

## DENEY 3

### DENEYİN ADI

### KAPASİTÖRÜN BİR DİRENÇ ÜZERİNDEN DOLUP BOŞALMASI

### DENEYİN AMACI

1. Seri **RC** devrelerinde boş bir kapasitörün dolma (şarj) ve boşalma (deşarj) olaylarının incelenmesi,
2. Kapasitör şarj vedeşarj olurken devreden geçen akımların zamanın bir fonksiyonu olarak grafiğinin (**I – t** grafi) oluşturulması,
3. Zaman sabiti (time constant) kavramının öğrenilmesi ve değerinin deneysel olarak belirlenmesi,

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Elektrik deney seti, multimetre, 1000 µF'lık 1 adet kapasitör, 33 kΩ'luk direnç, kronometre.

### TEORİK BİLGİ

#### 3.1 Kapasitörün Dolması (Şarj) ve Boşalması (Deşarj)

Kapasitörler, üzerinde elektrik yükü biriktirerek elektrik enerjisini depolayan devre elemanlarıdır. Kapasitörler iki iletken levha (plaka) arasına konulmuş bir yalıtkan (dielektrik) malzemedir. Kapasitör şarj edildiğinde iletken levhalardan biri *pozitif* diğeri ise negatif olarak yüklenir ve dolayısıyla bu iletken levhalar eşit fakat zıt yüklere sahip olurlar. Plakalarda toplanan zıt yükler nedeniyle kapasitörün iki ucu arasında bir **V** potansiyel farkı oluşur. Bu olaya **kapasitörün şarjı** denir. Kapasitörün şarj olayında, bu *pozitif* **Q** (veya, **q**) yükünün, kapasitörün iki ucu arasında meydana gelen potansiyel farkına (**V** voltaj farkına) oranı bize **kapasitörün kapasitansını** (**C**) verir. Kapasitörün uçlarına uygulanan gerilim (potansiyel fark), depo ettiği elektrik yükü ve kondansatörün kapasitesi arasında;

$$Q = CV \quad 3.1$$

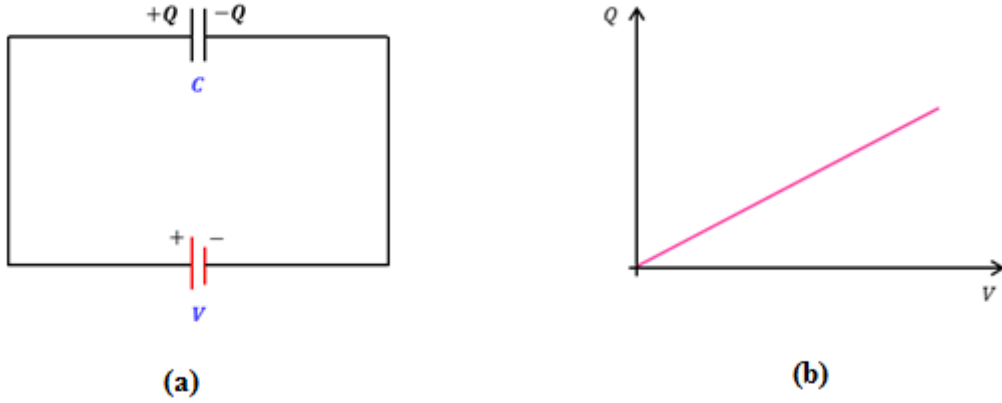
bağıntısı vardır. Burada;

**Q** : Kapasitörün depo ettiği elektrik yükü (*Coulomb*),

**C** : Kapasitörün kapasitansı (*Farad*),

$V$  : Kapasitör plakaları arasındaki gerilim (*Volt*)

olarak tanımlanır. Eşitlik 3.1’de görüldüğü gibi kapasitörün depo edebileceği elektrik yükü ( $Q$ ), kapasitörün kapasitesi ( $C$ ) ile de doğru orantılıdır.



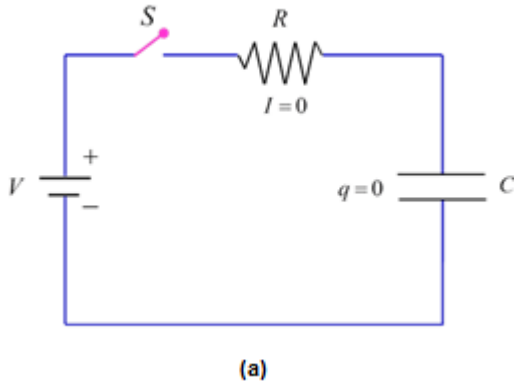
**Şekil 3.1** Paralel plakalı bir kapasitörün  $V$  gerilimi altındaki  $Q$  yükü (a) ve uygulanan farklı gerilimlere göre yükün değişim grafiği (b).

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi  $V$  gerilimi altında paralel plakalı kapasitörün plakalardan biri  $+Q$ , diğeri ise  $-Q$  yükü ile yüklenecektir. Kapasitör uçlarına uygulanan gerilim arttıkça, bu kondansatörün depo ettiği elektrik **yükü** ( $Q$ ) de artacaktır (Şekil 3.1a). Yükün potansiyel farka oranı **kondansatörün kapasitansına** ( $C$ ) eşittir;

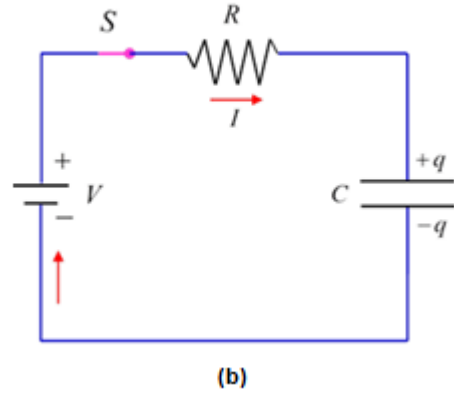
$$\boxed{C = \frac{Q}{V}} \quad \text{(Kapasitans)} \quad 3.2$$

Kapasitans birimi **Farad**’tır. 1 **Farad**, birim volta düşen yük miktarıdır ( $1C/V$ ). Akımın birimi **Amper**’dir. 1 **Amper** birim zamanda geçen yük miktarı olarak belirtilir ( $1A = 1C/s$ ). Bir kapasitörün kapasitansı ( $C$ ), plakalardan (iletkenlerden) **herhangi biri üzerindeki yükün** büyüklüğünün ( $Q$ ), bu iletkenler arasındaki potansiyel farkının ( $V$ ) büyüklüğüne oranı olarak verilir ve her zaman pozitifdir. Plakalara uygulanan  $V$  gerilimini değiştirdiğimizde  $Q$  yük miktarı da değişeceğinden,  $Q/V$  oranı değişmeyecektir. Yani  $C$  kapasitans değeri sabit kalacaktır (Şekil 3.1b).

RC Şarj Devresi (Kapasitör Başlangıçta Yüksüz)



Kapasitörün Yüklenmesi (Anahtar Kapalı)



**Şekil 3.2** Başlangıçta boş olan bir kapasitörün şarj devresini gösteren **RC** devresi (a) ve kapasitörün yüklenmesi (b).

Şekil 3.2a'da verilen **şarj** devresinde (**RC** devresinde) kapasitör başlangıçta yüksüz (boş) ve anahtar açık konumdadır. **RC** devresi; **DC** güç kaynağı, bir direnç, bir kondansatör ile bir anahtardan oluşur. Anahtarın açık olduğu durumda devreden **akım** geçmeyeceğinden kondansatör üzerinde herhangi bir voltaj olmayacaktır.

→ Bir direnç (**R**) ve kapasitör (**C**) seri olarak bağlanırsa, bu **RC** devresinden geçen **akım zamanla değişir**.

Eğer, Şekil 3.2b'de görüldüğü gibi "**S**" düğmesi (anahtarı) kapalı konuma getirilirse, kapasitör ilk anda ( $t = 0$  anında) **kısa devre** gibi davranır ve devreden akan **akım** ( $I$ ) **maksimum** olur. Anahtarın kapanmasını takip eden belli bir zaman sonra, kapasitör uçları arasında **potansiyel fark** oluşur.

Devrede **R** direncinin değerine göre devreden geçen **şarj akımı**, kapasitörü şarj etmeye başlar. Kapasitörün üst ucu (+) alt ucu da (-) olarak yüklenir. **Şarj olayı; kapasitör uçlarındaki gerilim, kaynak gerilimine eşit olana dek devam eder**. Kapasitör kaynak gerilimine şarj olunca devreden hiç akım geçmez. Kapasitörün şarjı için gereken bu zaman, kondansatörün kapasitif değerine bağlıdır.

Sonuç olarak;

- Kapasitör uçlarına bir potansiyel fark (gerilim) uygulanmadığı durumda bu *kapasitör nötr durumdadır* (Şekil 3.2a).
- Kapasitör uçlarına Şekil 3.2b'de gösterildiği gibi bir gerilim kaynağı bağlandığında bu kapasitör üzerinden akım akışı oluşacak ve kapasitör

yüklenmeye başlayacaktır. Bu yüklenme, uygulana gerilim ( $V$ ) değerine ulaşana kadar devam edecektir.

- Kapasitör doldukça uçlarındaki bu potansiyel fark (gerilim) yükselir ve gerilim kaynağına ( $V$ ) eşit olur. Bu durumda devreden akım geçmez ve yapılan bu işleme kapasitörün şarjı denir.
- Devre düğmesi kapalı konumda gerilim kaynağı  $RC$  devresinden çıkarıldığında ise kapasitördeki yük direnç üzerinden boşalarak sifıra ulaşır. Bu duruma kapasitöründeşarjı denir.

Kapasitörlerin yapısıyla ilgili olarak bazı kapasitörler (+) ve (–) uçlara sahiptir. Yani kutupludur. Bu nedenle bu kapasitörler yalnızca **DC** ile çalışan devrelerde kullanılır. Kutupsuz kapasitörler ise **DC** ve **AC** ile çalışabilirler.

Kapasitörlerin (kondansatörlerin) kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken durumlardan birisi kapasitörün **maksimum çalışma gerilimi** (voltajı), diğeri ise kapasitesidir. Bazı kapasitörlerin maksimum çalışma voltajı **DC** cinsinden, bazılarının ise **AC** cinsinden verilir. Buna göre kullanım yerine göre uygulamalarda kaç voltluk kapasitör kullanılacak ise o değerli kapasitör kapasitesi ve voltaj değeri seçilmelidir.

### 3.2 Kapasitörün Dolması (Şarj)

Seri bir **RC** devresine gerilim uygulandığı devreden akım geçmeye başlayacaktır. Bu akımın geçmesi, kapasitör uçlarındaki gerilim değeri uygulanan kaynak gerilim değerine eşit oluncaya kadar devam edecektir. Devrede anahtar kapatıldığı anda **maksimum akım** güç kaynağından çekilecek ve daha sonra kapasitörün gerilimi arttıkça akım azalacaktır. Kapasitör uçlarındaki gerilim ise sıfırdan başlayarak kapasitör uçlarına bağlanan kaynak geriliminin değerine kadar yükselecektir. Böylece, bu kaynak gerilimi değerinde kapasitör **şarj** olacaktır.

Şekil 3.2a'da verilen bir seri **RC** devresinde, anahtar (**S**) kapatıldığı anda kapasitör üzerinden geçen **akımın**  $t = 0$  anından başlayarak  $t = \infty$  anına kadarki değişimini analiz edebiliriz. İlk olarak, “**S**” düğmesi **açık** durumdadır ve devrede hiç

akım geçmez. Eğer,  $t = 0$  anında “S” düğmesini **kapatırsak** devrede akım ( $I$ ) dolaşmaya başlar ve zamanla  $q$  yükü kapasitöre dolar (**Şekil 3.2b**).

Verilen devrede “S” düğmesini kapattıktan sonra herhangi bir  $t$  zamanında, **Kirchhoff'un gerilimler kanunundan** aşağıdaki bağıntı yazılır;

$$V_c(t) + V_R(t) = V \quad 3.3$$

Devrede, kapasitör uçlarındaki anlık gerilim  $V_c$  için aşağıdaki eşitlik geçerlidir:

$$V_c = \frac{q(t)}{C} \quad 3.4$$

Kapasitöre seri bağlı direnç üzerindeki gerilim  $V_R$  ise **ohm kanunundan** faydalanılarak bulunabilir;

$$V_R = I(t)R \quad 3.5$$

Direnç ( $R$ ) kapasitöre seri bağlı olduğundan kapasitör üzerinden geçen akım aynı zamanda direnç üzerinden geçeceğinden  $t = 0$  anında direnç uçlarındaki gerilim  $V_R$  maksimum olacaktır. Burada dikkat edilirse akım azaldıkça ve sıfır değerine geldiğinde direnç uçlarında herhangi bir gerilim olmayacaktır.

Direnç uçlarındaki gerilim  $V_R = I(t)R$  olması nedeniyle:

$$V = \frac{q(t)}{C} + I(t)R \quad 3.6$$

eşitliği yazılır.

Bu denklemin çözümünden;

$$I(t) = \frac{V}{R} - \frac{q(t)}{RC} \quad 3.7$$

bulunur.

Devreden geçen akım (kapasitörden geçen akım) aynı zamanda aşağıdaki bağıntı tarafından verilir;

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad 3.8$$

Bu tanım, Eşitlik 3.7’de kullanılırsa;

$$\frac{dq(t)}{dt} = \frac{V}{R} - \frac{q(t)}{RC} \quad 3.9$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC}(q - VC) \quad 3.10$$

$$\frac{dq}{(q-VC)} = -\frac{dt}{RC} \quad 3.11$$

$$\int_0^q \frac{dq}{q-VC} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \quad 3.12$$

$$\ln\left(\frac{q-VC}{-VC}\right) = -\frac{t}{RC} \quad 3.13$$

$$\frac{q-VC}{-VC} = e^{-t/RC} \quad 3.14$$

$$\boxed{q(t) = VC(1 - e^{-t/RC})} \quad 3.15$$

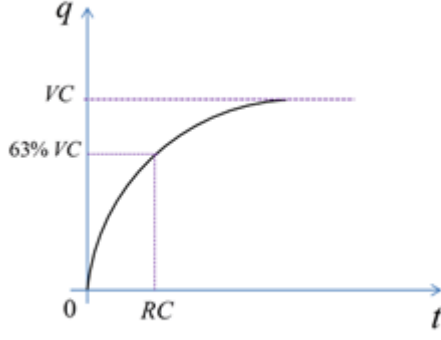
bağıntısı yazılır.

Kapasitör (kondansatör) üzerindeki maksimum (final) **yük** değeri  $q_f = CV$  olması nedeniyle;

$$\boxed{q(t) = q_f(1 - e^{-t/RC})} \quad \text{(Kapasitörün Yüklmesi)} \quad 3.16$$

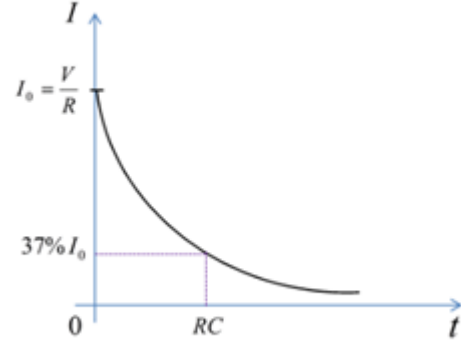
bulunur. Bu eşitlikte, güç kaynağının gerilimi;  $V$ , direnci;  $R$  ve kapasitansı;  $C$  (capacitance) olarak hepsi sabittir ve bu nedenle zamandan bağımsızdır.

Kapasitörün Dolma Durumunda Yük Değişimi



(a)

Kapasitörün Dolma Sırasında Akım Değişimi



(b)

**Şekil 3.3** Bir seri  $RC$  devresinde kapasitörün dolma sırasında zamana bağlı **yük** değişimi (a) ve  $R$  direncine seri bağlı kapasitörün **şarj olurken** üzerinden geçen **akımın** zamana göre değişimi (b). Düğme kapatıldığı zaman akım azalırken kapasitördeki yük miktarı artar.

Kapasitörde toplanan  $q$  yükünün zamana bağlı değişimi Şekil 3.3a'da gösterilmiştir. Bu eğriye kapasitörün yüklenme (**şarj**) **eğrisi** denir. Diğer taraftan, kapasitörün yüklenmesi sırasında devreden geçen  $I$  akımının zamana göre değişimi ise Şekil 3.3b'de verildiği gibidir.

Devreden geçen akımı, zamana bağlı bir fonksiyon olarak aşağıdaki şekilde bulabiliriz;

$$I(t) = dq(t)/dt \quad 3.17$$

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{V}{R} e^{-t/RC} \quad 3.18$$

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt} = I_0 e^{-t/RC} \quad \text{(Kapasitörün Yüklenmesi)} \quad 3.19$$

veya,

$$I(t) = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{(Devreden Geçen Akım)} \quad 3.20$$

Bu bağıntıda;

$I(t)$ : Kapasitör üzerinden geçen zamana bağlı değişken akım ( $A$ ),

$V$ : Kapasitör uçlarına uygulanan gerilim ( $V$ ),

$R$ : Direnç ( $\Omega$ ),

$t$ : Zaman ( $sn$ ),

$RC$ : Zaman sabiti ( $sn$ ).

Akım değişimini veren Eşitlik 3.19'da,  $I_0$ ;  $t = 0$  anında (anahtarın kapatıldığı anda) direnç  $R$  üzerinden geçen akımın ilk değeri (*initial current*) olarak verilir;

$$I_0 = \frac{V}{R} \quad 3.21$$

Bu nedenle devreden geçen akım, devrede  $R$  direnci uçların arasındaki potansiyel farkın maksimum olduğu ilk anda yani anahtarın kapatıldığı  $t = 0$  anında, en büyük değerini alacak ve kapasitörün dolmasıyla (artan kapasitör gerilimiyle) üstel olarak azalarak sifıra doğru azalacaktır.

- Eşitlik 3.19'da görüldüğü gibi  $t = 0$  anında kapasitör üzerinden uygulanan kaynak gerilimine ( $V$ ) ve direnç değerine ( $R$ ) bağlı olarak devreden maksimum değerde akım akar. Bu nedenle, farklı  $t$  değerleri vererek anlık zamana bağlı bu değişken akımları bulabiliriz.
- İlk başta açık olan “ $S$ ” düğmesi kapatıldığında, değişken akım ( $I$ ) azalırken kapasitörde biriken yük miktarı ( $q$ ) artar.  $t = 0$  anında  $I(t = 0) = V/R$  olurken, diğer taraftan  $t = 0$  anında  $q(t = 0) = 0$  bulunur.

#### Verilen deneyde;

- Seri  $RC$  devresinde  $t = 0$  zamanında ( $S$  düğmesi kapatıldığı anda) akım, “ $0$ ” değerinden ilk değeri olan  $I_0 = V/R$  miktarına atlar. Bu nedenle,  $t = 0$  anında devreden geçen ilk akım sadece direnç  $R$  tarafından belirlenir. Diğer bir deyişle, **boş bir kapasitör**, anahtar kapatıldığı anda ( $t = 0$  anında) *kısa devre* gibi davranır, yani o an için üzerindeki gerilim sıfırdır.
- Bir süre sonra akım ( $I$ ) azalırken yük miktarı ( $q$ ) artmaya başlayacaktır ve yük sabit bir değere ulaşacaktır ( $q = VC$ ). Bu esnada kapasitör tamamen dolacaktır; fakat *akım yaklaşık olarak sıfır* değerine ulaşacaktır. ***Bu durum RC devresinde kapasitörün kaynak gerilimi değerinde şarj olduğunu ifade eder.***



### **Grafiklerden görüldüğü gibi;**

- Düğmenin kapatıldığı  $t = 0$  anında, **akım**  $I$  sıfırdan ilk değerine atlayacak ( $I_0 = V/R$ ) ve zamanın bir fonksiyonu olarak **sıfıra** yaklaşacaktır. Diğer bir ifadeyle, **artan kapasitör gerilimiyle** devreden geçen **akım** azalacaktır.
- Bununla beraber, kapasitörün **yük miktarı**  $q$  sıfırdan başlayarak **zamanla son değerine** varacaktır ( $q_0 = VC$ ). Kapasitör dolduğunda artık içerisinde akım geçmeyecektir.

### **RC değerine eşit bir zaman sonra:**

- **RC** devresindeki **akım**, ilk ( $t = 0$ ) değerinin “ $1/e$ ” değerine (yaklaşık **0.368**) azalacaktır. Diğer bir ifadeyle, **akımın ilk değerinin %37’si** olan değere düşecektir. Böylece, boş bir kondansatörü şarj ederken akımın ( $I$ ) zamana ( $t$ ) bağlı grafiğini çizerek devrenin **zaman sabitini** ( $\tau$ ) **DENEYSEL** olarak bulabiliriz (Şekil 3.3b).
- Bu esnada ise kapasitörde **yük miktarı** “ $1 - 1/e = 0,632$ ” değerine ulaşacaktır (Şekil 3.3a).

Bir seri **RC** devresinde her kapasitör aynı zamanda şarj olmaz. Şarj zamanı, üzerinden geçen akım ve kapasitörün kapasitesine bağlı olarak değişir.

Devrede,  $t = 0$  anında kapasitörün üzerinden geçen **akım maksimum** olurken, daha sonra kapasitör şarj oldukça bu **akım sıfıra** doğru inecektir. Kapasitörün şarj ve deşarj süresi direnç değerine ( $R$ ) ve kapasitörün kapasitesine ( $C$ ) bağlıdır. Bu geçen süreye **RC zaman sabiti** denir. Bağıntı olarak;

$$\tau = RC$$

(BEKLENEN)

3.22

şeklinde gösteririz. Burada;

- $\tau$ : Zaman sabitinin değeri ( $sn$ ),
- $R$ : Kapasitöre seri bağlı elemanın direnci ( $\Omega$ ),
- $C$ : Kapasitörün kapasitesidir ( $F$ ).

**Seri RC devresinde** kapasitörün şarj süresi,  $\tau = RC$  zaman sabitine yani devre elamanlarının değerine bağlıdır.  $t = RC$  değerine eşit bir zaman sonra devreden geçen **akım**;

$$I(t) = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad 3.23$$

$$I(t = RC) = \frac{V}{R} e^{-1} \quad 3.24$$

$$e^{-1} = \frac{1}{e} = 0,37 \quad 3.25$$

$$I(t = RC) = 0,37 \frac{V}{R} = 0,37I_0 \quad 3.26$$

bulunacaktır.

Zaman sabiti  $\tau$  dediğimiz değişken,  $RC$  devresindeki **akımın** ilk değerinin **0.37** değerine düşmesi için gereken zamandır (Şekil 3.3b). Kapasitörün dolması (şarj) durumunda  $t = RC$  zamanında kapasitör üzerindeki **yük miktarı  $q$**  ise;

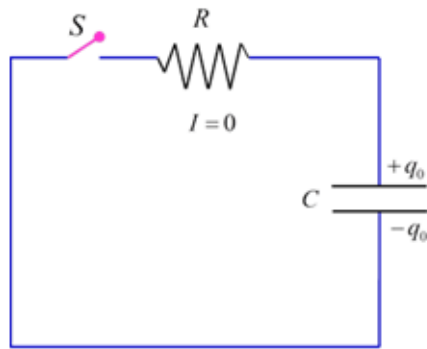
$$q(t) = VC(1 - e^{-t/RC}) \quad 3.27$$

$$q(t = RC) = 0,63VC \quad 3.28$$

olarak bulunur. Görüldüğü gibi,  $t = RC$  zamanında kapasitörde biriken toplam yük, toplam  $VC$  değerinin %63 oranındadır (Şekil 3.3a)

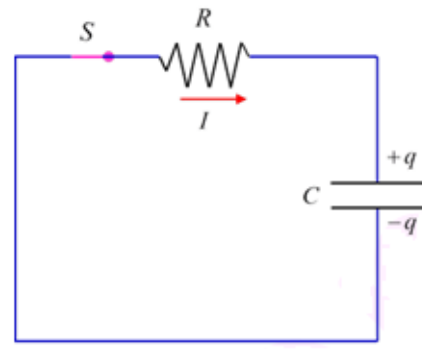
RC Deşarj Devresi (Güç Kaynağı Devre Dışı)

Anahtar Açık (Kapasitör Başlangıçta Yüklü)



(a)

Kapasitörün Boşalması (Anahtar Kapatılı)

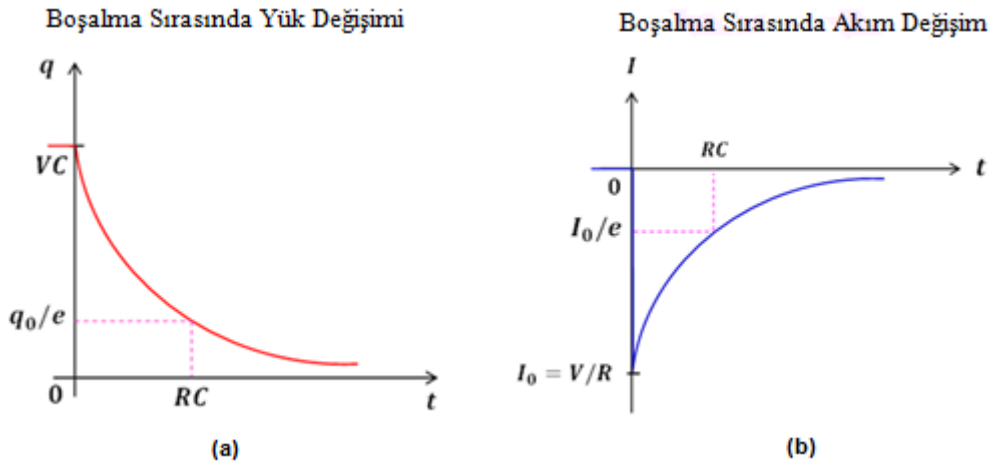


(b)

**Şekil 3.4** Başlangıçta yüklü olan kapasitörün deşarj olma devresi (a) ve kapasitörün deşarjı (b). Devrede “S” anahtarı kapatıldığında  $I$  akımı akmaya başlar.

Şekil 3.4a’da gösterilen **RC** devresi, başlangıçta **şarj olmuş** ( $q = VC$ ) bir kapasitörün deşarj olma devresini vermektedir. Anahtar konumu açık ve **gerilim kaynağı** devreden **çıkartılmış** bir **RC** devresinde başlangıçta **yüklü** bir kapasitör kullanılır.

Şekil 3.4b’de görüldüğü gibi **RC** devresinde kaynak gerilimi değerinde **şarj** olan bir kapasitörün **yükü**, gerilim kaynağı çıkarıldıktan sonra “**S**” anahtarı kapatılırsa, direnç üzerinden harcanır (boşalarak sifıra ulaşır). “**S**” anahtarı kapatıldığı anda devrenin akım kaynağı şarj olmuş kapasitör olacak ve  $I(t)$  akımı devreden geçmeye başlayacaktır.



Şekil 3.5 Direnci **R** olan bir devrede kapasitörün **deşarj** olması durumunda zamana göre **yük** (a) ve zamana göre **akım** değişimleri (b). Akımın işareti, Şekil 3.3b’de verilen akım yönüne göre ters olması nedeniyle negatif alınabilir.

Başlangıçtaki **q yükünün** zamana bağlı değişimi Şekil 3.5a’da verildiği gibidir. Bu eğri kapasitörün boşalma (**deşarj**) **eğrisi** olarak ifade edilir. **Akımın** zamana bağlı değişimi ise Şekil 3.5b’deki gibidir. Bu grafik, kapasitörün **deşarj** durumundaki **I** akımının, yüklenme durumundaki akıma göre ters yönde olduğunu göstermektedir. Devrede,  $t = 0$  anında **akım** maksimum değerden sıfıra doğru azalır. Devreden geçen bu akım, **deşarj akımı** olarak ifade edilir. **Deşarj akımı**, kapasitörün her iki plakası da **nötr** olana kadar devam eder. Bu olayın sonunda **kapasitör uçları arasındaki gerilim** sıfıra iner ve dolayısıyla kapasitör boşalmış olur. Yani, deşarj olayında kapasitör uçlarındaki gerilim maksimumundan sıfıra doğru azalır.

Deşarj olan bir kapasitörde  $t = 0$  anında yük,  $q = q_0 = VC$  olacaktır. Buna göre, kapasitörün **deşarj** durumunda kapasitör üzerindeki **yükün** ( $q$ ) ve üzerinden geçen **akımın** ( $I$ ) zamanın bir fonksiyonu olarak bağıntıları aşağıdaki şekilde verilir;

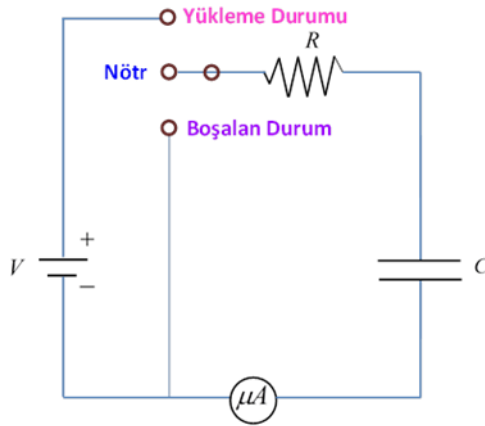
$$q(t) = q_0 e^{-t/RC} \quad ; \quad q_0 = VC \quad 3.29$$

$$I(t) = I_0 e^{-t/RC} \quad ; \quad I_0 = \frac{V}{R} \quad 3.30$$

Deneyde, seri bir **RC** devresinde boş bir kapasitörün dolması ve dolu bir kapasitörün bir direnç üzerinden boşalması olayı incelenerek kapasitör üzerindeki elektrik yükü ve devredeki akım değişimi deneysel olarak belirlenecektir. Sonrasında, bu **RC** devresi için şarj ve deşarj eğrileri bulunacaktır.

## DENEYİN YAPILIŞI

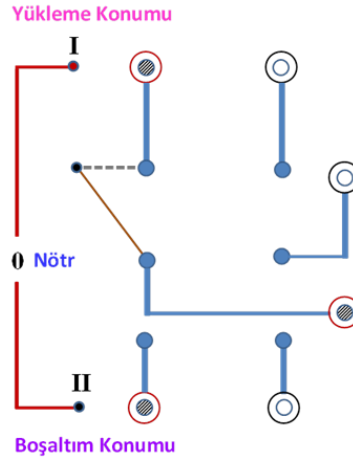
### 3.1 Boş Bir Kapasitörün Şarj Olması



Şekil 3.6 Kapasitörün **şarj** ve **deşarj** devresini gösteren **RC** devresi. Bir kapasitörün uçlarına bir gerilim uygulanmadığı durumda bu kapasitör **nötr** durumdadır.

- Şekil 3.6'da verilen elektrik devresi kapasitörün (kondansatör) **dolması** ve **boşalması** sırasındaki **akım değişiminin** analizi için kullanılacaktır. Kapasitörün **dolması** (**şarj**) ve **boşalması** (**deşarj**) devreden geçen akım eğrisini belirlemek için **devre panelinde** hazırlanacak **RC** devresi Şekil 3.6'da verilmiştir.
- Kapasitöre (**C**) seri bir direnç (**R**) bağlanır ve bu elemanlara bir gerilim uygulanırsa, gerilimin uygulandığı anda devreden bir süre akım geçecektir. Bu

akım geçişi, kapasitör uçlarındaki gerilim değeri **kaynak gerilim değerine (V)** eşit oluncaya kadar devam edecektir.

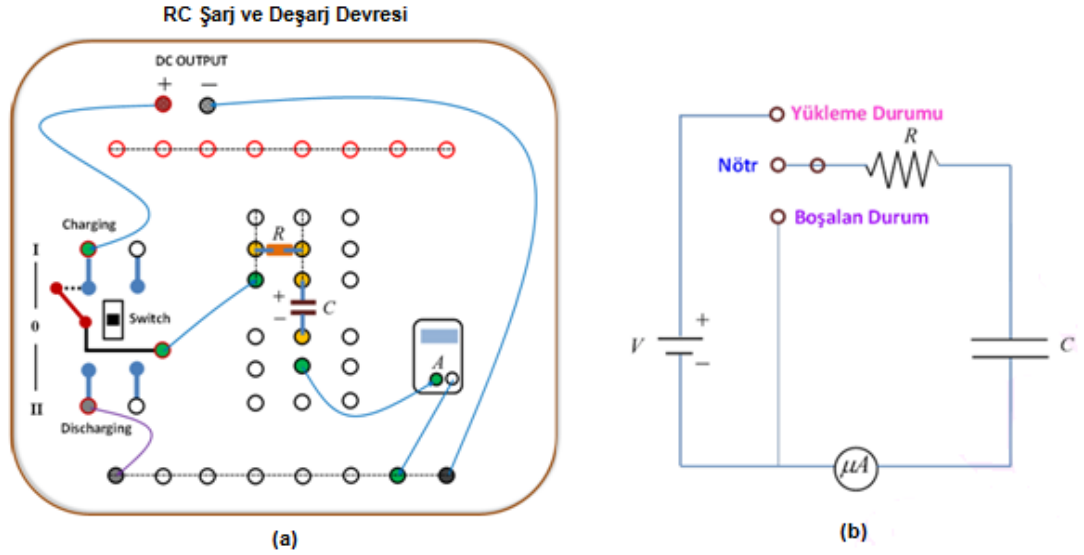


Şekil 3.7 Elektrik deney seti üstündeki anahtar konumları.

### DENEY NOTU

Devre kurma işlemi güç kaynağı kapalı tutularak ve anahtar nötr duruma getirilerek yapılır. Kullanılacak kapasitörün kutupları yani pozitif ve negatif uçları göz önüne alınarak devre bağlantısı yapılır. Kapasitörlerin kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken durumlardan birisi kapasitörün maksimum çalışma gerilimi (voltajı), diğeri ise kapasitesidir. Kondansatörlerin kapasite değerleri ( $\mu F$ ) ve çalışma gerilimleri (V) üzerinde yazılıdır. Kapasitörün çalışma gerilimi, kapasitöre uygulanacak maksimum gerilimdir. Bu çalışma geriliminin üzerine çıktığında, kapasitör kullanılmaz duruma gelecektir.

- Devrede kullanılan kapasitör (+) ve (-) uçlara sahiptir. Yani kapasitör kutup noktalarına (pozitif ve negatif uçlara) sahiptir. Bu nedenle bu kapasitör sadece **DC** ile çalışan devrelerde kullanılır.
- Güç kaynağını kapalı tutunuz ve devre anahtarını **nötr** duruma getiriniz. Deneyin bu bölümünde **iki yönlü anahtar** kullanarak **şarj** ve **deşarj** olayı oluşturulacaktır (Şekil 3.7).
- Anahtar **nötr durumda** tutularak güç kaynağı açılır.



**Şekil 3.8** Şarj ve deşarj olacak kapasitör için **RC** devresinin devre panosu üstündeki kurulumu (a) ve **RC** devresi (b).

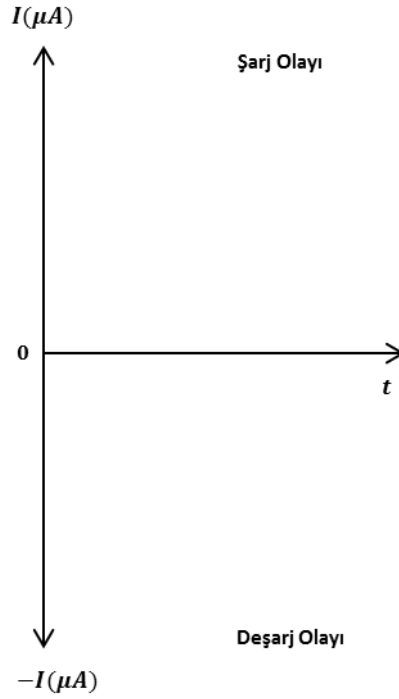
- **Devre panelinde** kapasitörün iki bağlantı uçları bir tel parçasıyla birleştirilerek, bu iki nokta arasında **kısa devre** oluşturulur. Bu işlem, devreden kapasitörü eleyecektir.
  - Çıkış gerilimi **5Volt** olarak ayarlanır. Bu **çıkış gerilimi** ( $V$ ) ölçülür ve not edilir.
  - Kapasitörün iki ucu **kısa devre** durumunda; anahtar, **Şekil 3.8**'deki **yükleme (charging) durumuna** getirilir ve devreden geçen **maksimum**  $I = I_0$  akımı ölçülür.
- **Tablo 3.1**'e bu akım değeri not edilir. Ölçülen akım sabit mi yoksa değişken bir akım mı?
- Şimdi anahtar **nötr (0) konumuna** getirilir ve kapasitör uçlarına (kutuplarına) bağlı **tel kaldırılır**.
- Kronometre sıfırlanır.
- Anahtar **şarj etme** konumuna (**yükleme konumuna**) getirilerek aynı anda kronometre başlatılır.
  - $t = 0$  anında devredeki  $I_0$  akımı (**maksimum** akım) ölçülür ve not edilir. Bu, **kısa devre** durumunda ölçülen akımdır.
  - Akımın azalmaya başlamasıyla, her 5 ya da 10 saniyede bir eş zaman aralıklarında **akım ölçülür** ve not edilir.
  - Devrede **akım** değeri 1 ya da 2 mikroamper ( $\mu A$ ) olana kadar akım ölçümü devam edilir.
  - Ölçülen değerler **Tablo 3.2**'e not edilir.
  - Şarj olayı, kapasitör uçlarındaki gerilim uygulanan **kaynak gerilimi değerine eşit** olana kadar devam eder (kapasitörü gerilim kaynağından çıkardığınız anda kondansatör uçları, uyguladığınız gerilim değerini gösterir).

Kapasitörü ( $C$ ) seri bir direnç ( $R$ ) ile devreye bağlayıp bu  $RC$  devre elemanlarına gerilim kaynağı ile bir gerilim ( $V$ ) uygulandığı anda devreden bir süre akım geçecektir. Bu akımın geçmesi, kapasitör uçlarındaki gerilim değerinin kaynak gerilim değerine eşit oluncaya kadar devam edecektir. Yani, devrede anahtar kapatılır kapatılmaz ( $t = 0$ ) devreden **maksimum akım** ( $I_0$ ) akacak daha sonra kapasitörün gerilimi arttıkça **akım azalacaktır**.  $RC$  devresinde kapasitörün uçlarındaki gerilim ( $V_C$ ), uygulanan kaynak gerilimine eşit olduğu anda üzerinden herhangi bir akım geçemeyecek ve direnç uçlarındaki gerilim sıfır değerini gösterecektir. Böylece, kapasitör bu **kaynak gerilimi değerinde şarj olacaktır**.

### Kapasitörün Deşarj Olması

- **Kaynak gerilimi değerinde şarj ettiğimiz kapasitörü deşarj** edeceğiz. Deşarj olacak olan yüklenmiş kapasitör  $q = VC$  yüke sahiptir.
  - Kapasitörün doldurma işlemi bitince devre anahtarı **nötr (0)** konumuna getirilir ve kronometreyi durdurup sıfırlanır.
  - Fazla beklemeden, anahtar **deşarj (discharging)** konumuna getirilir ve **aynı anda** kronometre başlatılır.
  - $t = 0$  anında akım ölçülür ve not edilir.
  - **Akımın (deşarj akımı)** düşmeye başlamasıyla yukarıda anlatılan işlemler tekrar edilir ve veriler **Tablo 3.3**'ye not edilir.
  - Kapasitörün deşarjı, kapasitör uçları arasındaki gerilim **sıfıra** düşene kadar devam eder. Diğer bir ifadeyle, kapasitör uçları arasındaki gerilim ( $V_C$ ) sıfıra iner ve böylece kapasitör boşalmış olur.
  - Ölçümler sonrası güç kaynağı kapatılır.

Bir önceki bölümde seri **RC** devresinde kapasitörün direnç ile bir gerilim kaynağına bağlanarak **şarj edilmesi** olayı incelenmişti. Kaynak gerilimi değerinde şarj olan (elektron yükleri ile dolan) bu kapasitörün yükü, anahtar **deşarj** durumuna (yani gerilim kaynağını çıkardıktan sonra), direnç üzerinden harcanır.  $t = 0$  anında devredeki **maksimum akım** sıfıra doğru azalmaya başlarken, kapasitör uçlarındaki gerilim de maksimum değerden ( $V_C$ ) sıfıra doğru gider. **RC** devresinden geçen bu akım **deşarj akımıdır**. Bu kapasitörün şarjının vedeşarjının süresi (zaman sabiti), direncin değerine (**R**) ve kapasitörün kapasitesine (**C**) bağlı olduğu unutulmamalıdır ( $\tau = RC$ ).



**Şekil 3.9** Şarj vedeşarj akımları için  $I - t$  grafiğinin aynı grafik üzerinde zaman eksenleri ortak seçilerek çizimi.

- Şimdi boş bir kondansatörü şarj vedeşarj ederken akımın zamana bağlı grafiğini çizilir;
  - Kapasitörün **dolma** (şarj) ve **boşalma** (deşarj) sırasında devredeki akımlar için **Tablo 3.2** ve **Tablo 3.3**'deki verileri kullanarak;  $I - t$  grafiği çizilir.
  - **Şarj vedeşarj akımının** zamanla nasıl değiştiği aynı grafik üzerinde ortak  $t$ -zaman eksenini seçilerek çizilir (Şekil 3.9).



- Deşarj olayında **deşarj akımının işareti**, şarj akım yönüne göre ters olması nedeniyle **negatif** alınabilir.
- **Şarj vedeşarj** akımına ait bu iki eğri (grafik) üzerinde, **akımın ilk değerinin %37'si** olan değere düştüğü  **$t$  zamanı**, bu devrenin zaman sabitini ( **$\tau$** ) verecektir.
  - Doldurma ve boşaltma grafikleri üzerinde bu  **$t$  zamanı** belirlenir ve bu zamana karşılık gelen **akım değeri**, doldurma grafiği üzerinde gösterilir.
  - Bulunan değer, **zaman sabitinin DENEYSEL** değeri olarak not edilir.
- Sonrasında, zaman sabitinin **BEKLENEN** (teorik) değeri bulunur;
  - Kondansatör şarj vedeşarj zamanı, direnç ( **$R$** ) ve kondansatörün kapasitesine ( **$C$** ) bağlıdır. Bu geçen süreye  **$RC$**  zaman sabiti denir. Bağlantı olarak;
    - **$\tau = RC$**  eşitliğini kullanarak **zaman sabitinin teorik** değeri hesaplanır.
  - Grafikten bulduğunuz değerle, teorik zaman sabitini karşılaştırılır ve hata hesabı yapılır.
  - Hesaplamalarda,  **$RC$**  zaman sabitinin biriminin saniye olduğuna dikkat edilir.
  - **Tablo 3.4**'te  **$\tau$**  değerleriyle doldurulur.
- Kapasitörün tamamen yüklenme zamanı için ölçülen  **$t$**  değeri Eşitlik 3.9 kullanılarak, kapasitör üstünde biriken **yük  $q$**  hesaplanır ve **Tablo 3.5**'e not edilir.
  - Bu hesaplama için; **Tablo 3.2**'daki deneysel ölçülen  **$t$**  verilerinden son  **$t$** -zamanı kullanılır.
  - **$q = VC$**  eşitliğinden bulunan değerlerle (**beklenen**) bu hesaplanan (**deneysel**) değer karşılaştırılır ve hata hesabı yapılır.

### DENEY NOTU

$R$ -dirençli bir devrede kapasitörün ( $C$ ) şarj vedeşarj olaylarının gerçekleşmesi için belli bir sürenin geçmesi gerekir. Bu süreyi belirleyen büyüklük zaman sabiti,  $\tau$  olarak ifade edilir ve;  $\tau = RC$  tarafından hesaplanır.

### Yüklenen ve Boşalan (Deşarj Olan) Kapasitör

- Devrede kapasitörün iki bağlantı uçlarını bir tel parçasıyla birleştirilerek bu iki nokta arasında kısa devre oluşturulduğunda;
  - Devreden geçen **maksimum** akım ( $I = I_0$ ) ölçülür ve aşağıda verilen tabloya not edilir.
  - Güç kaynağı uçlarındaki  $V (= 5V)$  gerilimi ölçülür.

Direnc	Kapasitör
$R(k\Omega)$	$C(\mu F)$
.....	.....

**Tablo 3.1** Kısa devredeki akım.

Ölçülen	Ölçülen	Hesaplanan
Kaynak Gerilimi	Maksimum Akım	Maksimum Akım
$V$	$I$	$I = \frac{V}{R}$
$5V$	.....	.....

- Şarj boyunca  $I$  ve  $t$  ölçümleri **Tablo 3.2'**ye not edilir.

**Tablo 3.2** Yükleme (şarj) boyunca oluşturulan veri değerleri.

$t$ (saniye)	Ölçülen $I(\mu A)$	$t$ (saniye)	Ölçülen $I(\mu A)$
0			

Not:  $t = 0$  anında ölçülen akım, **maksimum** akım ( $I = I_0$ ) olacaktır.

- Kapasitör deşarj olurken alınan veriler **Tablo3.3'**deki boşluklara yazılır.

**Tablo 3.3** Kapasitördeşarj olurken ölçülen veriler.

$t$ (saniye)	Ölçülen $I(\mu A)$	$t$ (saniye)	Ölçülen $I(\mu A)$
0			

- $I - t$  grafiğinden devrenin deneysel zaman sabiti değeri  $\tau$  bulunur.
  - Hem yüklenen hem dedeşarj grafiklerinden **zaman sabiti** değeri  $\tau$  belirlenir.
  - Daha sonra,  $\tau = RC$  formülünden elde edilen **TEORİK**  $\tau$  değeri ile **DENEYSEL** zaman sabitini  $\tau$  karşılaştırmız.
  - Tablo 3.4** içine deneysel ve teorik bulunan zaman sabiti not edilir.

**Tablo 3.4**  $I - t$  grafiklerinden devrenin zaman sabiti  $\tau$ .

Karşılaştırma	Zaman sabiti, $\tau$ (sn)
Şarj Eğrisi	.....
Deşarj Eğrisi	.....
Teorik Değer	.....

- Şarj olayı** kapasitör uçlarındaki gerilim, kaynak gerilimine eşitlenene kadar devam eder. **Şarj** (yükleme) bittiği zaman, kapasitör üstündeki  $q$  yükü **DENEYSEL** olarak bulunur ve not edilir. **Tablo 3.5'**deki veriler kullanılarak bu değer  $q = VC$  ile karşılaştırmız.

**Tablo 3.5** Şarj sonrası kapasitör üzerindeki elektrik yükü.

Deneysel	Teorik	Fark
Yük, $q$	$q = VC$	$\Delta q (\pm\%)$
.....	.....	.....

## SORULAR

1. RC çarpımının zaman boyutunda olduğunu gösterin.
2. Şekil 3.5’de A anahtarı kapatılınca kondansatör niçin hızla doluyor da boşalması yavaş oluyor?
3. Kondansatörün boşalma zamanını ayarlama imkanımız var mıdır? Nasıl?
4. Seri ve paralel bağlı kondansatörler için eşdeğer sığa ifadelerini türetin.
5. Yaptığımız deneyi göz önüne alarak, sığanın değişimi ile zaman sabiti arasında nasıl bir ilişki vardır. Açıklayınız.

