

DENEY I: ROGOWSKİ BOBİNİ

İçindekiler

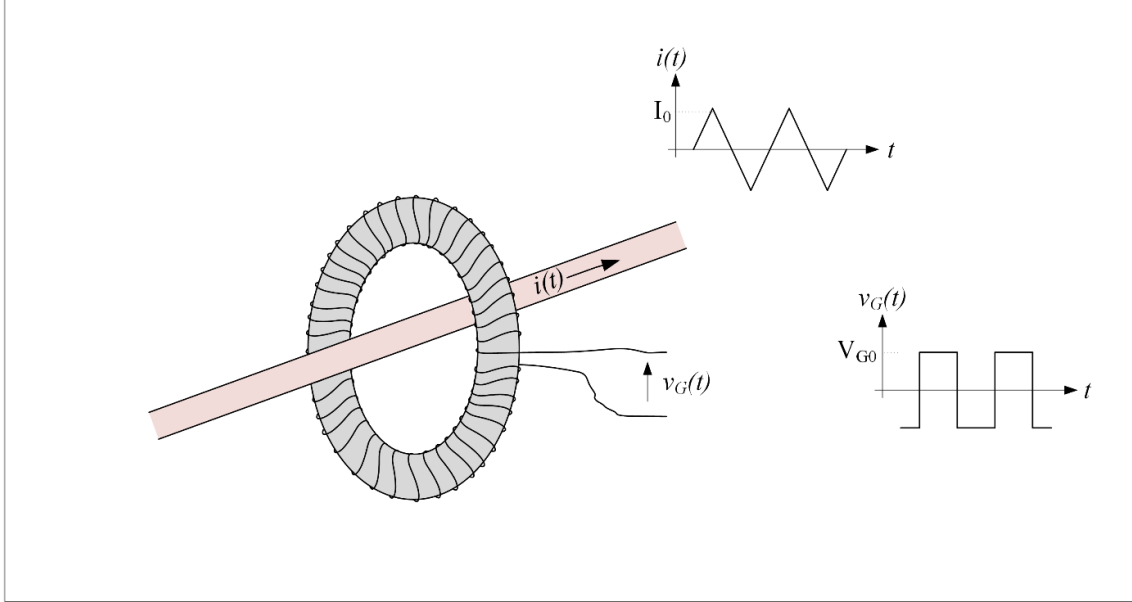
I. GİRİŞ	2
II. TEORİ.....	2
a) Rogowski Bobini	2
b) İşlemsel Yükselteç İntegratör Devresi	4
c) İntegratör Devreli Rogowski Bobini	6
III. ÖN HAZIRLIK.....	9
IV. UYGULAMA	11

MALZEME LİSTESİ

Malzeme Türü	Değerler	Açıklama
Ferromanyetik toroid nüve	20 ~ 25 [mm] Yarıçaplı	1 adet
Yalıtkan kaplı bobin teli	0,30 ~ 0,50 [mm] Çaplı	50~100 [m]
İşlemsel yükselteç	µA741, LM741, TL081 vb.	Bir tanesini seçin, 2 adet
Direnç, 5 Watt	56 [Ω]	2 adet
Direnç, 0,25 Watt	1 [kΩ], 10 [kΩ], 22 [kΩ], 33 [kΩ], 100 [kΩ], 220 [kΩ], 390 [kΩ], 680 [kΩ], 1 [MΩ]	Her bir değerden 2 adet
Kapasitör, 100 Volt, Polyester	10 [nF], 15 [nF], 22 [nF], 33 [nF], 100 [nF], 220 [nF], 330 [nF], 470 [nF], 680 [nF], 1000 [nF]	Her bir değerden 2 adet

I. GİRİŞ

Rogowski Bobini alternatif akımı ölçmeye yarayan bir düzendir. Alman fizikçi Walter Rogowski'nin (1881 - 1947) ismini taşımaktadır. Daire veya dikdörtgen kesitli bir ferromanyetik toroid nüve etrafına sıkıca sarılmış yalıtımlı bobin teli ve bir integratör devresinden oluşmaktadır. Üzerinden alternatif akım geçen bir kablo, toroidin merkezinden dik geçecek şekilde yerleştirildiğinde herhangi bir elektriksel bağlantı olmaksızın, kablodan geçen akımın genliği, frekansı ve dalga şekli Rogowski Bobini vasıtası ile tespit edilebilmektedir. Şekil 1'de tipik bir Rogowski Bobini uygulaması görselleştirilmiştir.



Şekil 1: Rogowski Bobini

II. TEORİ

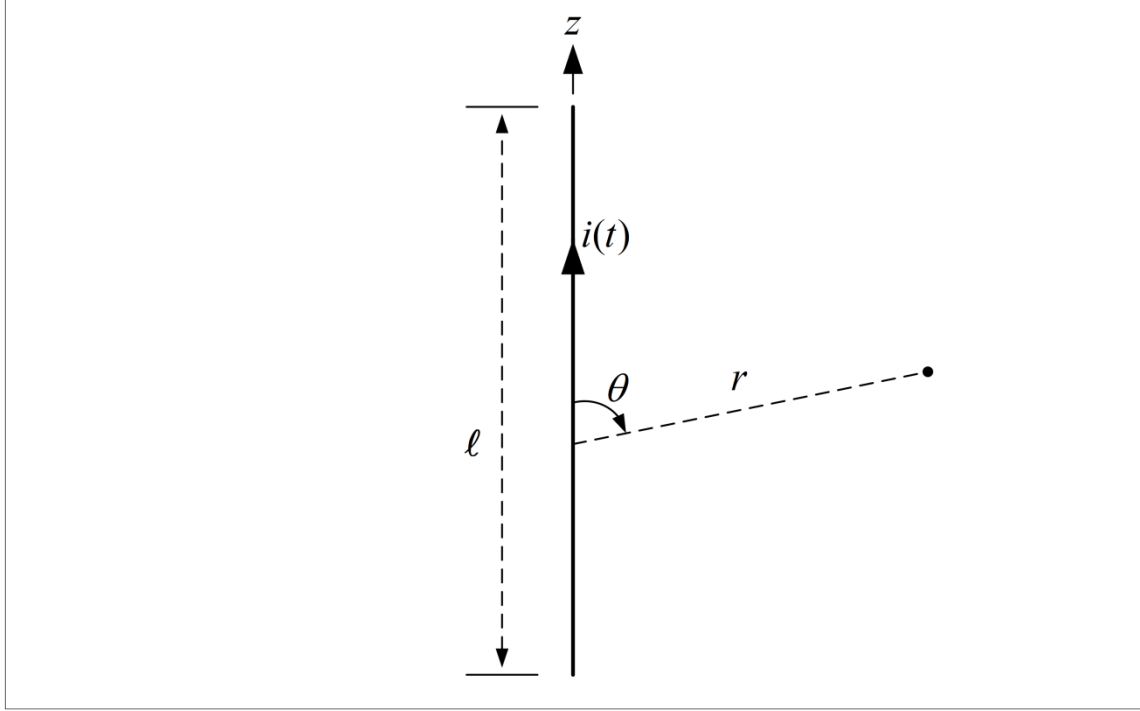
a) Rogowski Bobini

Faraday Yasası uyarınca içerisinde zamanla değişen manyetik alan geçen bir tel çerçevesinin uçları arasında potansiyel farkı oluşmaktadır. Üzerine bobin teli sarılmış bir ferromanyetik nüveyi ve bu nüvenin merkezinden geçecek şekilde yerleştirilmiş sonlu uzunluklu bir tel parçasını göz önüne alalım. Bu tel üzerinden matematiksel ifadesi (1) ile verilen alternatif akım geçsin.

$$i(t) = I_0 \sin(2\pi ft) \text{ [A]} \quad (1)$$

Burada I_0 , sabit akım genliği ve f , işaretin frekansıdır. Faz terimi içerisinde olası bir sabit değer önemli olmayıp göz ardı edilmiştir. Çalışma frekansı 50 - 100 [Hz] civarında bir değer seçildiğinde $\ell = 10$ [cm] uzunluğundaki bir telin elektriksel uzunluğu $k\ell = 2\pi(\ell/\lambda) \approx 10^{-7} \text{ [rad]} \approx 2\pi \text{ [rad]}$ kriterini çok iyi şekilde sağladığı için bu kaynak bir Hertz dipolü özelliği gösterir. Bu kaynağın yakın alanda ürettiği manyetik alan vektörünün skaler kısmı (2) ile verilmiştir (ör.bkz.[1,sy.151]).

$$H = \frac{i(t)\ell}{4\pi r^2} \sin \theta \quad (2)$$



Şekil 2: Akım taşıyan tel ve koordinat eksen

Telin nüve içinde oluşturduğu manyetik akı yoğunluğu vektörünün skaler kısmı ise

$$B = \mu H = \mu \frac{i(t)\ell}{4\pi r^2} \sin \theta = \frac{\mu i(t)\ell}{4\pi r^2} \text{ [T]} \quad (3)$$

olarak elde edilir. Gözlem noktaları için sabit bir nokta (toroidin merkez noktası) yaklaşıklığı yapılarak $\theta = 90^\circ$ ($\sin \theta = 1$) alınmıştır. Burada

μ : ferromanyetik malzemenin manyetik geçirgenliği,

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] : boşluğun manyetik geçirgenliği,

μ_r : bağıl manyetik geçirgenlik olmak üzere birbirlerine

$$\mu = \mu_r \mu_0 \quad (4)$$

tanımıyla bağlıdır. Manyetik akı yoğunluğu vektörünün, her noktasından dik olarak geçtiği bir yüzey üzerinde oluşturduğu toplam akı ifadesi (5) skaler integrali ile hesaplanır.

$$\Phi(t) = \int_A B(t) dS \text{ [Wb]} \quad (5)$$

Faraday Yasası gereği, içinden manyetik alan geçen çerçevenin açık uçları arasında oluşan elektromotor kuvvet (potansiyel farkı) (6) bağıntısı ile hesaplanır.

$$V(t) = -\frac{d\Phi}{dt} \text{ [V]} \quad (6)$$

Eğer tel çerçeve Rogowski Bobininde olduğu gibi N adet sarımdan oluşuyor ise, bu durumda (6) bağıntısı

$$V(t) = -N \frac{d\Phi}{dt} \text{ [V]} \quad (7)$$

şeklini alır. Ferromanyetik nüvenin ortalama yarıçapı r , nüvenin iç ve dış yarıçaplarının aritmetik ortalamasına eşittir.

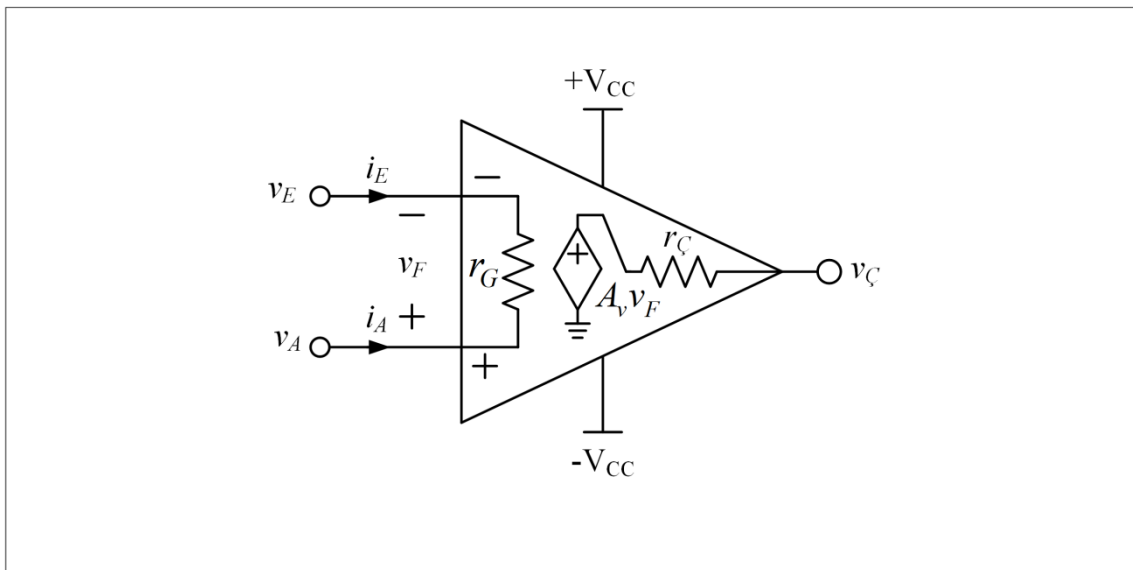
$$r = \frac{r_{iç} + r_{dış}}{2} \quad (8)$$

Şimdiye kadar anlatılanların ışığı altında, merkezine üzerinden zamanla değişen $i(t)$ akımı geçen bir kablo yerleştirilmiş N tur sarım sayısına sahip bir Rogowski Bobininin uçları arasında oluşacak potansiyel farkı (9) şeklini alır.

$$\begin{aligned} V(t) &= -N \frac{d\Phi}{dt} = -NA \frac{dB}{dt} \\ &= -\mu NA \frac{dH}{dt} = -\frac{\mu \ell NA}{4\pi r^2} \frac{di}{dt} \\ &= -\mu_r \frac{\mu_0 \ell NA}{4\pi r^2} \frac{di}{dt} \text{ [V]} \end{aligned} \quad (9)$$

b) İşlemsel Yükselteç İntegratör Devresi

İşlemsel yükselteç integratör devresi, matematiksel integral işlemi gerçekleştirmeye yarayan elektronik bir devredir. İşlemsel yükselteç, direnç ve kapasite elemanı kullanılarak gerçekleştirilen bu devre, girişine uygulanan elektriksel işaretin integralini alıp çıkışa verir. İşlemsel yükseltecin eşdeğer iç yapısı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: İşlemsel Yükselteç Model

r_G : işlemsel yükseltecin giriş empedansı artı ve eksi giriş uçları arasında görülen direnç,

v_A : artı giriş ucundaki gerilim,

v_E : eksi giriş ucundaki gerilim,

$v_F = v_A - v_E$: giriş gerilimleri arasındaki fark,

i_A : artı giriş akımı,

i_E : eksi giriş akımı,

A_v : açık çevrim kazancı,

r_C : çıkış direnci,

v_C : çıkış gerilimi

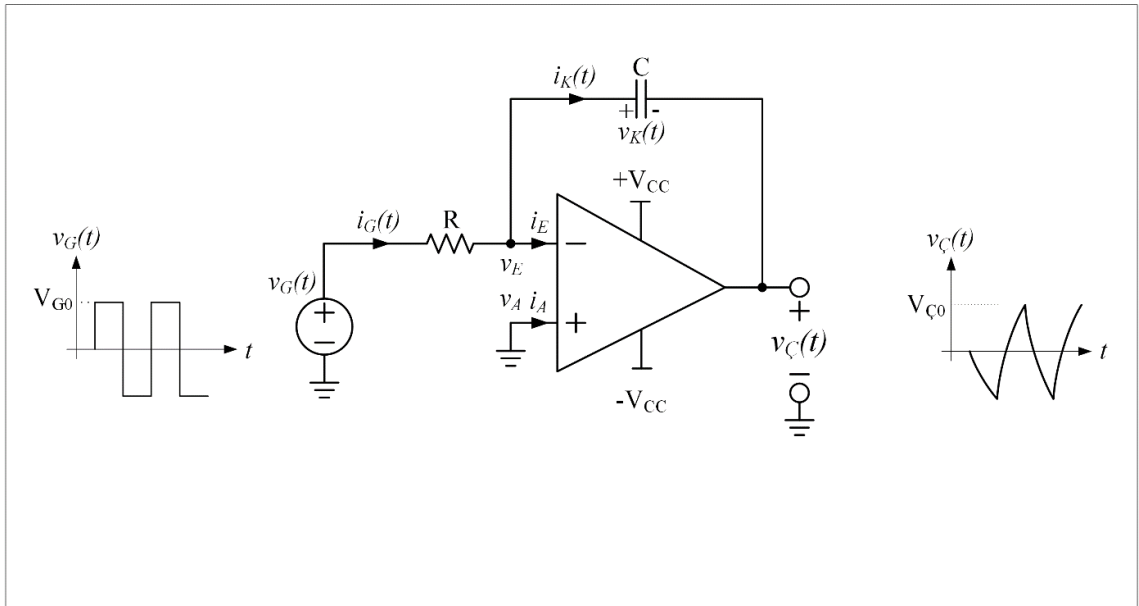
i_C : çıkış akımı,

olarak tanımlıdır. KAY ve KGY gereği bu iki kapılı devre elemanına ait uç bağıntıları (10) denklemleri ile verilir.

$$\begin{aligned} i_E + i_A &= 0 \\ v_F &= v_A - v_E = r_G i_A \\ v_C &= i_C r_C + A_v v_F \end{aligned} \quad (10)$$

Açık devre kazancının ve giriş empedansının sonsuz büyüklükte olmaları durumunda işlemsel yükselteç, ideal işlemsel yükselteç olarak tanımlanır. İdeal işlemsel yükseltece ait bağıntılar (11)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} A_v &\rightarrow \infty \\ r_C &= 0 \\ r_G &= \infty \\ i_A &= 0, i_E = 0 \end{aligned} \quad (11)$$



Şekil 4: İşlemsel Yükselteç İntegratör Devresi

İdeal işlemsel yükselteçler kullanılarak oluşturulmuş bir integratör devresinin şeması Şekil 4'te görselleştirilmiştir. İdeal işlemsel yükseltecin kapalı çevrim uç bağıntıları (12) ile tanımlanır.

$$\begin{aligned} i_A &= 0, i_E = 0 \\ v_A &= v_E \end{aligned} \quad (12)$$

$v_G(t)$ giriş gerilimi, $i_G(t)$ giriş akımı, $v_K(t)$ kapasitör gerilimi, $i_K(t)$ kapasitör akımı ve $v_C(t)$ çıkış gerilimi olmak üzere, (12) bağıntıları dikkate alınarak devre analizi gerçekleştirildiğinde çıkış gerilimi $v_C(t)$;

$$i_G(t) = \frac{1}{R} v_G(t) \quad (13)$$

$$i_K(t) = C \frac{dv_K}{dt} \quad (14)$$

$$i_G(t) = i_K(t) \quad (15)$$

$$\frac{1}{R} v_G(t) = C \frac{dv_K}{dt} \quad (16)$$

$$\frac{dv_K}{dt} = \frac{1}{RC} v_G(t) \quad (17)$$

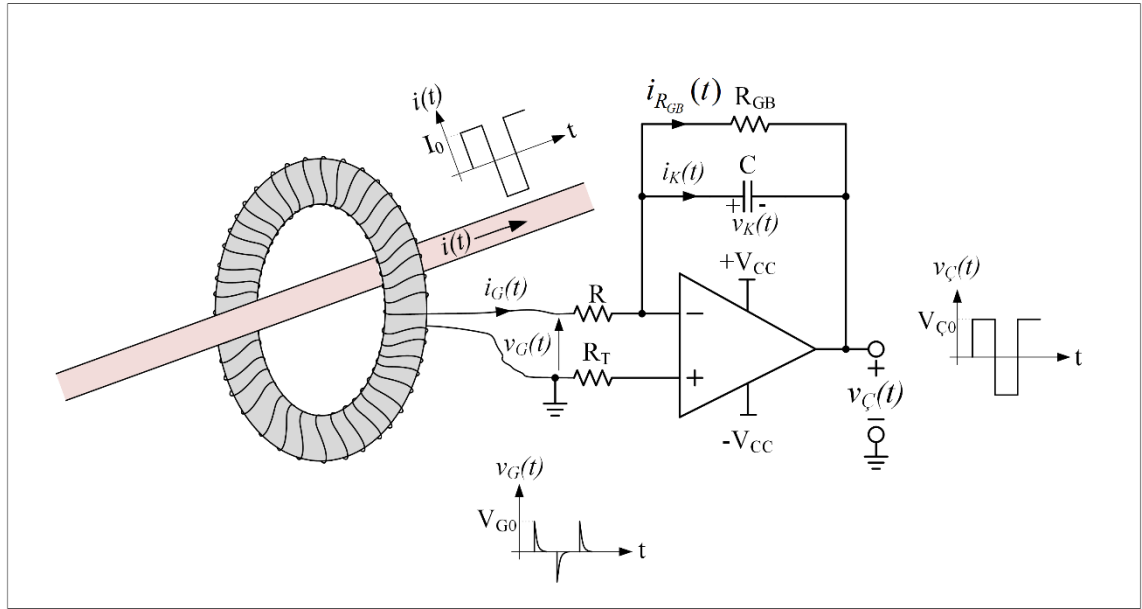
$$v_K(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t v_G(\tau) d\tau - v_K(0) \quad (18)$$

$$v_C(t) = -v_K(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_G(\tau) d\tau + v_K(0) \text{ [V]} \quad (19)$$

olarak elde edilir. Burada $v_K(0)$, kapasite üzerinde başlangıç anındaki gerilimdir.

c) İntegratör Devreli Rogowski Bobini

Şekil 4'te verilen integratör devresinin ideal işlemsel yükselteç varsayımı altında analiz edilmiş olduğu unutulmamalıdır. İdeal işlemsel yükselteçlerin giriş kapılarından akım akmadığı varsayılmakla beraber pratikte işlemsel yükselteçlerin giriş kapılarından - işlemsel yükseltecin yapısına göre - FET'ler için [pA], BJT'ler için [nA] mertebelerinde akım geçmektedir. Şekil 4'ten Şekil 5'e geçerken, integratör devresine yeni elemanlar eklenmiştir. Bu eklemeler ideal olmayan şartlarda oluşan DC kaymaları (offset) önlemek ve DC çalışma şartlarını düzenlemek için yapılmıştır. Örneğin, giriş işaretinde DC bileşen bulunan herhangi bir işaret Şekil 4'te verilen devreye uygulandığında, kapasite üzerinden bir DC akım geçemediği için, DC bileşen açısından işlemsel yükselteç devresi açık çevrim olarak çalışacaktır. Açık çevrim kazancının çok yüksek olması nedeni ile giriş işaretindeki DC bileşen, integratör devresinin doyuma ulaşmasına sebep olacaktır. Bu durumu önlemek için devrede eviren giriş kapısı ile çıkış kapısı arasına bir negatif geri besleme direnci (R_{GB}) eklenmiştir. Bu sayede giriş işaretindeki DC bileşen için kapalı çevrim oluşturulmuş olacak ve bu bileşene uygulanan kazanç işlemsel yükseltecin DC kazancı ile sınırlandırılmış olacaktır.



Şekil 5: İntegratör Devreli Rogowski Bobini

Diğer taraftan ideal olmayan işlemsel yükseltecin eviren girişinden 10~20 [nA] seviyelerinde bir akım geçmektedir. Bunun sebebi işlemsel yükseltecin giriş direncinin sonlu bir değer olmasıdır. (LM741 için 2 [MΩ]). Şekil 5'teki devrenin eviren giriş kapısından küçük bir miktar akım aktığını göz önüne alalım. Bu akım eviren giriş kapısında, bu kapıdan görülen empedans nispetince bir potansiyel oluşmasına sebep olacaktır. Bu kapıdan görülen empedans $R \parallel R_{GB}$ değerindedir. Bu potansiyel sebebi ile eviren giriş ile evirmeyen giriş arasında bir DC potansiyel farkı oluşacak ve bu DC kayma, çıkış gerilimine kapalı çevrim kazancı oranında yükseltilerek yansıtılacaktır. Bu DC kaymayı önlemek için evirmeyen giriş kapısını doğrudan toprağa bağlamak yerine değeri $R_T = R \parallel R_{GB}$ olacak şekilde bir direnç üzerinden toprağa bağlamak yeterli olacaktır. Bu sayede eviren giriş kapısında görülen potansiyele eşdeğer bir potansiyel evirmeyen giriş kapısında da görülecek, girişte bir DC kayma oluşmayacak ve çıkışa bir DC kayma yansıtılmayacaktır.

İdeal işlemsel yükselteç devresinde uygulanan analiz yöntemine benzer şekilde, kapalı çevrim işlemsel yükselteç bağıntılarını kullanarak devre analizi gerçekleştirildiğinde

$$i_K(t) + i_{R_{GB}}(t) = i_G(t) \quad (20)$$

denkleminde uç bağıntıları yerleştirilerek

$$\frac{dv_K(t)}{dt} + \frac{v_K(t)}{R_{GB}C} = \frac{v_G(t)}{RC} \quad (21)$$

denklemini elde edilir. Kapasitör geriliminin başlangıç değerini sıfır varsayarak (21) ile verilen homojen olmayan birinci derece diferansiyel denkleminin tam çözümü yapıldığında (22) elde edilir.

$$v_C(t) = -v_K(t) = -\frac{1}{RC} e^{-t/(R_{GB}C)} \int v_G(t) e^{t/(R_{GB}C)} dt \text{ [V]} \quad (22)$$

Elde edilen sonuçta R_{GB} değerin sonsuza gitmesi durumunda (19)'daki ideal durum elde edilir. R_{GB} direncinin değeri Şekil 5'teki işlemsel yükselteç devresinin davranış karakteristiğini belirlemektedir. Devre düşük R_{GB} değerlerinde devre filtre davranışı gösterirken yüksek R_{GB} değerlerinde integratör fonksiyonu görmektedir. $\frac{R}{R_{GB}} \gg 1$ olacak şekilde seçilen yüksek R_{GB} değerleri için $\frac{R}{R_{GB}}$ ihmal edilebilir. Bu sayede devrenin integratör devresi olarak çalışması garanti edilmiş olacaktır. R_{GB} 'nin yeterince yüksek seçildiğini varsayarak, (9)'da elde edilen denklem giriş işareti olarak kullanıldığında

$$\begin{aligned}
 v_{\zeta}(t) &= -\int_0^t \frac{1}{RC} \frac{-\mu \ell NA}{4\pi r^2} \frac{di}{dt} dt \\
 &= \frac{1}{RC} \frac{\mu \ell NA}{4\pi r^2} \int_0^t \frac{di}{dt} dt \\
 &= \frac{1}{RC} \frac{\mu \ell NA}{4\pi r^2} \int_{i(0)}^{i(t)} di \\
 &= \frac{1}{RC} \frac{\mu \ell NA}{4\pi r^2} i(t) \\
 &= \frac{\mu_r \mu_0 \ell NA}{4\pi r^2 RC} i(t) \quad [V]
 \end{aligned} \tag{23}$$

sonucu elde edilir ($i(0) = 0$ başlangıç koşulu altında). İşlemsel yükselteçler ile ilgili detaylı bilgi için [2] kaynağına başvurulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4.Ed., Wiley, 2016
- [2] Sergio Franco, *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*, 3. Ed., McGraw Hill, 2002

III. ÖN HAZIRLIK

1. Tablo 1’de verilen malzemeleri tabloda belirtilen özellik ve adetlere uygun olarak temin ediniz.

Uyarı 1: Ferromanyetik toroid nüvenin iç yarıçapı üzerine sarım yapmaya imkan verecek ölçülerde olmalıdır (ör. 20 ~ 25 [mm]). Nüvenin kesit alanının büyük olması avantaj sağlamaktadır.

Uyarı 2: Üzeri yalıtkan malzeme ile kaplanmış bakır bobin teli çok ince ve çok kalın olmamalıdır. Çok ince tel, sarım esnasında kopabilir. Çok kalın tel ise nüvenin üzerine sarılabilecek tur sayısını düşürmektedir.

Uyarı 3: Telin uzunluğu nüvenin üzerine 400 ~ 500 tur sarım yapacak kadar uzun olmalıdır. Ne kadar uzunlukta bir tele ihtiyacınız olacağını, temin ettiğiniz nüvenin fiziksel boyutlarını dikkate alarak hesaplayınız.

Şekil 6’da üzerine bobin teli sarılmış bir nüvenin resmi verilmiştir. Nüve ve üzerine sarılı bobin teline ait ölçüler Tablo 2’de listelenmiştir. Bu tablo örnek teşkil etmesi amacıyla verilmiştir; bire bir aynı ölçülerde malzeme bulunması gerekmemektedir.

Tablo 1: Temin Edilecek Malzemeler

Malzeme Türü	Değerler	Açıklama
Ferromanyetik Toroid Nüve	20 ~ 25 [mm] Yarıçaplı	1 adet
Yalıtkan kaplı Bobin Teli	0,30 ~ 0,50 [mm] Çaplı	50~100 [m]
İşlemsel Yükselteç	μ A741, LM741, TL081 vb.	Bir tanesini seçin, 2 adet
Direnç, 5 Watt	56 [Ω]	2 adet
Direnç, 0,25 Watt	1 [k Ω], 10 [k Ω], 22 [k Ω], 33 [k Ω], 100 [k Ω], 220 [k Ω], 390 [k Ω], 680 [k Ω], 1 [M Ω]	Her bir değerden 2 adet
Kapasitör, 100 Volt, Polyester	10 [nF], 15 [nF], 22 [nF], 33 [nF], 100 [nF], 220 [nF], 330 [nF], 470 [nF], 680 [nF], 1000 [nF]	Her bir değerden 2 adet



Şekil 6: Üzerine bakır bobin teli sarılmış ferromanyetik nüve

Tablo 2: Şekil 5'te verilen nüvenin ve telin özellikleri

Nüve iç yarıçapı	19 [mm]
Nüve dış yarıçapı	31 [mm]
Nüve yüksekliği	25 [mm]
Nüve kesit alanı	$12 \text{ [mm]} \times 25 \text{ [mm]} = 300 \text{ [mm]}^2$
Bobin tel çapı	35 mm
Sarım sayısı	500

2. Bobin telini ferromanyetik toroid nüvenin üzerine Şekil 6'da görülen şekilde sarım sayısı 400 - 500 tur olacak şekilde sıkıca sarınız.
3. Şekil 5'teki devreyi $R = R_T = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $R_{GB} = 390 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $C = 33 \text{ [nF]}$ olacak şekilde kurunuz.
4. $56 \text{ [}\Omega\text{]}$ direncin ucuna 10 [cm] uzunluğunda bobin teli lehimleyiniz. Lehimlemeden önce bobin telinin dışının yalıtkan emaye kaplı olduğunu unutmayınız. Bu nedenle telin uçlarını bıçak vb. benzeri keskin bir cisim ile kazıyarak, iletken bakır telin ortaya çıkmasını sağlayınız.

IV. UYGULAMA

Ad Soyad:	
Öğrenci No:	
İmza:	

1. Temin ettiğiniz nüve ve bobin telinin ölçülerini Tablo 3'e birimleri ile birlikte giriniz

Tablo 3: Temin ettiğiniz malzemelerin ölçüleri

Nüve iç yarıçapı	
Nüve dış yarıçapı	
Nüve yüksekliği	
Nüve kesit alanı	
Bobin tel çapı	
Sarım sayısı	

2. Laboratuvarında bulunan fonksiyon jeneratörünü çalıştırınız, 50 [Hz] sinüzoidal dalga verecek şekilde ayarlayınız, sinyal genliğini en küçük seviyeye indiriniz ve jeneratörün çıkış işaretini kapalı duruma getiriniz.
3. Ucuna 56 [Ω] bağlanan teli toroid nüvenin ortasından geçiriniz. Fonksiyon jeneratörünün eksi ucunu telin ucuna, artı ucunu direncin bacağına bağlayınız. Fonksiyon jeneratörünün çıkış gerilimi $v(t)$ olmak üzere Şekil 5'te ve (23) bağıntısında görülen akım değeri

$$i(t) = \frac{1}{56} v(t) \quad (24)$$

şeklinde elde edilecektir.

4. Laboratuvarında bulunan DC güç kaynağını çalıştırınız. Kaynağı seri moda alıp $+V_{cc} = 10$ [V], $-V_{cc} = -10$ [V] olacak şekilde ayarlayınız ve güç kaynağını kapatınız. Güç kaynağını Şekil 4'te görülen devreye önce toprak, daha sonra artı ve eksi besleme gerilimleri şeklinde bağlayınız.
5. Laboratuvarında bulunan osiloskobu çalıştırınız. Osiloskobun bir probunu fonksiyon jeneratörüne, diğer probunu ise Şekil 5'te verilen devredeki $v_G(t)$ gerilimini ölçecek şekilde bağlayınız.
6. Güç kaynağını çalıştırınız ve fonksiyon jeneratörünün çıkış sinyalini açınız.
7. Osiloskop ekranında kontrol ederek fonksiyon jeneratörünün çıkış sinyalinin genliğini 11 [V] değerine ayarlayınız. Bu halde görülen $v_G(t)$ değerini osiloskop ekranından ölçüp belirleyiniz. Belirlediğiniz $v_G(t)$ değerini ve (9) bağıntısını kullanarak μ_r 'yi hesaplayınız.

8. Düzenegi bozmadan, aynı şartlarda, osiloskop vasıtası ile $v_c(t)$ gerilimini ölçüp belirleyiniz. Belirlediğiniz $v_c(t)$ değerini ve (23) bağıntısını kullanarak μ_r 'yi hesaplayınız.
9. Hesapladığınız iki μ_r değerinin tutarlı olduğunu gözlemleyiniz. Değerler tutarlı ise bir sonraki adıma geçiniz. Sonuçlar tutarlı değil ise başa dönünüz; hatanızı tespit edip düzeltiniz ve tüm işlemleri tekrar yapınız.
10. Fonksiyon jeneratörüne bağlı osiloskop probunu çıkarınız (Bu adımda osiloskop ile sadece $v_c(t)$ gerilimi ölçülecektir.) Fonksiyon jeneratöründe üretilen sinyalin genliğini herhangi bir değere ayarlayınız. $v_c(t)$ değerini ölçünüz. Ölçülen $v_c(t)$ değeri, 8. adımda hesaplanan μ_r değerini ve (23) bağıntısını kullanarak girişe verilen $v(t)$ sinyalinin genliğini hesaplayınız. Bulduğunuz değeri Tablo 4'e kaydediniz. Kaydettikten sonra giriş gerilimini osiloskop ile ölçünüz. Ölçtüğünüz değer ile hesapladığınız değeri kullanarak bağıl hatanızı hesaplayınız. Bu adımı üç farklı genlik değeri için tekrarlayınız. Bağıl hatanız %10'dan yüksek çıkıyorsa önceki adımlarda bir hatanız olduğu aşikârdır. Hatanızı bulup düzelttikten sonra bu adımı tekrarlayınız.

Tablo 4: Hesaplanan Giriş Gerilimleri

Hesaplanan $\mu_r =$			
Ölçülen $v_c(t)$	Hesaplanan $v(t)$	Ölçülen $v(t)$	% Bağıl hata = $\frac{v(t)_{\text{Ölçülen}} - v(t)_{\text{Hesaplanan}}}{v(t)_{\text{Ölçülen}}} \times 100$

11. Şimdiye kadar fonksiyon jeneratöründen 50 [Hz] sinüzoidal dalga gerilim verilip integratör çıkışında 50 [Hz] sinüzoidal dalga gerilim elde edilmişti. Frekans ve genlik aynı kalmak kaydıyla dalga şeklini üçgen dalga ve kare dalga olarak değiştirdiğinizde integratör çıkışında görülen dalga tiplerini gözlemleyiniz ve Tablo 5'e çiziniz.

Tablo 5: Gözlemlediğiniz dalga formu

Giriş dalga Formu	Çıkış Dalga formu
Sinüzoidal	Sinüzoidal
Üçgen	
Kare	

12. (23) bağıntısından anlaşılacağı üzere giriş dalga formu ile çıkış dalga formu aynı olacaktır. Yani, bir fonksiyonun türevinin integrali fonksiyonun kendisini verir. (Cebrin Esas Teoremi). Giriş dalga formu sinüzoidal olduğunda bu olgu açıkça görülmektedir. Ancak, üçgen ve kare dalga formu giriş işaretleri için aynı olguyu gözlemlenmekte midir? Cevabınız “Hayır” ise bu durumun nedeni ne olabilir? Öngörünüzü aşağıda belirtiniz.

Öngörünüz:

13. Bu durumu düzeltmek için devrenizdeki kapasite değerini yükseltmeniz işe yarayabilir. Kapasite değerini yükselttiğinizde sorunun çözüldüğünü görüyorsanız, bu ne anlama gelir? Başka hangi parametreyi değiştirmeniz durumunda, kare şekilli giriş gerilimi verildiğinde integratör çıkışında kare şekilli çıkış gerilimi elde edilebilir? İntegratör devresi sadece integasyon işlemi mi uygulamaktadır? Ya da başka fonksiyonları da yerine getiriyor olabilir mi? Cevabınız “Evet” ise bu fonksiyon ne olabilir? Açıklayınız.

Yanıtınız:

14. Rogowski Bobini, üzerinden DC akım geçen bir telin taşıdığı akımı ölçmeye yarar mı? Bunu gözlemlemek için fonksiyon jeneratörünü devrenin girişinden sökünüz. Düzenegi bozmadan ucunda $56 \text{ } [\Omega]$ direnç olan teli DC güç kaynağından $11 \text{ } [V]$ gerilim ile besleyiniz. Bu gerilim sebebi ile telden geçen akımı, integratör devresinin çıkış gerilimini kullanarak hesaplayınız ve bulduğunuz sonucu aşağıda değerlendiriniz. Eğer integratör çıktısını kullanarak bir sonuç bulamıyorsanız bunun nedenini açıklayınız.

Yanıtınız:

Deney tamamlanmıştır. İleriye yönelik olarak ön hazırlık kısmında temin etmiş olduğunuz direnç ve kapasite değerlerini integratör devresinde uygun yerlerde kullanarak işlemsel yükselteçler ile ilgili bilginizi geliştirebilirsiniz. Örneğin, işlemsel yükselteç ile türev alma devresi tasarlayabilirsiniz.

NOT: Deney bitişinde son 4 (dört) sayfayı sizden sorumlu araştırma görevlisine teslim ediniz.