

Kendinden Kalibrasyonlu Bir Kapasitif Algılama Düzeneginin Modellenmesi ve Sıvı Seviyesi Ölçme Uygulaması

Mustafa Saygıner
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Maslak, İstanbul
sayginer@ehb.itu.edu.tr

Özet: Malzemelerin farklı dielektrik özelliklerinden faydalanılarak iletken yüzeyler arasında farklı kapasite değerleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, kapasitif algılama düzeneklerinde kullanılabilen ve özellikle çeşitli sıvıların farklı dielektrik sabitleri için herhangi bir ön tanımlayıcı bilgi gerektirmeden kalibrasyon işlemini kendiliğinden gerçekleştirebilecek bir ölçme düzeneginin modellenmesi tanıtılmıştır. Ayrıca yöntemin sıvı seviyesi ölçmelerinde elektronik olarak uygulanabilirliği de incelenmiştir.

1. Giriş

Herbirinin yüzey alanı A ve aralarında d uzaklığı olan paralel iki iletken düzlemde yüzeylerden biri $+Q$ diğeri $-Q$ yüklü olduğu bir durumda ve A yüzey alanı yeterince büyük, d mesafesi de yeterince küçük iken yüzey yük yoğunluğu σ , Q/A şeklinde tanımlanabilir. Buna göre bu sistemin paralel yüzeyler arasında göstereceği elektrik alan $Q/(A\epsilon_0)$ olacağından levhalar arasındaki potansiyel farkı (1) denkleminde verildiği gibidir.

$$V = Ed = \frac{Q}{A\epsilon_0} \quad (1)$$

Q/V oranının hesaplanmasıyla paralel iki düzlem levhanın sığası ise aşağıda gösterildiği gibi olur. (Boşluğun geçirgenliği $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$)

$$C = \frac{A\epsilon_0}{d} \quad (2)$$

(2) denkleminde tanımlı sığa ifadesinin, iletken yüzeyler arasındaki boşluğun farklı dielektrik sabitine (κ) sahip maddeler ile doldurulmasıyla elde edilen yeni sığa ifadesi ise

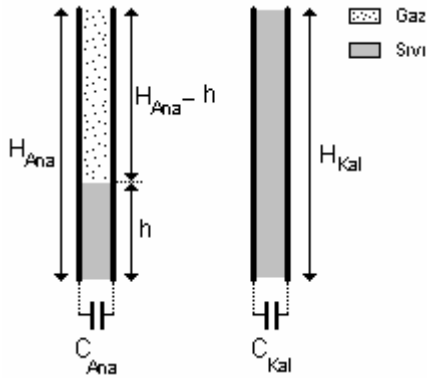
$$C = \frac{\kappa\epsilon_0 A}{d} \quad (3)$$

şeklinde gösterilecektir [1]. (3) ifadesinde görüldüğü gibi farklı dielektrik sabitleri için iletken paralel yüzeylerde farklı sığa değerleri elde edilebilmektedir.

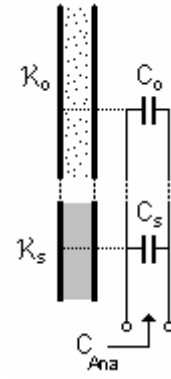
Malzemelerin farklı dielektrik sabiti özelliklerinin kapasite yapılarında kullanılmasıyla çeşitli algılama düzenekleri için uygulanabilir birçok fırsat ortaya çıkmıştır [2].

2. Ölçme Kapasitelerinin Modellenmesi

Kendinden kalibrasyonlu kapasitif ölçme modeli, aşağıda Şekil 1a'de gösterildiği gibi biri ana ölçme kapasitesi C_{Ana} ve diğeri de kalibrasyon işlemi için kullanılacak ölçme kapasitesi C_{Kal} olmak üzere iki algılayıcı kapasite ve bunların sabit akımlarla sürülmesi esasına dayanan ve ölçme değerlerinin elektriksel büyüklüğe çevrilmesinde kullanılacak analog devre blokları ve son olarak da kalibrasyon işlemini gerçekleştirecek işlemci ve çıkış biriminden meydana gelmektedir. Tüm model en genel haliyle Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1a. Ana ve kalibrasyon ölçme kapasiteleri.



Şekil 1b. C_{Ana} kapasitesinin modellenmesi.

Şekil 1a'de gösterilen ana ve kalibrasyon ölçme kapasiteleri, kolaylık olması açısından giriş bölümünde tanıtılan paralel iletken yüzeyler esasına göre modelde yer almaktadır. Ölçme sistemi herhangi bir ortamda bulunan sıvı seviyesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Ölçmenin yapılacağı tüm seviye aralığı H_{Ana} olmak üzere ilgili sıvı yüksekliği ise h olacaktır. Kalibrasyon işleminde kullanılacak C_{Kal} kapasitesi, sıvı yüksekliğinden bağımsız olarak daima ilgili sıvı dielektriği ile dolu bir biçimde sistemde yer alacaktır. (Uygulamada bu durum C_{Kal} kapasitesinin ilgili ölçme ortamının örneğin tabanında yer alması şeklinde düşünülebilir.)

C_{Ana} kapasitesinin sığası, h yüksekliğindeki sıvı ve geri kalan $H_{Ana}-h$ yüksekliğindeki gaz -örneğin havanın- meydana getireceği sığalar ile orantılı olacaktır. Şekil 1b'de gösterildiği gibi bu sığalar cinsinden C_{Ana} hesaplanacak olursa,

$$C_{Ana} = C_s + C_o \propto [\kappa_s h + \kappa_o (H_{Ana} - h)] \quad (4)$$

şeklinde elde edilebilecektir. Benzer biçimde ama daha basit olarak C_{Kal} kapasitesi de,

$$C_{Kal} \propto \kappa_s H_{Kal} \quad (5)$$

olarak tanımlanabileceklerdir. (4) ve (5) denklemlerinin bir arada kullanılmasıyla beraber h sıvı seviyesini veren ve model denklemi diyebileceğimiz ifade aşağıda (6) denklemiyle gösterildiği gibi olacaktır. Burada κ_o havanın geçirgenlik katsayısı olup değeri yaklaşık 1 olarak kabul edilmiştir. (Daha doğruluklu bir model için ikinci bir kalibrasyon kapasitesi, dielektriği sıvı üzerindeki ilgili gaz olacak şekilde modele dahil edilebilir.)

$$h = \frac{C_{Ana} - \kappa_o H_{Ana}}{\frac{C_{Kal}}{H_{Kal}} - \kappa_o} \quad (6)$$

Sonuç olarak yukarıda (6) ile gösterilen denklem ile h sıvı seviyesi C_{Kal} sığasını da içerecek şekilde ve böylece farklı sıvılar için kendinden kalibrasyonlu bir model olarak dielektrik malzemenin bağımsız bir biçimde elde edilebilmektedir.

3. Tüm Modelin Uygulanması

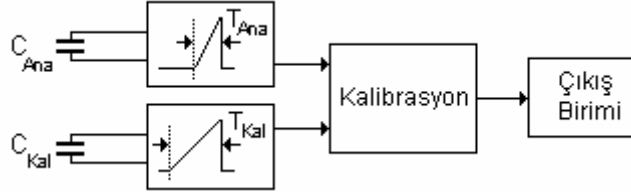
Ölçme kapasitelerine ilişkin modelin ve (6) denklemiyle belirlenen h sıvı seviyesinin kalibrasyon işlemini içerecek şekilde belirlenmesinin ardından bir ölçme uygulaması gerçekleştirmek üzere algılayıcı kapasitelerin sabit akımlarla sürülmesi esasına dayanan ve elde edilen ölçme değerlerinin elektriksel büyüklüğe çevrilmesinde kullanılacak analog devre blokları ile son olarak da kalibrasyon işlemini gerçekleştirecek işlemci ve çıkış birimleri Şekil 3'de verilen doğrultuda tasarlanmıştır.

C_{Ana} ve C_{Kal} ölçme kapasitelerinin sabit akımla sürülmesi neticesinde C sığa değerleriyle orantılı zaman sürelerinde doğrusal gerilim rampa fonksiyonları elde edilebilir.

Bu durum (7) ile gösterilen kapasite akım-gerilim bağıntısının bir sonucu olarak karşımıza çıkar.

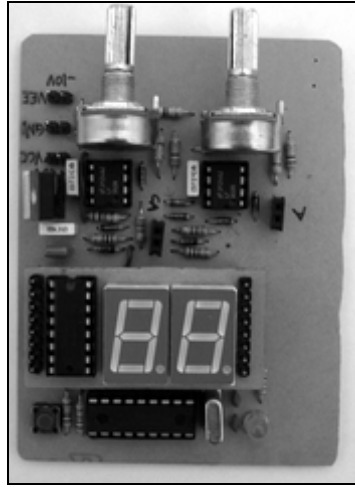
$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} \quad (7)$$

Bu fonksiyonlarının periyotlarının ölçülüp (6) denkleminde ilgili işlem biriminde hesaplatılmasıyla ($T_{Ana} \propto C_{Ana}$ ve $T_{Kal} \propto C_{Kal}$) h seviye değeri çıkış biriminde gösterilebilir.



Şekil 2. Kendinden kalibrasyonlu kapasitif seviye ölçme düzeneği.

Aşağıda Şekil 3’de, kurulan modele ilişkin gerçekleştirilmiş bir uygulama devresi, gerçek kapasiteler test edilerek modelin doğruluğu hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır. Gerçek kapasitelerde Şekil 1a ve 1b de gösterilen model denklemleri gaz ortam durumu için bulunmayacağından sadece (4) denkleminde verilen C_S terimi anlamlı olacaktır. Deneysel gözleme ilişkin veriler ilgili kapasite değerleriyle birlikte Tablo 1’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi farklı sıvıları ifade eden C_{Kal} değeri değişse bile (10n, 4.7n) uygulama devresinde herhangi bir değişiklik yapılmadan C_{Ana} değerine uygun bir h yüksekliğini yüzde çıkışı olarak verebilmektedir.



Şekil 3. İlgili uygulama devresi.

C_{Kal}	C_{Ana}	Ölçme Sonuçları h seviyesi (%)
10n	10n	99
	4.7n	45
	3.3n	31
	1n	11
	330p	3
	200p	1
4.7n	4.7n	99
	3.3n	69
	1n	17
	330p	5
	200p	3

Tablo 1. İlgili uygulama düzeneğinin deneysel sonuçları.

4. Sonuç

Sonuç olarak (6) ile gösterilen model denklemleri, dielektrik özelliğinin farklı malzemelere bağımlılığını bir C_{Kal} kalibrasyon kapasitesi yardımıyla kompanze ederek dielektrikten bağımsız bir ölçme modelinin kurulmasına ve ilgili sıvı yüksekliği h 'in bulunmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca dielektrik özelliğinin sıcaklığa bağımlılığı da gene modelde bulunan iki farklı kapasite sayesinde gene kendiliğinden kompanze edilerek sıcaklıktan bağımsız bir ölçmenin gerçekleştirilebilmesine olanak tanımaktadır.

Kaynaklar

- [1]. David J. Griffiths, “Elektromagnetik Teori”, Arte Güven, 2. Basım, 1996.
- [2]. Osman Gürdal “Algılayıcılar ve Dönüştürücüler”, NOBEL Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 2000.