

AKÜ FEMÜBİD 18 (2018) 015202 (201- 207)

AKU J. Sci. Eng. 18 (2018) 015202 (201-207)

DOI: 10.5578/fmbd.66798

Sıvı Seviye Sensörlerinin İncelenmesi ve Su Seviyesi Ölçümü Uygulaması

Mehmet YUMURTACI¹, İsmail YABANOVA²

^{1,2} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: mehmetyumurtaci@aku.edu.tr, iyabanova@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 21.07.2016 ; Kabul Tarihi:03.04.2018

Özet

Günlük yaşamda farklı alanlarda durağan veya hareketli durumlarda sıvı seviyesinin ölçümünün doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sıvının türüne, hassasiyete ve maliyete göre temaslı/temassız sensörler kullanılabilir. Bu çalışmada sıvı seviye ölçümünde kullanılan ultrasonik sensör, kapasitif sensör, diferansiyel basınç transdüseri, kızılötesi sensör ve dikey hareketli şamandıranın çalışma prensipleri incelenmiştir. Örnek bir uygulama olarak silindire yakın bir şekle sahip bir kaptaki su seviyesinin ölçüm işlemi sensörler ile gerçekleştirilmiştir. Kaptaki farklı seviyelerde gerçekleştirilen ölçümlerde gerçek su seviyesine yakın değerler sensörlerden okunmuştur. Sensör seçiminde temaslı /temassız, sürekli/ayrık zamanlı veri alma gibi durumlar göz önünde bulundurulur. Sensörün çalıştığı ortamın sıcaklığı gibi parametrelerin göz ardı edilmesi ölçüm hatasının artmasına neden olmaktadır. Sensörlerin kalibrasyonunun doğru yapılması ölçme hatalarının azalmasını sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler

Seviye sensörleri;
Transdüser;
Transmitter;
Mesafe ölçümü

Investigation of Liquid Level Sensors and an Application: Water Level Measurement

Abstract

The measurement of liquid level in stable or moving conditions must be performed correctly at different areas of daily life. In according to liquid type, sensitivity and cost, contact/contactless sensors may be used. In this study, the working principles of ultrasonic sensor, capacitive sensor, differential pressure transducer, infrared sensor and vertical moving float which are used in liquid level measurement were examined. Measurement of water level in a container which is similar to cylindrical shape was carried out by sensors as a sample application. Values which are closed to the actual water level were read by sensors as a result of measurement in different levels of the container. Factors such as contact/contactless, receiving data continuously/discrete-time are taken into account in the selection of sensor. Ignoring parameters such as the environment temperature at which sensors work, causes to increase in measurement error. Accurate calibration of the sensors will provide to reduce the measurement errors.

Keywords

Level sensors;
Transducer;
Transmitter;
Distance measurement

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Sensör, uyarı olarak aldığı elektriksel olmayan değerleri elektriksel değerlere dönüştürerek yanıt veren aygıt olarak tanımlanır. Pasif ve aktif olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Pasif sensör, ek bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan doğrudan dış uyarıcıya yanıt olarak elektriksel sinyal üretirken, aktif sensörlerin çalışması için harici bir güce ihtiyacı vardır (Fraden 2010). Transdüser, sensör ve transmitter bazen birbirinin yerine kullanılmalarına

rağmen farklı anlamlara sahiplerdir. Transdüser enerjinin bir formdan diğer bir forma dönüştürürken, transmitter transdüser tarafından üretilen sinyali yükseltip ölçekler (Gillum 2009). Kimya sanayiinde metalürji sanayiinde, petrol endüstrisinde, uçak yakıt sistemlerinde ve gaz istasyonları gibi birçok alanda sıvı seviyesinin tam olarak ölçümü zorunludur (Xu et al. 2017). Sıvı seviyesi ölçümünde ultrasonik, kapasitif, optik, mikrodalga, manyetostriktif, direnç zinciri, manyetik

direnç, hidrostatik basınç, gama ışını vb. farklı kategorilerdeki farklı sıvı seviyesi sensörleri kullanılmaktadır (Toghyani et al. 2017). Bazı sensörler sıvı içerisine daldırıldığından temaslı tipte iken sıvıyla teması olmayan sensörlere ise temassız sensör denir. Temassız sensörler, daha uzun ömürlü olma, sıvının tipinden bağımsız olarak kullanılabilme gibi avantajlara sahipken çevresel etkilere duyarlı olduklarından tedbir alınması gerekli olup maliyetleri daha yüksektir. Temaslı sensörler, düşük maliyet avantajına sahipken aşındırıcı sıvı ile kullanılamazlar (Dogan 2015). Sensörün ölçtüğü fiziksel giriş değişkeni ile çıkışı arasındaki ilişki kalibrasyonunu göstermektedir. Belirli bir giriş değerine karşılık çıkışın değişimi doğrusal olup sensörün duyarlılığı kalibrasyon eğrisinin eğimine göre belirlenir (Webster 1999).

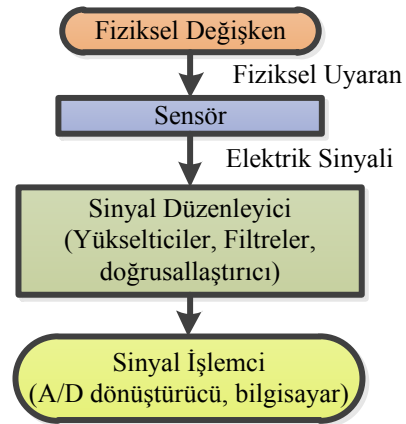
Literatürde sıvı seviye ölçümüyle ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Canbolat (2009), tanktaki sıvı seviyesinin ölçümü için yeni bir metot sunmuştur. Mevcut metotlar genellikle sıvılar ve havanın dielektrik sabitleri arasındaki geniş farka dayalıdır. Metodun ana avantajı üç kapasitif sensör ile kalibrasyon işlemi olmaksızın iletken olmayan sıvılara doğrudan uygulanabilmesidir. Terzic et al. (2010) otomobil yakıt tankındaki akışkan seviyesinin hareket halindeyken doğru belirlenebilmesi için sinir ağı tabanlı bir yaklaşımın uygulanacağı tek tüp kapasitif sensörünü geliştirmişler ve kullanmışlardır. Hareket halindeki araçların yakıt tankındaki sıvı seviyesinin ölçümünde akustik sensör tabanlı yaklaşım Destek Vektör Makinaları sınıflandırıcısıyla denenmiş ve doğrulanmıştır (Terzic et al. 2010). Kaptaki sıvı seviyesinin ölçümü için kabın karşılıklı yanlarına alüminyum folyonun yapıştırılmasıyla paralel iletken levhalar elde edilmiştir. Levhalar arasındaki su ve hava miktarının değişimine bağlı olarak kapasite değeri mikro kontrolör devresiyle ölçülüp seviye bilgisine dönüştürülmektedir (Dogan 2015). Altın ve Bulut (2016), fabrikalarda kullanılan sıvı tanklarındaki seviyeyi ultrasonik algılayıcı ile tespit edip ölçüm verilerini Bluetooth üzerinden uzak bir bilgisayar veya akıllı telefona aktararak takibini sağlayacak bir cihaz geliştirmişlerdir. Varun Kumar et al. (2018), çalışmalarında konteynerdeki sıvı seviyesini bir ultrasonik sensör ile izlerken

arduino ve Zigbee modülü ile bu verileri uzaktaki bir göstergeye aktarmakta ve GSM modülü ile sıvı seviyesinin kritik değere geldiğini mesaj yoluyla bildirmektedir. Toghyani et al. (2017), iletken sıvıların seviyesinin ölçümü için silindirik kapasitif sensör probunu MATLAB/Simulink kullanılarak matematiksel işlemlere dayalı olarak modellemişlerdir. Antunes (2015), yağ boruları veya yakıt tankları gibi son derece yanıcı ve tehlikeli çalışma ortamları için düşük maliyetli plastik optik fiber sıvı seviye sensörünü geliştirerek test etmişlerdir. Optik fiber ağıta dayalı sıvı seviye sensörleri korozyona, yüksek sıcaklık ve basınca karşı dayanıklıdır, elektromanyetik parazitlerden etkilenmez, yüksek duyarlılık ve hızlı cevap verme gibi avantajlardan dolayı endüstriyel uygulamalarda büyük bir potansiyele sahiptir (Xu et al. 2017).

Bu çalışmada, sıvı seviye ölçümünde kullanılan farklı tip sensörlerin çalışma prensipleri incelenmiştir. Plastik kap içerisindeki su seviyesinin ölçümü ultrasonik sensör, kapasitif sensör, diferansiyel basınç transdüseri, kızılötesi sensör ve dikey hareketli şamandıra ile gerçekleştirilmiştir. Sensör seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler üzerinde durulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Ölçüm sisteminin elemanları sensör, dönüştürücü, sinyal düzenleyici ve sinyal işlemcisinden oluşur (Şekil 1). Bir ölçüm sisteminin ana amacı algıladığı fiziksel değişkenin değerini tam olarak doğru bir şekilde ölçmektir (Dunn 2012).



Şekil 1. Genel ölçüm sistemi konfigürasyonu (Dunn 2012).

Sıvı seviyesi ölçümünün yapılacağı kabın malzemesi, boyutları, sıcaklığı, basıncı, kabın içerisindeki gürültü durumu, kabın hareketli/sabit olması, sıvının cinsi, sensörün ölçme aralıkları, maliyet gibi kriterler değerlendirilerek uygun sensör seçimi gerçekleştirilir (Christensen and Peterson 2014). Bu bölümde farklı tip sensörlerin çalışma prensipleri incelenecektir.

2.1 Ultrasonik sensör

Ultrasonik sıvı seviye sensörleri genellikle geriye yansıyan yüksek frekanslı akustik sinyallerin yayılması ve transdüser ile belirlenmesi prensibine göre çalışır. Ultrasonik sensörler, yapısının basitliği, kolay kurulum ve bakım gibi avantajlara sahipken, parazite karşı duyarlıdır (Jin et al. 2015). Ortalama ses hızı biliniyorsa denklem (1) kullanılarak akışkan seviyesi hesaplanabilir (Terzic 2010);

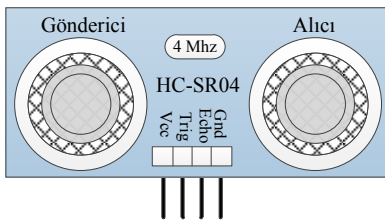
$$Seviye = Seviye_{ref} - \frac{1}{2} v \cdot t \quad (1)$$

$Seviye_{ref}$ tankın/kabın yüksekliği, v ses hızı ve t ultrasonik yankının uçuş zamanını göstermektedir. Ses hızı havada, deniz seviyesinde ve 21 °C sıcaklıkta 343.2 m/s olarak alınır. Havanın sıcaklık ve yoğunluğuna bağlı olarak sesin yayılma hızı değişmektedir. Sesin havadaki hızı yaklaşık olarak denklem (2) ile hesaplanabilir (Int Kyn. 1):

$$v(T) = 331.5 + 0.6T \quad (m/s) \quad (2)$$

Burada; T ortam sıcaklığı °C, $v(T)$ ise sıcaklığa bağlı ses hızını ifade etmektedir.

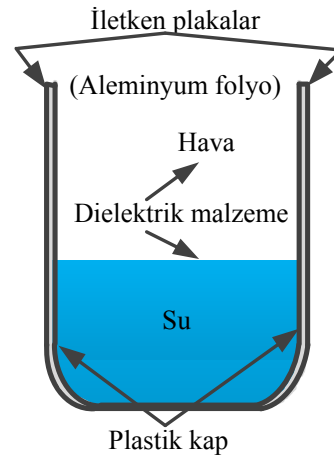
Ultrasonik sensör olarak Şekil 2' deki HC-SR04 ultrasonik mesafe modülü kullanılmıştır. Temassız ölçme fonksiyonu ile 2-400 cm aralığında ölçüm imkânı sağlar. Mesafe ölçme doğruluğu 3mm'dir. Modül, ses ötesi verici, alıcı ve kontrol devresinden oluşur (Int Kyn. 2).



Şekil 2. Ultrasonik mesafe modülü

2.2 Kapasitif sensör

Kondansatörün yapısından yola çıkarak iki iletken levha arasına yalıtkan malzemenin gelmesiyle Şekil 3' teki gibi bir yapı oluşturulur (Dogan 2015). Bu uygulamada iletken levhalar kabın dışına yapıştırılacağından kabın iletken olmaması gerekmektedir. Kabın iki tarafına alüminyum folyolar yapıştırılarak iletken levhalar oluşturulmuştur, Yalıtkan malzeme olarak iletken levhalar arasında dielektrik katsayıları farklı olan su ve hava vardır. Kap içerisindeki su seviyesiyle havanın miktarının değişimine göre kondansatörün kapasite değeri değişecektir bundan faydalanılarak kaptaki su seviyesinin ölçümü gerçekleştirilecektir.



Şekil 3. Kapasitif sensör

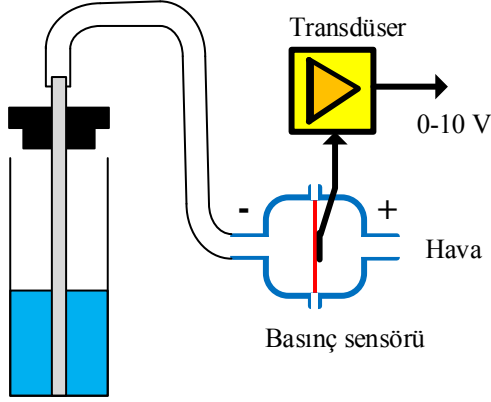
Uygulama, havanın dielektrik sabitinden daha yüksek dielektrik sabite sahip olan sıvıların kullanımına dayalıdır. Depolanan sıvının çeşidinin değişimine bağlı olarak kalibre edilmesi gerekir. Ölçümdeki diğer önemli faktör sıcaklıktır (Canbolat 2009). Kapasite dielektrik sabitine, iletken plakaların alanına ve plakalar arası mesafeye bağlı olup denklem (3) ile hesaplanabilir (Terzic et al. 2010);

$$C(\epsilon_r) = \epsilon_r \left(\frac{\epsilon_0 A}{d} \right) \quad (3)$$

C Farad (F) olarak kapasiteyi, ϵ_r plakalar arasındaki materyalin dielektrik sabitini ve ϵ_0 ise serbest boşluğun dielektrik sabitini göstermektedir. A , m² olarak her bir plakanın alanı, d ise iki plaka arasındaki mesafeyi göstermektedir (Terzic et al. 2010). Kaptaki sıvının değişimiyle kapasite değişimi arasındaki ilişkiden faydalanılarak sıvı seviyesi tespit edilmektedir.

2.3 Diferansiyel basınç transdüseri

Kabın olduğu ortamın basıncı ile kaptaki sıvı seviyesine bağlı olarak oluşan basıncın farkına göre sıvı seviyesinin belirlenmesi prensibine dayanır. Delorenzo Group tarafından geliştirilen Kontrol Sistemleri eğitim setinde yer alan DL2960 numaralı farksal basınç dönüştürücüsünden faydalanılmıştır. Şekil 4' te modülün ekipmanları ve kullanımı görülmektedir.

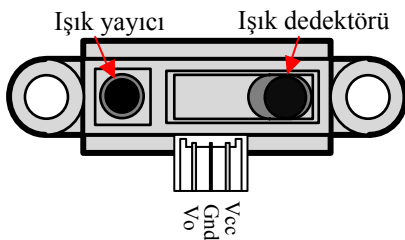


Şekil 4. Diferansiyel basınç dönüştürücü modül

Seviye ölçümü yapılacak olan kaba metal boru daldırılır. Kaptaki sıvı seviyesine bağlı olarak boru içerisindeki havanın sıkışmasıyla oluşan basınç referans basınç olan ortamdaki havanın basıncı ile karşılaştırılır. Elde edilen mbar cinsinden basınç transdüseri ile gerilim bilgisine dönüştürülerek kaptaki sıvının yüksekliği tespit edilebilmektedir.

2.4 Kızılötesi sensör

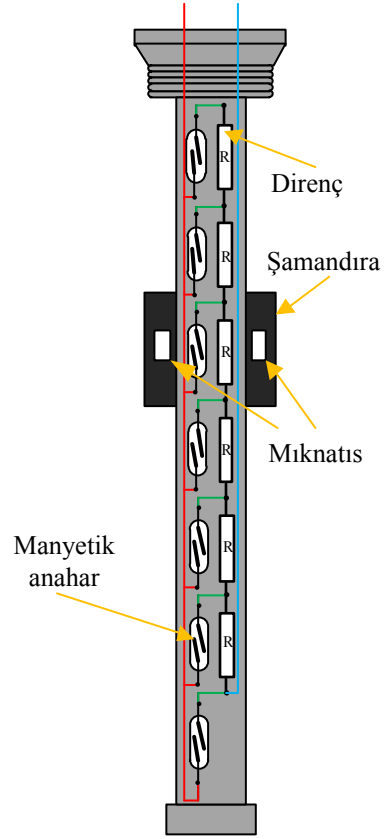
Mesafe ölçüm sensörü olan GP2Y0A21YK0F kızıl ötesi sensörle 10-80 cm arası mesafeler ölçülüp analog sinyal olarak sonuç alınabilmektedir. Şekil 5'te verilen Kızılötesi mesafe ölçüm sensörü konuma duyarlı alıcı, kızılötesi yayıcı diyot ve sinyal işleme devresinden oluşmaktadır. Objelerin yansıtıcılığının değişimi, ortam sıcaklığı ve çalışma süresinden etkilenmeden kolayca mesafe belirlenebilmektedir (Int Kyn. 3). Kaptaki sıvı seviyesi belirlenirken kabın yüksekliğinden sensörün ölçtüğü analog değerın mesafeye dönüştürülmüş halinin çıkartılması gereklidir.



Şekil 5. Kızılötesi sensör

2.4 Dikey hareketli şamandıra

Kaptaki/tanktaki sıvı seviyesiyle ilgili olarak sadece belirli noktalardaki bilgiye ihtiyaç varsa dikey hareketli şamandıra sistemi sensör olarak kullanılabilir. Şekil 6' da verilen dikey hareketli şamandıra sisteminde seviye belirlemede manyetik anahtarlar kullanılmaktadır. İhtiyaca bağlı olarak manyetik anahtar sayısı artırılarak hassasiyet artırılabilir. Manyetik anahtar yerine aynı sistemde hall etkili anahtar ve sensörler de kullanılabilir (Anonym 2009).



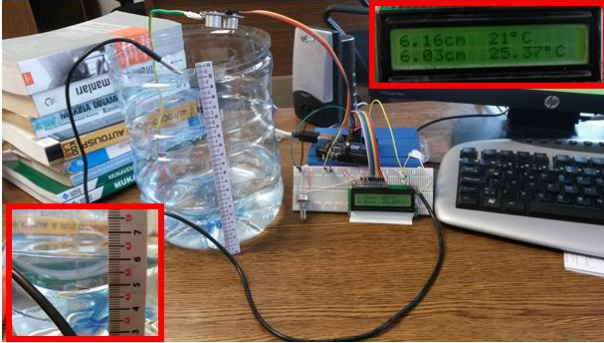
Şekil 6. Manyetik anahtarlarla oluşturulan dikey hareketli şamandıra (Int Kyn. 4)

3. Su Seviyesi Ölçüm Uygulaması

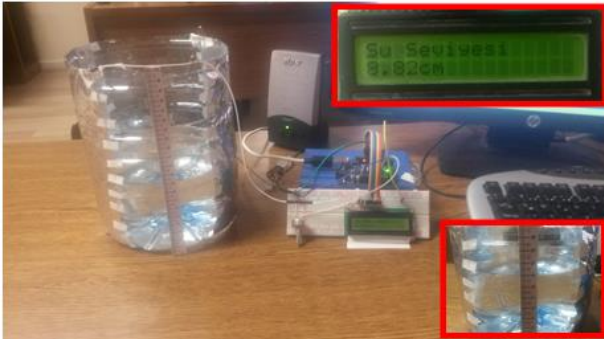
Silindire yakın şekle sahip plastik kabın içerisindeki su seviyesinin ölçümü farklı tip sensörlerle gerçekleştirilmiştir. Sensörlerden alınan bilginin işlenerek seviye bilgisine dönüştürülmesinde Arduino UNO kartı kullanılmış ve su seviye bilgisi 2x16'lık LCD ekrana yazdırılmıştır. Karttaki seri port aracılığıyla seviye bilgisi diğer cihazlara da aktarılabilir. Yazılım olarak Aduino IDE programı kullanılmış olup sensörlere ait kütüphaneler ilave edilmiştir.

Ses hızı ortamdaki sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterdiği için ortamın sıcaklığı DS18B20 sıcaklık sensörüyle ölçülmüştür. Şekil 7’den de görüldüğü gibi sensörle sıvı seviyesi belirlenirken hem odanın mevcut sıcaklığı hem de 21°C ye karşılık gelen ses hızına göre kaptaki su seviyesi hesaplanıp ikisi birden LCD ekrana yazdırılmıştır.

Kabın kapasitif sensör olarak kullanılması için iki tarafına iletken levha olan alüminyum folyo yerleştirilmiştir (Şekil 8). Kabın şeklinin tam olarak silindirik olmamasından dolayı kapasite değişimi doğrusal değildir. Kaptaki su seviyesine karşılık olan kapasite değişimine ait denklem Matlab programında eğri uydurma aracı ile çıkarılmıştır. Denklem kullanılarak kaptaki farklı su seviye miktarları yaklaşık olarak tespit edilmektedir. Kaptaki sıvının türüne bağlı olarak kalibre edilmesi gerekir. Bu sensörle ilgili daha detaylı bilgileri Dogan (2015) ve Canbolat (2009)’ in çalışmalarında bulabilirsiniz.



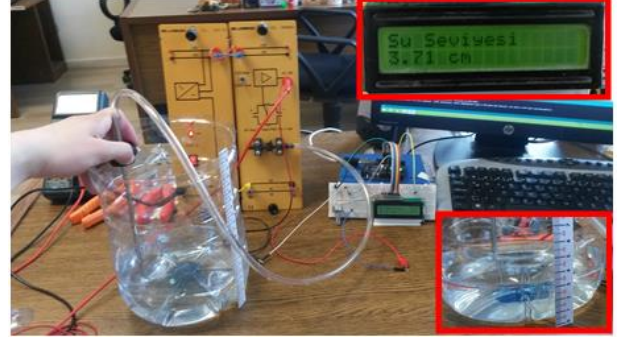
Şekil 7. Ultrasonik sensör ile kaptaki su seviyesinin ölçümü



Şekil 8. Kapasitif sensör ile kaptaki su seviyesinin ölçümü

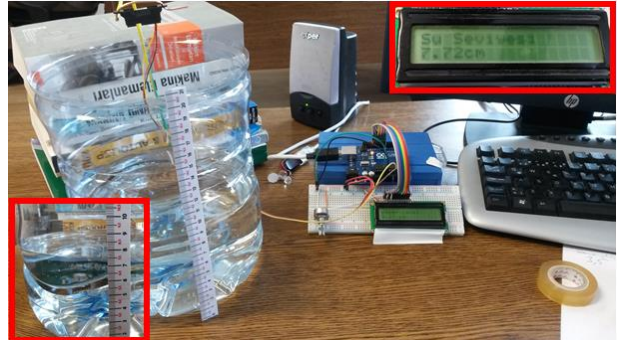
Basınç sensörü olarak Delorenzo firmasının DL2960 modülü kullanılmıştır. Modülün sıvı seviye ölçüm dokümanında basınç değerine bağlı olarak seviye değerleri mevcuttur. Matlab programı içerisindeki

eğri uydurma aracı kullanılarak basınca karşılık seviye bilgisini veren matematiksel denklemi çıkarılmıştır. Bu denklemden faydalanılarak farklı seviye değerlerinin ölçüm işlemi Şekil 9 ‘daki gibi gerçekleştirilmiştir.



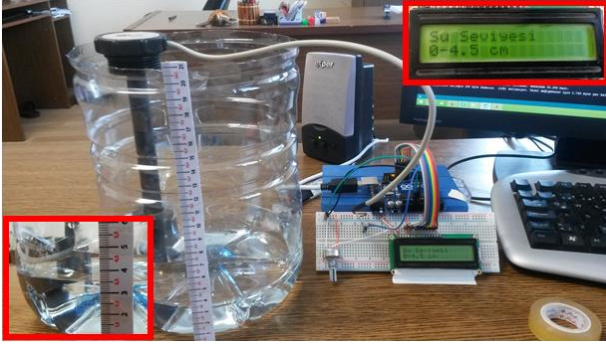
Şekil 9. Diferansiyel basınç dönüştürücü ile kaptaki su seviyesinin ölçümü

Kızılötesi mesafe ölçüm modülü ile sıvı seviye ölçüm işleminde Int Kyn. 3’ te verilen karakteristik eğrisinden faydalanılmıştır. Modülle sıvı seviye ölçümü işlemi Şekil 10’daki bağlantıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Kızılötesi sensör ile kaptaki su seviyesinin ölçümü

Doğrusal hareketli şamandıra ile seviye ölçüm işleminde manyetik anahtarlara bağlı olan kademe direnç değerine eşit bir direnç çıkış ucuna bağlanmıştır. Oluşturulan gerilim bölücü devreden faydalanılarak kaptaki sıvı seviyesinin hangi aralık içerisinde olduğu tespit edilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Dikey hareketli şamandıra ile kaptaki su seviyesinin ölçümü

4. Bulgular ve Tartışma

Kaptaki dört farklı seviye için tüm sensörlerle yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 1' de bir arada verilmiştir. Çizelge 1' den de görüldüğü gibi sensörlerle gerçek seviye değerine yakın olarak ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Kaptaki farklı sıvı seviye değerleri ile ölçüm sisteminden alınan değerlerin karşılaştırılması

| Gerçek Seviye (cm) | 3.5 | 6 | 7.5 | 9 |
|----------------------------------------|--------|----------|----------|-----------|
| 21°C | 3.61 | 6.16 | 7.60 | 9.32 |
| 25.37 °C | 3.47 | 6.03 | 7.49 | 9.22 |
| Ultrasonik sensör | | | | |
| Kapatif sensör | 3.76 | 5.81 | 7.30 | 8.82 |
| Diferansiyel basınç transdüseri | | | | |
| Diferansiyel basınç transdüseri | 3.71 | 6.25 | 7.79 | 9.39 |
| Kızıl ötesi sensör | 3.87 | 6.37 | 7.72 | 9.25 |
| Dikey hareketli şamandıra | | | | |
| Dikey hareketli şamandıra | 0- 4.5 | 4.5- 6.5 | 6.5- 8.5 | 8.5- 10.5 |

Sensörün kullanıldığı ortamın sıcaklığının ölçmeye etkisini göstermek amacıyla ultrasonik sensörde ölçüm işlemi normal oda sıcaklığı ve mevcut ortam sıcaklığı göz önüne alınarak hesap edilmiştir. Ses hızı sıcaklığa bağlı olarak değiştiğinden mevcut ortam sıcaklığının kullanılması durumunda gerçek seviye değerine daha yakın sonuçlar elde edilmektedir. Uygulamada kullanılan ultrasonik ve kızılötesi sensörler ortamın hava olduğu nesne ile sensör arasındaki mesafeyi ölçmeye uygun olmasına rağmen sıvı seviye ölçümünde de iyi sonuç vermektedir. Bu sensörlerin kullanımında dikkat edilmesi gereken noktalar montaj açısı ve kataloglarında verilen minimum ölçme değerinin üzerinde olacak şekilde kaba yerleştirilmeleridir. Dikey hareketli şamandıra sisteminde doğrudan sıvının seviye bilgisi değil de aralık bilgisi elde

edildiğinden kullanılacağı yere göre manyetik anahtar sayısı artırılarak hassasiyeti arttırılabilmektedir. Kapatif sensörün kullanılacağı kap/tankın şekli silindir, küp veya dikdörtgenler prizması gibi simetrik bir şekle sahip olursa seviyeye bağlı olarak kapasite değişimi doğrusala yakın olacaktır.

5.Sonuç

Günlük yaşamda bazı alanlarda sıvı seviyesinin belirli aralıklar içerisinde olup olmadığı bilinmesi yeteriyken bazı uygulamalarda büyük bir hassasiyetle sürekli olarak bilinmesi gerekmektedir. Sıvı seviyesinin ölçümünde kullanılan sensörler kullanım yerlerine göre temaslı/temassız, aktif/pasif, sürekli/ayrık veri ölçme durumlarına göre farklılıklar göstermektedir. Ölçüm yapılacak olan kabın/tankın malzemesi, bulunduğu ortamın sıcaklık ve basınç değeri, kaba konulan sıvının cinsi sensör seçiminde etkili olan özelliklerdir. Bu çalışmada sıvı seviye ölçümünde kullanılan ultrasonik sensör, kapatif sensör, diferansiyel basınç dönüştürücü, kızılötesi sensör ve dikey hareketli şamandıranın çalışma prensipleri incelenmiştir. Sensörler kullanılarak silindire benzer forma sahip bir kabın içerisindeki su seviyesinin ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir ve gerçek seviye değerine yakın seviye bilgisi elde edilmiştir. Sensörlerin kalibrasyonunun daha iyi yapılması durumunda ölçümler daha hassas olacaktır.

Kaynaklar

- Altın, S., Bulut, F., 2016. Design of Ultrasonic Liquid Level Meter with Bluetooth Connection and Industrial Process Application. *Journal of Bartın University Engineering and Technological Sciences*, **4(1)**, 19-21.
- Anonym, 2009. Liquid Level Sensing Measuring Liquid Levels using Hall Effect sensors. Sense & Control, Application Note, rev. 1.0, 2009-02-12, Infineon Technologies Munich, Germany.
- Antunes, P., Dias, J., Paixão, T., 2015. Esequiel Mesquita, Humberto Varum, Paulo André, Liquid Level Gauge Based in Plastic Optical Fiber. *Measurement*, **66**, 238-243
- Canbolat, H., 2009. A Novel Level Measurement Technique Using Three Capacitive Sensors for Liquids. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, **58(10)**, 3762-3768.
- Christensen, J. and Peterson, T., 2014. How to Select a C

- ontinuous Level Sensor. CSC Publishing, Bin Master Level Controls.
- Dogan, I. 2015. Development of a Low-Cost Educational Liquid-Level Sensor Circuit. *International Journal of Electrical Engineering Education*, **52(2)**, 168-181.
- Dunn, P. F., 2012. Fundamentals of Sensors for Engineering and Science. CRC Press Taylor & Francis Group, 95s.
- Fraden, J. 2010. Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs and Applications. 3rd ed., Springer-Verlag, New York, 589s.
- Gillum, D. R. 2009. Industrial Pressure, Level, and Density Measurement. 2nd ed., Instrumentation, Systems, and Automation Society, USA, 571s.
- Jin, B., Liu, X., Bai, Q., Wang, D., Wang, Y. 2015. Design and Implementation of an Intrinsically Safe Liquid-Level Sensor Using Coaxial Cable. *Sensors*, **15(6)**, 12613-12634.
- Rizi, T., Shahrokh Abadi, M. H., 2017. Analytical modeling of a coaxial cylindrical probe capacitive sensor based on MATLAB/ Simulink for conductive liquids level measurements. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, **25**, 3024-3036.
- Terzic, E., Nagarajah, C. R., Alamgir, M., 2010. Capacitive Sensor-Based Fluid Level Measurement in a Dynamic Environment Using Neural Network. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **23(4)**, 614-619.
- Terzic, J., Nagarajah, C. R., Alamgir, M., 2010. Fluid Level Measurement in Dynamic Environments Using a Single Ultrasonic Sensor and Support Vector Machine (SVM). *Sensors and Actuators A Physical*, **161(1-2)**, 278-287.
- Varun Kumar, S., Yokeshraj, P.V., Vignesh, V., Tamilselvan, S., 2018. Precision Level Measurement with Real Time Monitoring For Dynamically Changing Depths in a Container. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, **5(1)**, 1512-1514.
- Webster, J. G., 1999. The measurement, Instrumentation and Sensors Handbook. CRC Press LLC, 2588s.
- Xu, W., Wang, J., Zhao, J., Zhang, C., Shi, J., Yang, X., Ya, J., 2017. Reflective Liquid Level Sensor Based on Parallel Connection of Cascaded FBG and SNCS Structure. *IEEE Sensors Journal*, **17(5)**, 1347-1352.

İnternet kaynakları

- 1-https://tr.wikipedia.org/wiki/Ses_h%C4%B1z%C4%B1, (28.04.2016)
- 2-<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (05.05.2016)
- 3- <https://www.pololu.com/file/0j85/gp2y0a21yk0f.pdf> (08.05.2016)
- 4- <http://www.hizmarteknik.com/urunler/15-seviye-sensorleri-plastik.html> (10.05.2016)