerinden biri olarak; doymuş buhar, kızgın buhar, doğal gaz ve basınçlı hava gibi akışkanların ölçümünde hesaplamalı olarak kütleli akış ölçümü de gerçekleştirebilmektedir. Bu noktada, kütleli akış değerinin hesaplanabilmesi için ölçülen hacimsel akış değerinin yoğunluk değeri ile çarpılması gerekmektedir. Akışkan yoğunluk değerinin bulunabilmesi için, akış bar'ına entegre bir sıcaklık sensörü ve dış gövde üzerinden sisteme giriş yapan bir adet basınç sensörü kullanılmakta, böylece hacimsel akış değerine ek olarak sıcaklık ve basınç değerleri de sürekli olarak ölçülmektedir. Sıcaklık ve basınç değerleri üzerinden sistem elektroniğine yüklü olan termodinamik tablolarından yoğunluk bilgisine ulaşmakta bu sayede düzeltilmiş kütleli akış değeri (kg/saat, ton/saat vb.) elde edilebilmektedir.

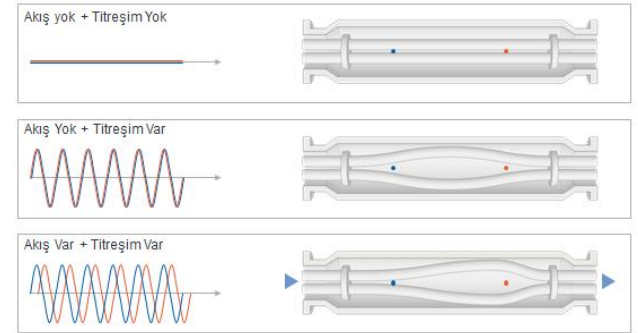
Yönetimin genel özellikleri şöyledir:

Kullanım Alanı	: Sıvılar, Gazlar
Ölçüm Tipi	: Hacimsel /Kütleli
Ölçüm Hassasiyeti	: +/-%0,75 (Sıvılar) +/- % 1 (Gazlar)
Üretim Çap Aralığı	: DN15 ... DN300
Çift Yönlü Ölçüm	: Yok

Coriolis Kütleli Akışölçerler

Bu tip akışölçerler, kütleli akış değerine farklı hesaplamalarla ulaşan pek çok yöntemden farklı olarak doğrudan kütleli ölçüm gerçekleştirmektedirler. Bu akışölçerde ölçüm ilkesi olarak, dünyanın dönüşünden kaynaklanan Coriolis etkisinden yararlanılmaktadır. (*Coriolis etkisi, dünyanın dönüşünden kaynaklanan ve birim kütleye etkileyen sapıtıcı güç olarak tanımlanabilmektedir.*)

Akışölçer uygulamasında bu etki Şekil-7'de görüleceği üzere izlenmektedir:



Şekil-8. Coriolis Kütleli Akışölçer Çalışma Prensipleri

Burada akış tüpleri orta noktasında bulunan bir adet tahrik ünitesi, tüplere sabit bir salınım kazandırmaktadır. Tüpler arasında simetrik olarak giriş ve çıkış bölümlerine konumlandırılmış iki ayrı sensör de salınım değerlerini ölçmektedir. Akışölçer içerisinde akış yok iken her iki sensörün ölçtüğü salınım değeri aynı iken, akışölçer içerisinden akış geçmeye başladığı andan itibaren iki sensör arasında bir salınım faz farkı oluşmaktadır.

Bu faz farkı akışkanın kütleli akışdeğeri artışı ile doğru orantılıdır.

Bu yöntemle çalışan akışölçerler, doğrudan kütleli akış değerini ölçmekle beraber, çok yüksek bir ölçüm doğruluğu ($\pm 0,1\%$) sağlamaktadır.

Ayrıca, doğrudan kütleli akış değerinin ölçülmesi sayesinde yoğunluk bilgisi ve hesaplamalı olarak hacimsel akış değerleri de alınabilmektedir.

Yöntem, diğer akışölçerler ile karşılaştırıldığında pek çok avantajı beraberinde getirmektedir.

Hem sıvı hem de gazlarda kullanılabilen bu tip akışölçerler, sensörlerin akışkan ile temasının olmaması nedeniyle uzun kullanım ömürlerine sahiptir.

Diğer yandan, pek çok akışölçerden farklı olarak uygulama noktasında uzun düz boru mesafelerine gerek duymamaları nedeniyle, montaj avantajı da taşımaktadırlar.

Coriolis kütleli akışölçer, akışkan yoğunluğunu ölçebiliyor olmaları sayesinde yüzdesel konsantrasyon ölçümlerinde de kullanılabilirler.

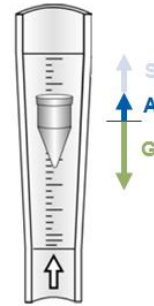
Yönetimin genel özellikleri şöyledir:

Kullanım Alanı	: Sıvılar, Gazlar
Ölçüm Tipi	: Kütleli/Hacimsel Yoğunluk Konsantrasyon
Ölçüm Hassasiyeti	: $\pm 0,1\%$ (Sıvılar) $\pm 0,5\%$ (Gazlar)
Üretim Çap Aralığı	: DN1 ... DN300
Çift Yönlü Ölçüm	: Var

Değişken Kesitli Akışölçerler

Bu tip akışölçerler, basit ölçüm prensipleri ve ekonomik oluşları nedeniyle endüstride uzun yıllardan bu yana kullanıla gelmektedir.

Değişken kesitli akışölçerler, bir dikey konik ölçüm tüpü ve tüp içerisinde hareket edebilen akışkanın cinsine ve akış miktarına göre tasarlanmış bir adet ölçüm şamandırasından oluşan basit yapılı akışölçerlerdir.



Şekil-9. Değişken Kesitli Akışölçer Çalışma Prensibi

Akış ölçümü, ölçüm şamandırasının üç ayrı kuvvet üzerinden dengeye ulaşması ile görsel olarak gerçekleştirilir. Şamandıraya yukarı yönde akış kuvveti ve kaldırma kuvvetleri etki ederken, aşağı yönde de yer çekimi kuvveti etki etmektedir. Şamandıranın bu üç kuvvet arasında dengede duruyor iken, ölçüm tüpü üzerindeki skalaya denk geldiği nokta hacimsel akış değerini vermektedir.



Şekil-10. Değişken Kesitli Akışölçer Tipleri

Bu tip akışölçerler, genel itibarıyla cam yada farklı plastik türevlerinden üretilmekle birlikte, günümüzde metal tüplü ve analog sinyal üreten tipleriyle de üretilmektedir.

Değişken kesitli akışölçerlerin en büyük avantajı basit yapıda ve ekonomik oluşlarıdır. Ayrıca, elektriksek çıkış sinyali istenmediği sürece enerji beslemesine gerek duymazlar. Ancak diğer yandan hat içerisindeki şamandıra önemli basınç düşmelerine yol açmakta olup, özellikle katı partikül içeren yada çok yüksek viskoziteli sıvılarda sakıncalar oluşturmaktadır.

Yönetimin genel özellikleri şöyledir:

Kullanım Alanı	: Sıvılar, Gazlar
Ölçüm Tipi	: Hacimsel
Ölçüm Hassasiyeti	: +/- %1,6
Üretim Çap Aralığı	: DN1 ... DN300
Çift Yönlü Ölçüm	: Yok

AKIŞÖLÇER SEÇİMİ

	ELEKTRO MANYETİK AKIŞÖLÇER	ULTRASONİK AKIŞÖLÇER	VORTEKS AKIŞÖLÇER	COROLIS KÜTLESEL AKIŞÖLÇER	DEĞİŞKEN KESİTLİ AKIŞÖLÇER
İLETKEN SIVILAR	+	+	+	+	+
İLETKEN OLMAYAN SIVILAR	-	+	+	+	+
VİSKOS SIVILAR	+	+	-	+	-
KATI İÇERİKLİ SIVILAR	+	-	-	+	-
KOROZİF AKIŞKANLAR	+	+	-	+	-
EMÜLSİYONLAR (YAĞ/SU)	-	-	-	+	+
GAZ VE BUHARLAR	-	-	+	+	+

Çizelge-1. Akışölçer Seçimi

SONUÇLAR

Her proses, kendi karakteristik yapısına bağlı olarak farklı koşullar oluşturmaktadır. Bu noktada akışölçer seçimini etkileyen parametreler hem proses koşulları hem de uygulamacının beklentileri olacaktır.

Doğru yapılmış bir akışölçer seçimi otomasyon sistemine doğru veri iletilmesini ve böylece doğru aksiyon uygulanmasını sağlayacaktır.

Bu noktada, doğru ölçüm beklentisi için doğru enstrüman seçimi, sistem verimliliğini etkileyen en önemli etken konumundadır.

KAYNAKLAR

- [1] Krohne Messtechnik GmbH., “Optiflux 4000 Electromagnetic Flow Sensor Technical Data Sheet”, Germany, 2010
- [2] Krohne Messtechnik GmbH., “Optisonic 6300 Ultrasonic Clamp-on Flowmeter Technical Data Sheet”, Germany, 2009
- [3] Krohne Messtechnik GmbH., “Optiswirl 4070 C Vortex Flowmeter Technical Data Sheet”, Germany, 2009
- [4] Krohne Messtechnik GmbH., “Optimass 1000 Sensor For Mass Flow Technical Data Sheet”, Germany, 2009
- [5] Krohne Messtechnik GmbH., “VA40 – VA45 Variable Area Flowmeter Technical Data Sheet”, Germany, 2011
- [6] Krohne Messtechnik GmbH., “H250 Variable Area Technical Flowmeter Data Sheet”, Germany, 2012
- [7] Merter, C., “Akış Ölçümü Temel Prensipleri: Krohne Akademi Türkiye”, Eğitim Semineri, Ankara, 2012
- [8] Gelderblom A., “Basic Principles For Electromagnetic Flowmeters”, Krohne Engineering Training Seminar, Dordrecht, The Netherlands, 2011
- [9] Al-Rawni H., “Standart Modules For Mass Flow”, Krohne Engineering Training Seminar, Dordrecht, The Netherlands, 2011
- [10] Verhoeve L., “Liquid Process Meters”, Krohne Engineering Training Seminar, Dordrecht, The Netherlands, 2011