

Un condensador es un dispositivo formado por dos conductores que al conectarse a una diferencia de potencial  $V$  se cargan con cargas  $Q$  y  $-Q$ . La carga  $Q$  es proporcional a  $V$ , es decir:

$$Q = CV \quad . \quad (1)$$

La constante de proporcionalidad  $C$  es la capacidad del condensador. Para demostrar (1) recordemos que  $V$  depende linealmente del campo eléctrico entre los conductores y el campo depende a su vez linealmente de la carga. La unidad SI de capacidad es el Faradio  $F$ .

Para cargar el condensador es necesario realizar trabajo que se almacena como energía potencial electrostática  $U$ . Evaluando el trabajo necesario para aumentar la carga desde cero hasta el valor final  $Q$  se obtiene:

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 \quad . \quad (2)$$

Al conocer  $C$  podemos entonces calcular la energía que se almacena en el condensador al aplicar  $V$ .

La capacidad  $C$  depende de la geometría de los conductores, es decir de su forma, tamaño y separación, y del material entre los conductores. Un ejemplo típico es el condensador de placas paralelas formado por dos láminas planas de igual área  $A$  separadas una distancia  $d$  y con vacío entre sus placas. En este caso se encuentra:

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

donde  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} F/m$ . Para deducir (3) se supone que las placas son muy grandes de tal manera que el campo eléctrico entre ellas es uniforme y de magnitud  $E = \sigma/\epsilon_0$ . Además, la densidad de carga superficial es  $\sigma = Q/A$ . Por otra parte, como  $\vec{E}$  es uniforme, la diferencia de potencial entre las placas es  $V = Ed$ . Combinando estos resultados y usando (1) se encuentra (3).

En vez de vacío (o aire), generalmente entre los conductores de un condensador se coloca un material aislante (dieléctrico) que sirve para mantener las placas separadas y además tiene el efecto de aumentar la capacidad. Cuando el espacio entre los conductores está *completamente* ocupado por un dieléctrico la nueva capacidad es

$$C = \kappa C_0 \quad , \quad (4)$$

donde  $C_0$  es la capacidad cuando no está el dieléctrico.  $\kappa$  es la constante dieléctrica propia del material. Para el vacío  $\kappa = 1$ , para el aire  $\kappa = 1,00059$ , para otros materiales  $\kappa > 1$ , por ejemplo, para porcelana  $\kappa = 7$ . La nueva capacidad es mayor que  $C_0$  porque al introducir el dieléctrico el nuevo campo eléctrico, y por lo tanto la nueva diferencia de potencial, entre los conductores disminuye. La magnitud del nuevo campo eléctrico es  $E = E_0/\kappa$ . Que  $E < E_0$  se debe a la formación de un campo inducido en el dieléctrico que contrarresta el campo original.

Es posible combinar condensadores de varias maneras para obtener diferentes valores de la capacidad equivalente. Por ejemplo si se conectan  $N$  condensadores de capacidades  $C_1, C_2, \dots, C_N$ , en *paralelo* la capacidad equivalente es

$$\text{paralelo} \quad C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_N \quad . \quad (5)$$

En paralelo  $V_1 = V_2 = \dots = V_N = V$  y  $Q = C_{eq}V = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$ . Cuando los condensadores se conectan en *serie* la capacidad equivalente está determinada por:

$$\text{serie} \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N} \quad . \quad (6)$$

En la combinación en serie  $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_N = Q = C_{eq}V$  mientras que  $V = V_1 + V_2 + \dots + V_N$ .