

Deney 6 Kondansatörün Dolma ve Boşalma Eğrisi, Zaman Sabiti Kavramı

Amaç

Bu deneyde

- devre elemanlarından kapasitörün (kondansatör) dolma ve boşalma durumları
- zaman sabiti kavramı incelenecektir.

Deneye Hazırlık Bilgileri

Kondansatör (Kapasitör): İki iletken arasına dielektrik (yalıtkan) bir madde konulmasıyla elde edilen ve yük depolamaya yarayan devre elemanıdır. Kapasitörler yalıtkan maddenin tipine göre oldukça çeşitlidir.



Kondansatörü oluşturan bu iki iletken plaka arasına sabit bir V gerilimi uygulanırsa oluşan elektrik alan sonucu kondansatör plakasındaki elektronlar kaynağın pozitif tarafına doğru çekilir. Elektronların bu alanı dengelemek amacıyla çekilmesi yük akışıdır. Belirli bir süre sonra iki plaka arasında alanı dengeleyen Q yükü birikir. Biriken Q yükünün uygulanan V gerilimine oranı kondansatörün “sığası” ya da “kapasitesi” olarak adlandırılır, C ile gösterilir, birimi “Farad” dır.

$$C=Q/V$$

Q: Biriken yük miktarı (Coulomb)

V: Uygulanan gerilim (Volt)

C: Sığa ya da kapasite (Farad)

Bu kapasite hesaplanmak istenirse aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_o \cdot \frac{A}{d}$$

ϵ_0 = Boşluğun dielektrik sayısı 8.854×10^{-12} [F/m]

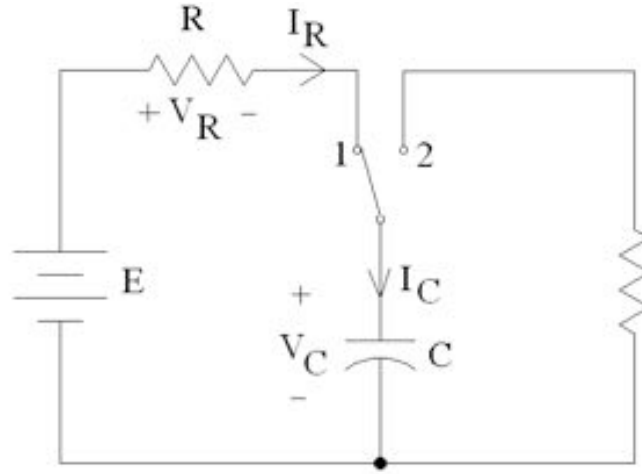
ϵ_r = Plakalar arasında kullanılan yalıtkan malzemenin bağıl dielektrik katsayısı

A = Plakaların alanı [m]

d = Plakalar arası uzaklık [m]

Kondansatörün Dolması

Aşağıdaki devre kondansatörün dolması ve boşalması sırasındaki gerilim değişiminin analizi için kullanılacaktır. Anahtar 1 konumundayken kondansatör E gerilim kaynağı tarafından R direncinin ve kondansatörün C sığasının belirleyeceği hızla dolar.



Anahtarın 1 konumu için şu eşitlikler yazılabilir.

$$E = V_R(t) + V_C(t)$$

$$E = I_R(t) \cdot R + V_C(t)$$

seri bağlı olduklarından $I_R(t) = I_C(t)$ dir.

$$E = I_C(t) \cdot R + V_C(t)$$

Kondansatörün akım-gerilim ilişkisi gereğince

$$I_C(t) = C \frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$E = R \cdot C \cdot \frac{dV_C(t)}{dt} + V_C(t)$$

bulunur. Bu diferansiyel denklem $V_C(0) = 0$ başlangıç koşuluyla çözülürse,

$$V_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1)$$

şeklindeki, kondansatör geriliminin zamanla değişimini gösteren ifadeye ulaşılır.

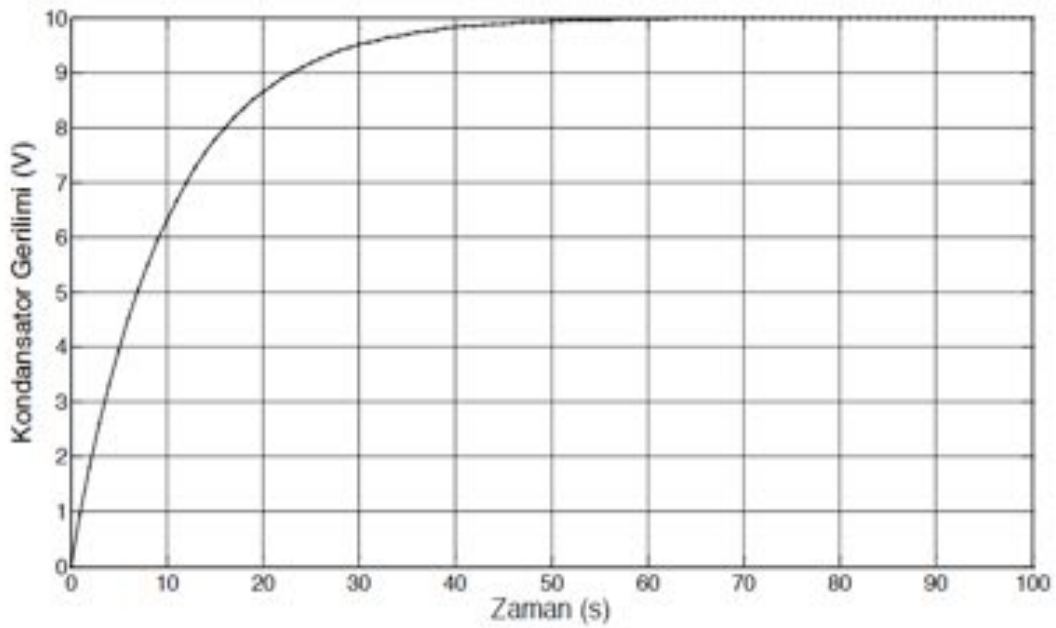
$$\begin{array}{ll} t = 0 & \text{için} \\ t \rightarrow \infty & \text{için} \end{array} \quad \begin{array}{l} V_C(0) = 0 \\ V_C(\infty) = E \end{array}$$

Yani başlangıçta boş olan ideal kapasitör, potansiyel fark sonucu akan akımla yavaş yavaş dolar ve belirli bir süre sonra kapasitör gerilimi E değerine ulaşacağından akım akmaz, kapasitör gerilimi bu değerde sabitlenir. RC çarpımı devrenin “zaman sabiti” olarak adlandırılır. τ ile gösterilir ve birimi saniyedir.

(1) ifadesinde $t = \tau$ için,

$$V_C(t) = E.(1 - e^{-t/\tau}) = E.(1 - e^{-1}) = E.(1 - 0,368) = (0,632).E \quad (2)$$

bulunur. Yani, kapasitör boşken devreye bağlanırsa τ saniye sonra kapasitör üzerindeki gerilim E değerinin 0,632 sine ulaşmış olacaktır. Yaklaşık 5τ saniye sonunda kapasitörün dolmuş olduğu söylenebilir.



Şekil 6.1 Kondansatörün dolma eğrisi

$E=10$ V, $R=10$ k Ω ve $C=1000$ μ F için kapasitörün gerilim değişimi şekilde verilmiştir. Bu değerler için zaman sabiti hesaplanırsa,

$$\tau = R.C = 10 \text{ s}$$

bulunur. Eğriye dikkat edilirse 10 s sonra kapasitör gerilimi 6.32 V' a ulaşmıştır. 50 saniye sonra kapasitörün 10 V' a ulaştığı söylenebilir.

Kapasitörün gerilim değişimini bildiğimize göre akım değişimini de bulabiliriz. Kapasitör geriliminin üstel artması sonucu, bir ucu DC gerilim kaynağına diğer ucu kapasitöre bağlı bulunan R direncinin üzerindeki gerilim de üstel olarak azalır. Bu fark direnç üzerinden geçen akımı ve dolayısıyla seri bağlı olduklarından kapasitörü dolduran akımı oluşturur. Bu nedenle devreden geçen akım, R direnci uçlarındaki potansiyel farkın maksimum olduğu ilk anda en büyük değerini alacak kapasitörün dolmasıyla üstel olarak azalarak sıfıra doğru azalacaktır. Matematiksel olarak ise akan akım kapasitör geriliminin zaman göre türevinin C ile çarpımıdır.

Dolayısıyla genel olarak,

$$V_c(t) = E (1 - e^{-t/\tau}) \text{ ise,}$$

$$I_c(t) = C \frac{dV_c(t)}{dt} = C \cdot \frac{d}{dt} (E(1 - e^{-t/\tau})) = \frac{C \cdot E}{\tau} e^{-t/\tau} = \frac{E}{R} e^{-t/R \cdot C}$$

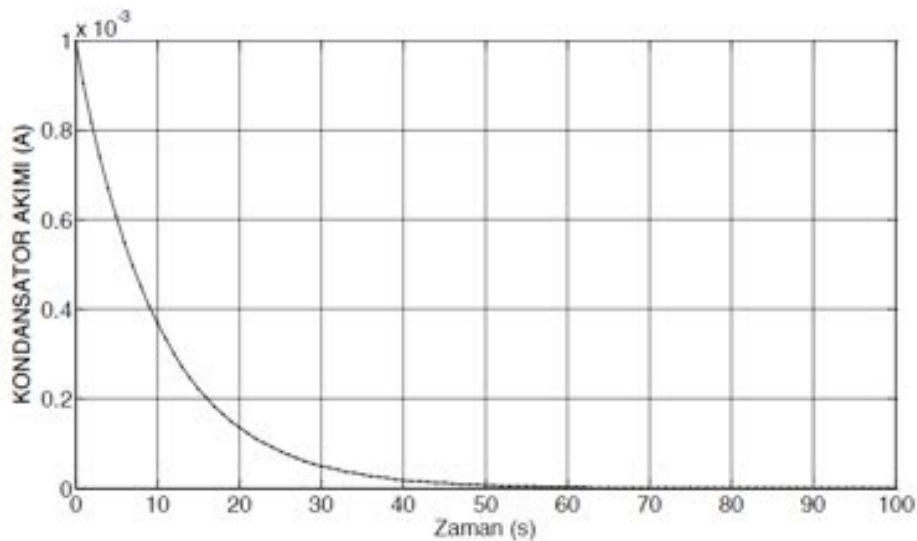
ifadesi akım değişimini verecektir. İfadeye dikkat edilirse;

$$t=0 \text{ için, } I_c(0) = E/R$$

olmaktadır. İlk başta kapasitör gerilimi sıfır olduğundan direnç doğrudan toprağa bağlıymış gibi düşünebilirsiniz. Daha sonra, artan kapasitör gerilimiyle akım azalır ve

$$t \rightarrow \infty \text{ için } I_c(\infty) = 0$$

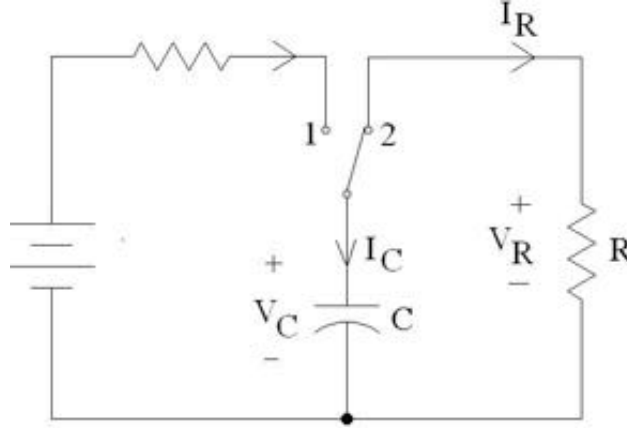
olur. Yani kapasitör dolduğundan artık içerisinden akım geçmez.



Şekil 6.2 Kapasitör dolması sırasında akımın zamanla değişimi

Kondansatörün Boşalması

Şimdi, daha önce E gerilimine kadar dolmuş olan kapasitörü, anahtarı 2 konumuna alarak R direnci üzerinden boşaltalım. Daha önceki elektrik alan sonucu kapasitörün üst tarafında birikmiş olan yükler R direncinin kapasitör plakaları arasında köprü olmasıyla iki tarafta dengelenir ve kapasitör boşalmış olur.

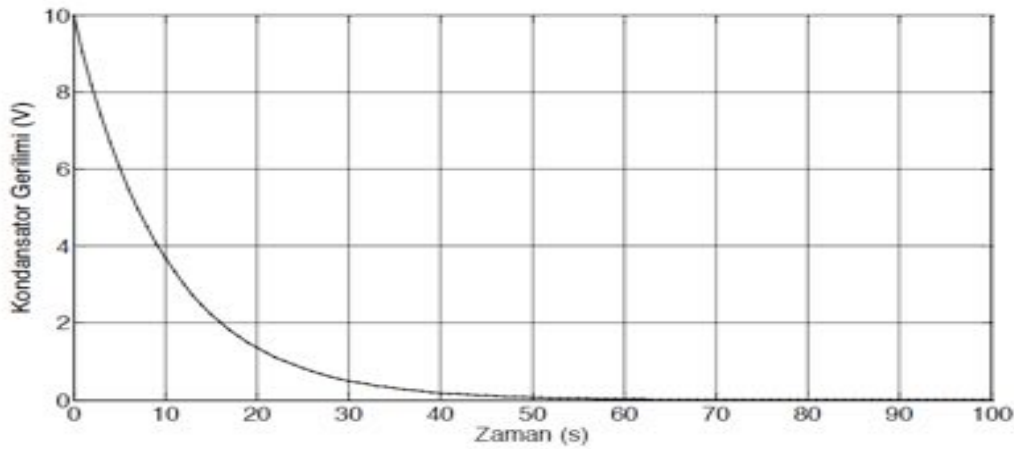


Bu defa R direnci üzerindeki gerilim ile C kapasitörü üzerindeki gerilim birbirini izleyerek azalacaktır. V_C 'nin değişimi;

$$V_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

olacaktır. Eşitliği kontrol etmek gerekirse, E gerilimine kadar dolmuş olan kapasitörün boşalması için anahtarın 2 konumuna alındığı ana $t=0$ dersek aşağıdaki gibi olur.

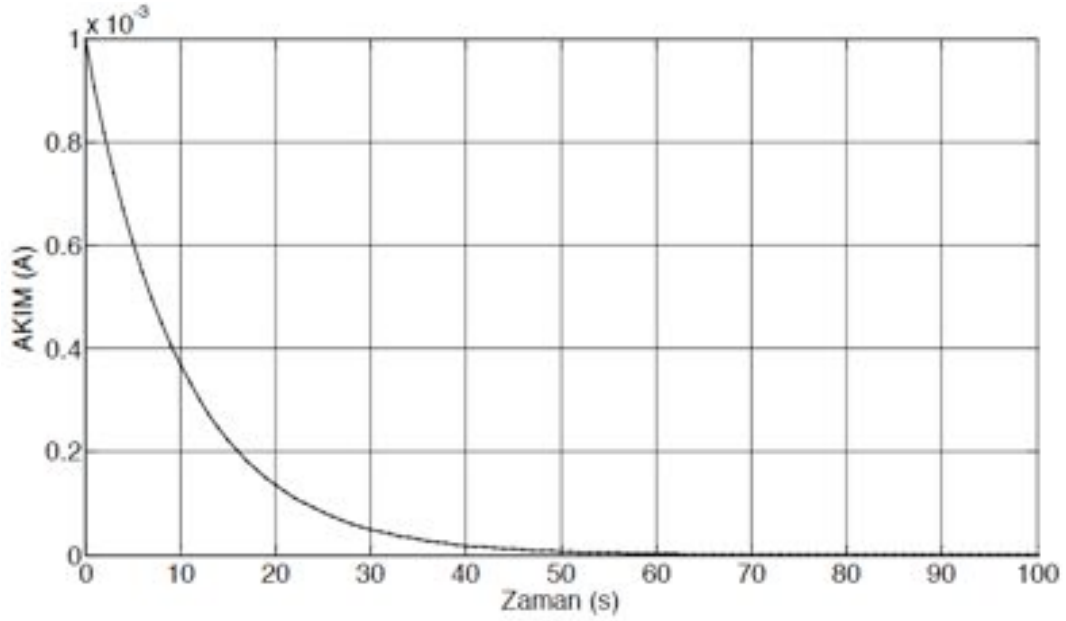
$$\begin{array}{ll} t=0 & \text{için} \\ t \rightarrow \infty & \text{için} \end{array} \quad \begin{array}{l} V_C(0) = E \cdot e^{-0} = E \\ V_C(\infty) = E \cdot e^{-\infty} = 0 \end{array}$$



Şekil 6.3 Kapasitörün boşalma eğrisi

R direnci üzerinden geçen akım ise $V_C=V_R$ geriliminin R değerine bölünmüşü olacaktır.

$$I_R(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$



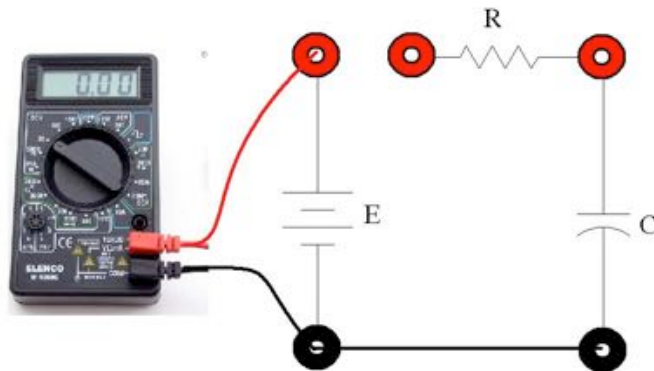
Şekil 6.4 Kapasitörün boşalması sırasında akımın zamanla değişimi

Deney Malzemeleri:

Bu deneyde, DC güç kaynağı, 10, k Ω luk direnç, 1000 μ F lık kapasitör, multimetre, kronometre ve bağlantı kabloları kullanılacaktır.

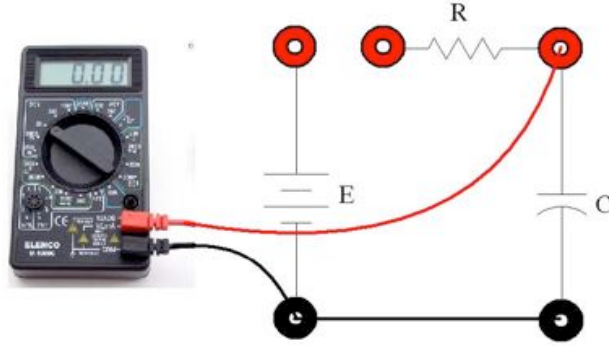
Deneyin Yapılışı

1)



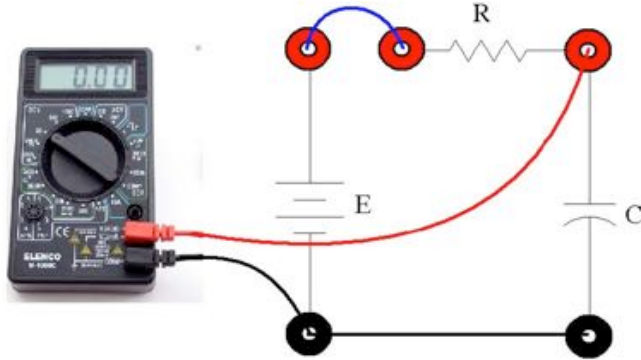
Devreyi şekildeki gibi kurarak güç kaynağından verilen gerilimi ölçünüz.

2)



Multimetrenin ölçüm uçlarını şekildeki gibi değiştirerek $t=0$ anında kapasitör üzerindeki gerilim $V_C(0)$ ı ölçünüz.

3)

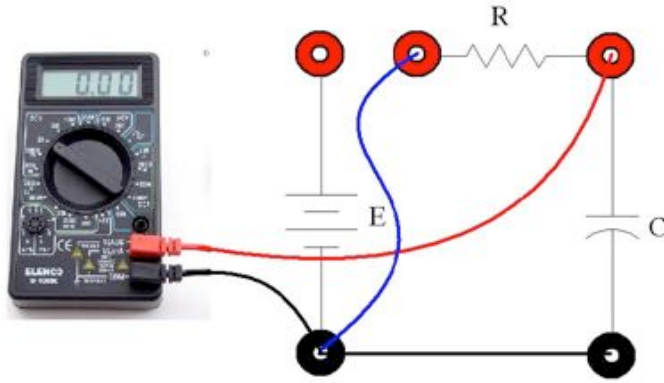


Şekildeki bağlantıyı yaptığınız anda kronometreyi başlatarak 5 saniye aralıklarla kapasitör gerilimini ölçerek çizelgeyi 6.1 i doldurunuz.

Zaman (s)	Gerilim (V)	Zaman (s)	Gerilim (V)
5		50	
10		55	
15		60	
20		65	
25		70	
30		75	
35		80	
40		90	
45		100	

Çizelge 6.1

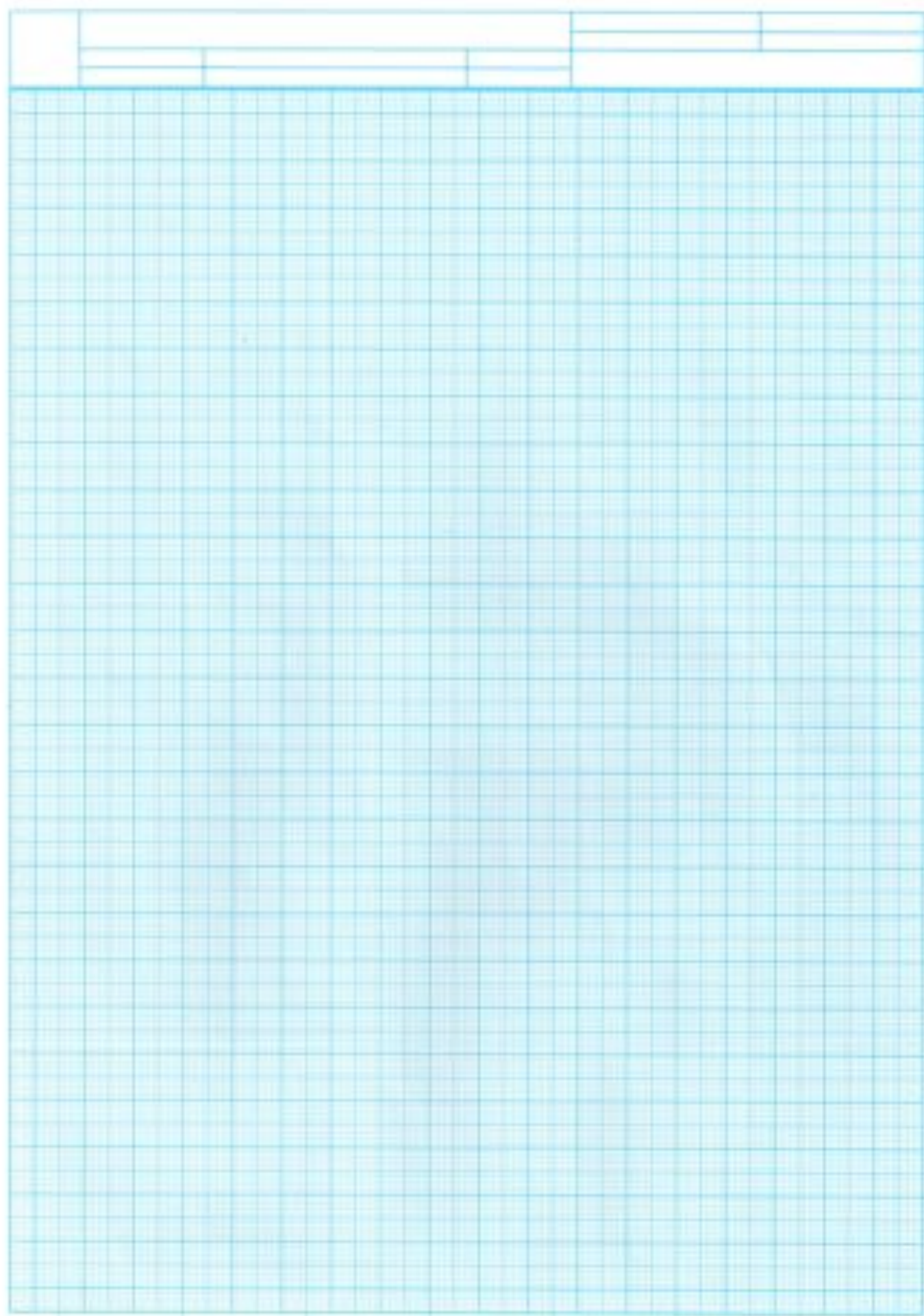
4)

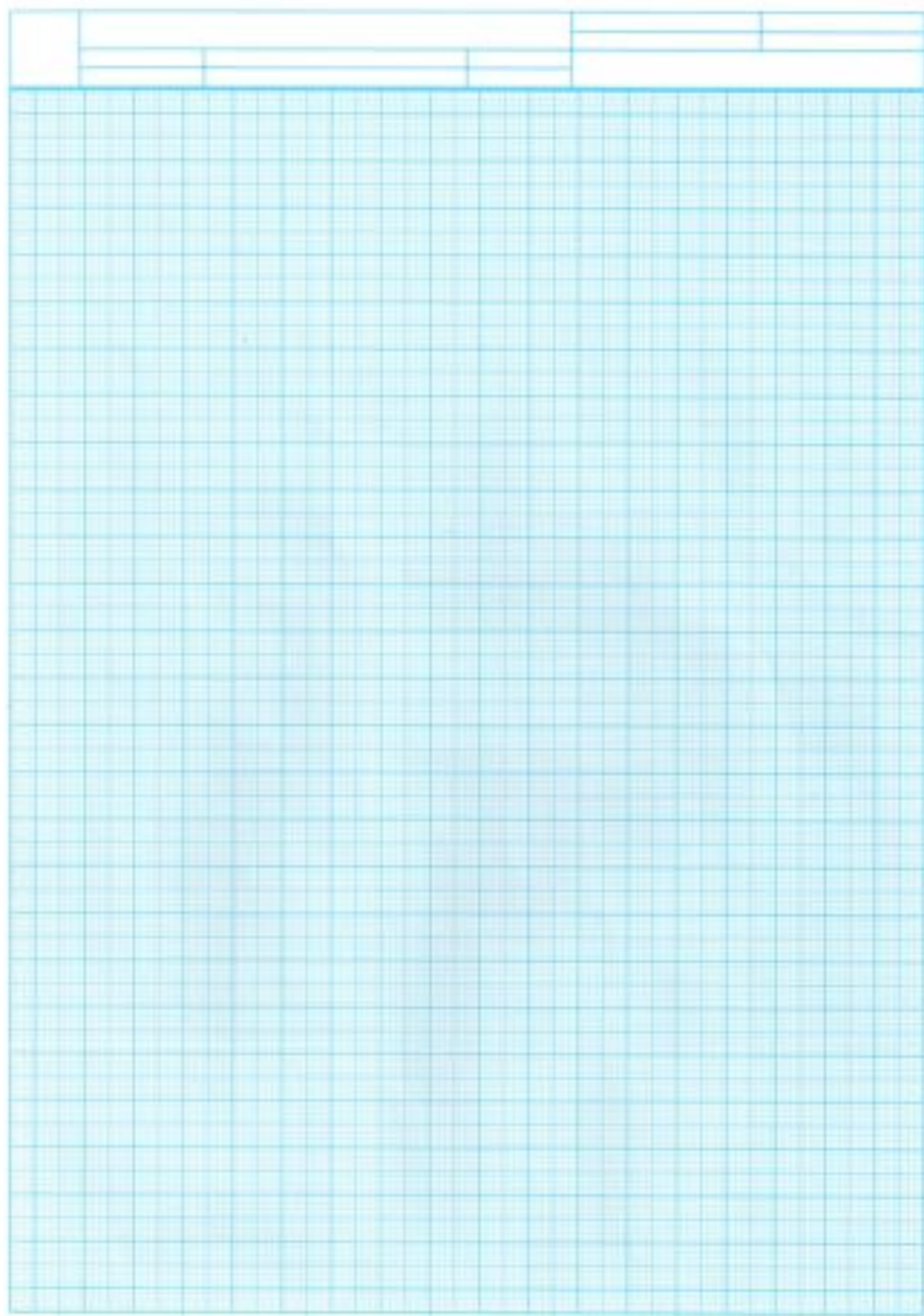


Kronometreyi sıfırladıktan sonra bağlantıyı şekildeki gibi değiştirerek eş zamanlı olarak kronometreyi tekrar başlatınız ve kapasitör gerilimini yine 5 er saniye aralıklarla ölçerek Çizelge 6.2 ye kaydediniz.

Zaman (s)	Gerilim (V)	Zaman (s)	Gerilim (V)
5		50	
10		55	
15		60	
20		65	
25		70	
30		75	
35		80	
40		90	
45		100	

Çizelge 6.2





Sorular

1. Elde edilen ölçüm sonuçlarıyla dolma ve boşalma sırasındaki kapasitör geriliminin zamanla değişimini grafik kağıdına çiziniz. Devrenin zaman sabitini grafikten bulunuz.

Cevap:

Yorum
