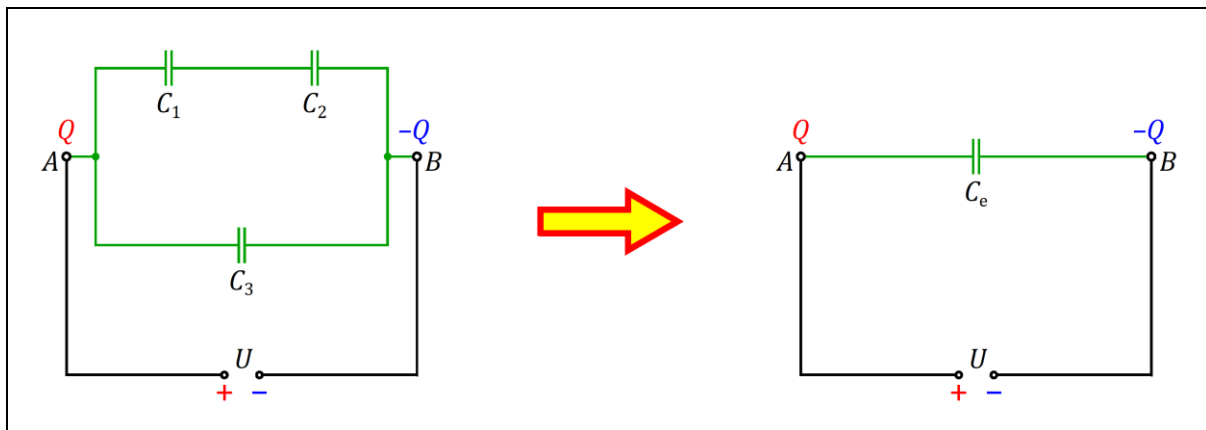


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

## A kondenzátorok kapcsolása

Érdekes probléma, hogy egymással összekapcsolt kondenzátorokból álló, két kivezetéssel rendelkező rendszert hogyan lehet egyetlen kondenzátorral helyettesíteni. Ilyenkor természetesen követelmény, hogy a kapcsolás többi részén eközben semmiféle változás ne történjen. Ennek megfelelően, ha a kondenzátorrendszerre vitt  $Q$  töltés hatására  $U$  feszültség alakul ki a kivezetések között, akkor a helyettesítő kondenzátort ugyanekkora  $Q$  töltésmennyiséggel feltöltve a fegyverzetek közt szintén  $U$  feszültségnek kell lennie.

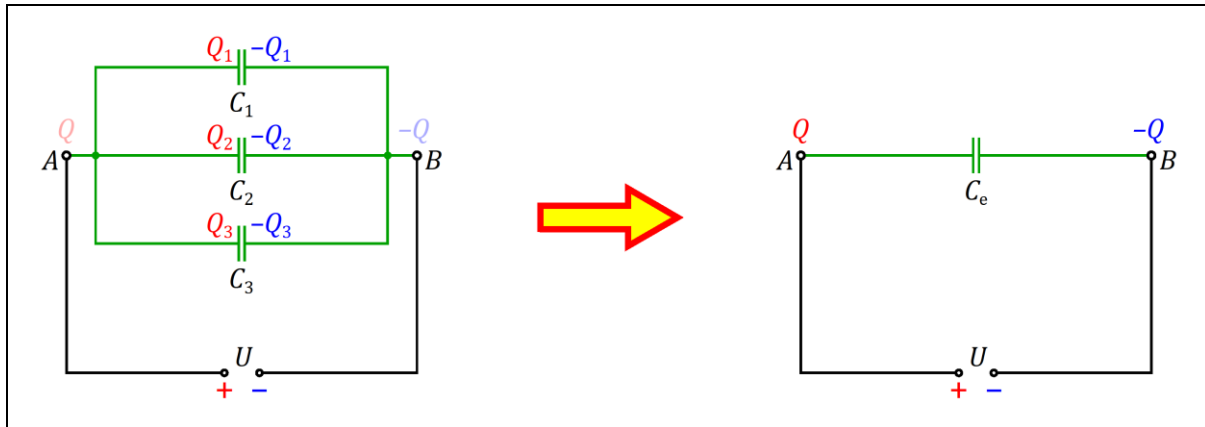


Annak a kondenzátornak a kapacitását, amellyel a kétpólusú kondenzátorrendszer helyettesíthető, a rendszer eredő kapacitásának nevezzük. Az eredő kapacitás jele  $C_e$ , de ha nem okoz félreértést, egyszerűen csak  $C$ -vel jelöljük.

A kétpólusú kondenzátorrendszerek egy részénél az eredő kapacitás nagysága számítással is meghatározható. Az alábbiakban két ilyen egyszerű kondenzátorrendszert vizsgálunk meg.

## Kondenzátorok párhuzamos kapcsolása

Kondenzátorok párhuzamos kapcsolásánál minden kondenzátor egyik kivezetése a rendszer egyik kivezetéséhez, a másik kivezetése pedig a rendszer másik kivezetéséhez csatlakozik.



A kondenzátorrendszer kivezetéseire vitt töltés szétoszlik a kondenzátorokon, ezért párhuzamos kapcsolásnál a rendszerre vitt  $Q$  töltésmennyiség megegyezik az egyes kondenzátorokon található töltésmennyiségek összegével. Ennek megfelelően például három kondenzátornál:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 . \quad (1)$$

Az A-hoz csatlakozó vezetékek és fegyverzetek anyaga valamilyen vezető, így ezek potenciálja megegyezik egymással. Ugyanígy megegyezik egymással a B-hez csatlakozó vezetékek és fegyverzetek potenciálja is. Emiatt minden kondenzátoron ugyanakkora, a feszültség (potenciálkülönbség), mint a rendszer két kivezetése között, azaz

$$U_1 = U_2 = U_3 = U .$$

Az (1) összefüggés mindkét oldalát osztva ezzel a közös feszültséggel:

$$\frac{Q}{U} = \frac{Q_1}{U} + \frac{Q_2}{U} + \frac{Q_3}{U} .$$

A bal oldali hányados definíció alapján éppen az eredő kapacitással egyenlő, a jobb oldalon álló hányadosok pedig az egyes kondenzátorok kapacitásával egyeznek meg, így

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 .$$

Az előző gondolatmenet alkalmazásával tetszőleges számú párhuzamosan kapcsolt kondenzátornál is hasonló eredményhez jutunk: *A párhuzamosan kapcsolt*

kondenzátorok eredő kapacitása ugyanakkora, mint az egyes kondenzátorok kapacitásának összege. Képlettel:

$$C_e = C_1 + C_2 + \dots + C_n .$$

Speciálisan  $n$  db  $C$  kapacitású kondenzátor párhuzamos kapcsolásakor

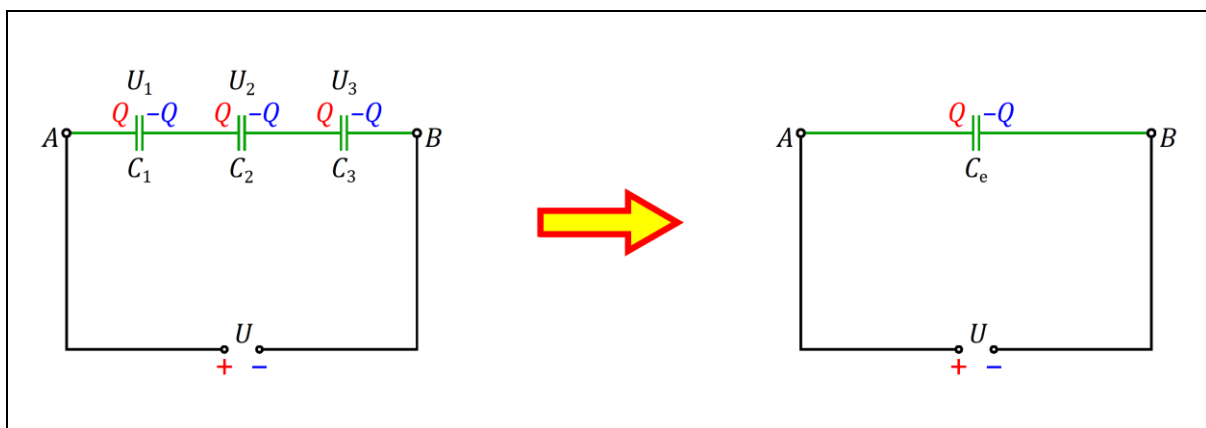
$$C_e = C + C + \dots + C = n \cdot C .$$

Eszerint  $n$  db  $C$  kapacitású kondenzátor párhuzamos kapcsolásakor az eredő kapacitás ugyanakkora, mint az egyes kondenzátorok kapacitásának  $n$ -szerese. Képlettel:

$$C_e = n \cdot C .$$

### Kondenzátorok soros kapcsolása

Kondenzátorok soros kapcsolásánál az egyes kondenzátorok elágazás nélkül kapcsolódnak egymáshoz. A rendszer két kivezetését az első és az utolsó kondenzátor szabadon maradó kivezetései alkotják.



*A feszültség és a potenciál* című fejezet (1) összefüggése szerint a nyugvó elektromos töltések által létrehozott mezőben tetszőleges  $A$ ,  $B$  és  $C$  pontokat kiválasztva az  $A$  és  $B$ , illetve a  $B$  és  $C$  pontok közti feszültségek összege megegyezik az  $A$  és  $C$  közti feszültséggel:

$$U_{AB} + U_{BC} = U_{AC} .$$

Ezt felhasználva belátható, hogy a rendszer két kivezetése közt lévő feszültség ugyanakkora, mint az egyes kondenzátorokon lévő feszültségek összege. Ennek megfelelően például három kondenzátornál:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 . \quad (2)$$

Bár kívülről csak az első és az utolsó kondenzátor egy-egy fegyverzetére kerül töltés, a megosztás miatt a szomszédos kondenzátorok egymással összekapcsolt fegyverzetein szintén  $Q$  és  $-Q$  töltések lesznek, azaz

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q.$$

A kapacitás definíciójából kiindulva a kondenzátor feszültsége:

$$C = \frac{Q}{U} \quad \Rightarrow \quad U = \frac{Q}{C}.$$

Ezek alapján a (2) összefüggésben az egyes kondenzátorok feszültségét a töltésmennyiség és a kapacitás hányadosaként kifejezve:

$$\frac{Q}{C_e} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}.$$

Mindkét oldalt osztva  $Q$ -val:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Az előző gondolatmenet alkalmazásával tetszőleges számú sorosan kapcsolt kondenzátornál is hasonló eredményhez jutunk: *A sorosan kapcsolt kondenzátorok eredő kapacitásának reciproka ugyanakkora, mint az egyes kondenzátorkapacitások reciprokának összege.* Képlettel:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Speciálisan  $n$  db  $C$  kapacitású kondenzátor soros kapcsolásakor

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \dots + \frac{1}{C} = n \cdot \frac{1}{C} = \frac{n}{C}.$$

Ennek alapján

$$\frac{1}{C_e} = \frac{n}{C} \quad \Rightarrow \quad C_e = \frac{C}{n}.$$

Eszerint  $n$  db  $C$  kapacitású kondenzátor soros kapcsolásakor az eredő kapacitás ugyanakkora, mint az egyes kondenzátorok kapacitásának  $n$ -ed része. Képlettel:

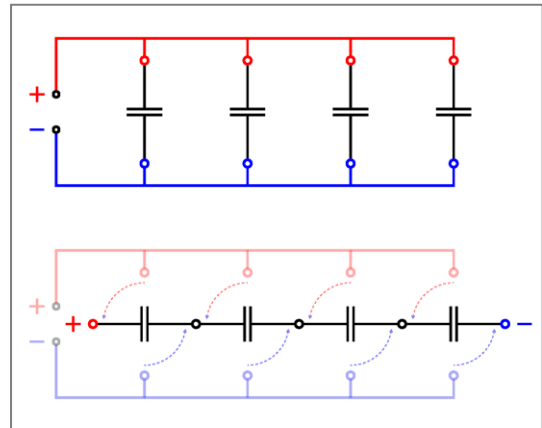
$$C_e = \frac{C}{n}.$$

## Kiegészítések

1. A gyakorlatban néha a fordított eljárást használják: Amikor egy adott kapacitású kondenzátor nem áll rendelkezésre, két vagy több párhuzamosan kapcsolt kondenzátorból álló rendszert használnak helyette. (A fényképen öt párhuzamosan kapcsolt elektrolitkondenzátor látható.)



2. *Jedlik Ányos István* (1800–1895) magyar fizikus az 1873. évi bécsi világkiállításon kitüntetésben részesült a leideni palackokból kialakított „csöves villamfesztítő” elkészítéséért. Ebben az eszközben a kondenzátorokat (leideni palackokat) feltöltéskor párhuzamosan, kisütéskor pedig sorosan kapcsolta. Kisütéskor így a töltőfeszültség sokszorosát tudta előállítani, és ezzel a feszültséggel mintegy fél méteres szikrákat tudott létrehozni. A rajzon Jedlik eszközének elvi kapcsolási vázlatát látható.



3. Két kondenzátor soros kapcsolásánál az eredő kapacitásra levezetett összefüggést felírva és átalakítva:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_2}{C_1 \cdot C_2} + \frac{C_1}{C_1 \cdot C_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}.$$

Ebből  $C_e$  kifejezhető:

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

## Példa

Egy 180 nF-os és egy 540 nF-os kondenzátort sorosan kapcsoltunk, majd ezzel a rendszerrel párhuzamosan kötöttünk egy 165 nF-os kondenzátort.

a) Mekkora a rendszer eredő kapacitása?

b) Mekkora lesz az egyes kondenzátorok feszültsége és töltése, ha a rendszert 15 V-os feszültségforrásra kapcsoljuk?

Megoldás

$$C_1 = 180 \text{ nF}$$

$$C_1 = 540 \text{ nF}$$

$$C_1 = 165 \text{ nF}$$

$$U = 15 \text{ V}$$

---

$$C_e = ?$$

$$U_1 = ?; \quad U_2 = ?; \quad U_3 = ?$$

$$Q_1 = ?; \quad Q_2 = ?; \quad Q_3 = ?$$

a) A két sorosan kapcsolt kondenzátor helyettesíthető egyetlen kondenzátorral, ennek kapacitását jelöljük  $C_{12}$ -vel! Az eredő kapacitásra a *Kiegészítések* 3. pontjában levezetett összefüggés alapján:

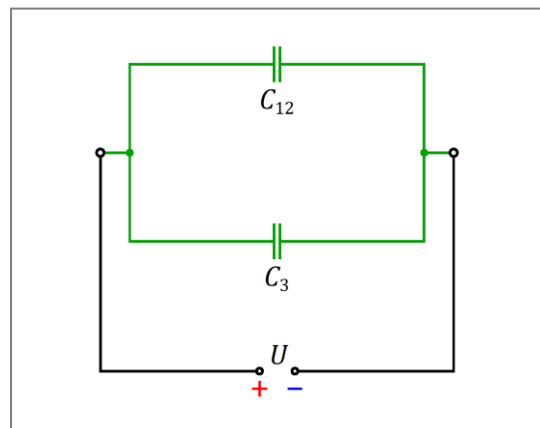
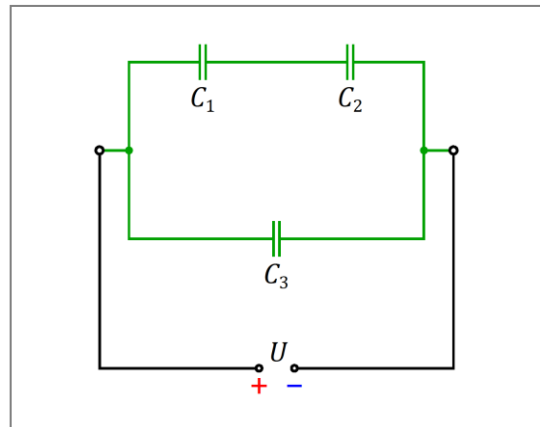
$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

Behelyettesítve:

$$C_{12} = \frac{180 \text{ nF} \cdot 540 \text{ nF}}{180 \text{ nF} + 540 \text{ nF}} = 135 \text{ nF}.$$

A két sorosan kapcsolt kondenzátor tehát helyettesíthető egy 135 nF-os kondenzátorral. Ezzel a harmadik kondenzátor párhuzamosan van kapcsolva. A teljes rendszer eredő kapacitása tehát:

$$C_e = C_{12} + C_3 = 135 \text{ nF} + 165 \text{ nF} = 300 \text{ nF}.$$



b) Láttuk, hogy párhuzamos kapcsolásnál minden kondenzátor feszültsége ugyanakkora, így a második rajz alapján egyszerűen belátható, hogy a  $C_{12}$ , illetve a  $C_3$  kapacitású kondenzátorok feszültsége ugyanakkora, mint a feszültségforrás feszültsége, azaz

$$U_{12} = U_3 = U = 15 \text{ V}.$$

A kapacitás a definíciójából a *kondenzátor töltése* kifejezhető:

$$C = \frac{Q}{U} \quad \Rightarrow \quad Q = C \cdot U.$$

Ennek alapján a harmadik kondenzátoron lévő töltés:

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3 = 165 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot 15 \text{ V} = 2,475 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$$

Ehhez hasonlóan a  $C_{12}$  kapacitású kondenzátoron lévő töltés:

$$Q_{12} = C_{12} \cdot U_{12} = 135 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot 15 \text{ V} = 2,025 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$$

Az eredő kapacitás levezetése során láttuk, hogy soros kapcsolásnál minden egyes kondenzátoron ugyanakkora a töltés, mint a rendszer két kivezetésére vitt töltés.

Ennek alapján:

$$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = 2,025 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$$

A kapacitás definíciójából a *kondenzátor feszültsége* kifejezhető:

$$C = \frac{Q}{U} \quad \Rightarrow \quad U = \frac{Q}{C}.$$

Ennek alapján az első, illetve a második kondenzátor feszültsége:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2,025 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{180 \cdot 10^{-9} \text{ F}} = 11,25 \text{ V}.$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{2,025 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{540 \cdot 10^{-9} \text{ F}} = 3,75 \text{ V}.$$

## Képek jegyzéke

	<p><b>Rajz az eredő kapacitás fogalmához</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0434.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0434.svg</a></p>
	<p><b>Kondenzátorok párhuzamos kapcsolása</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0435.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0435.svg</a></p>
	<p><b>Kondenzátorok soros kapcsolása</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0436.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0436.svg</a></p>
	<p><b>Párhuzamosan kapcsolt elektrolitkondenzátorok</b>            W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Capacitors-Parallel_62507-480x360_(4791854504).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Capacitors-Parallel_62507-480x360_(4791854504).jpg</a></p>
	<p><b>A „csöves villamfeszítő” elvi rajza</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0437.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0437.svg</a></p>
	<p><b>Rajz a példához (1)</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0438.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0438.svg</a></p>
	<p><b>Rajz a példához (2)</b>            © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0439.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0439.svg</a></p>

### Jelmagyarázat:

© **Jogvédtett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.