



ÍNDICE M3

Capítulo 9. Capacidad / Condensador

9.1. FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR.....	3.9.2
9.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD: AREA DE LAS PLACAS, DISTANCIA ENTRE PLACAS, NUMERO DE PLACAS, DIELECTRICO Y CONSTANTE DEL DEL DIELECTRICO, VOLTAJE DE TRABAJO, VALOR DEL VOLTAJE.....	3.9.4
9.3. TIPOS DE CONDENSADORES, FABRICACION Y FUNCION.....	3.9.5
9.3.1. Condensador de papel	3.9.5
9.3.2. Condensador de poliéster	3.9.5
9.3.3. Condensador cerámico	3.9.6
9.3.4. Condensador de mica	3.9.6
9.3.5. Condensadores electrolíticos	3.9.8
9.3.6. Condensadores variables	3.9.8
9.3.7. Condensadores ajustables.....	3.9.8
9.4. CODIGOS DE COLORES PARA CONDENSADORES.....	3.9.9
9.5. ASOCIACION DCONDENSADORES	3.9.10
9.6. CARGA Y DESCARGA EXPONENCIAL DE UN CONDENSADOR. CONSTANTES DE TIEMPO.	3.9.12
9.7. EFECTOS Y USOS DE LOS CONDENSADORES EN LOS CIRCUITOS ELECTRICOS.	3.9.18
9.8. PRUEBA DE CONDENSADORES.....	3.9.20

CAPÍTULO 9

CAPACIDAD / CONDENSADOR.

9.1. FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR.

Un condensador está formado por dos conductores separados por un medio aislante que son capaces de almacenar una energía en forma de campo eléctrico. En su forma más sencilla un condensador consiste en dos placas paralelas, separadas por un material aislante, conocido como dieléctrico, como se muestra en la figura 3.9.1 siguiente:

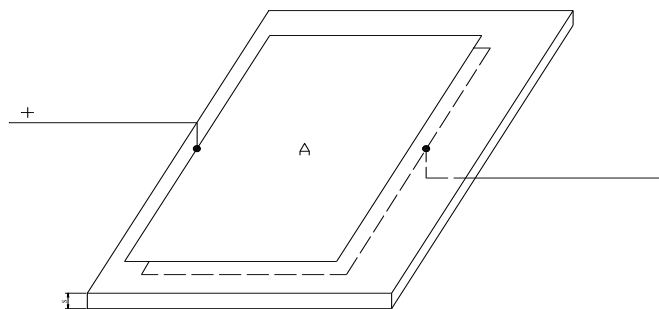


Fig. 3.9.1. Placas de un condensador

La teoría del condensador está basada en el Teorema de Faraday que dice que “cuando a un conductor B se acerca otro conductor A cargado de electricidad, se induce en B una carga eléctrica igual y de signo contrario a la de A”. O lo que es igual, si se aplica una ddp entre las placas de un condensador, el condensador empezará a cargarse tendiendo a alcanzar el voltaje de la fuente y con su misma polaridad. Cuando se suprime la ddp entre las placas del condensador, éste permanecerá cargado durante un tiempo que depende de la naturaleza del dieléctrico. Teóricamente, con un dieléctrico perfecto, el condensador siempre permanecería cargado.

En honor a su descubridor, Faraday, la capacidad se mide en Faradios que se define como la capacidad de un condensador entre cuyas placas aparece la diferencia de potencial de un voltio cuando se carga con una cantidad de electricidad de un culombio. Sus submúltiplos son:

$$\begin{aligned}\mu\text{F} &= \text{microfaradio} = 10^{-6} \text{ faradios} \\ \text{nF} &= \text{nanofaradio} = 10^{-9} \text{ faradios} \\ \text{pF} &= \text{picofaradio} = 10^{-12} \text{ faradios}\end{aligned}$$

Como la carga de un condensador se efectúa transportando cargas de una a otra de las armaduras, se ha realizado un trabajo que será nulo en el primer instante y máximo cuando esté completamente cargado. Este trabajo será por tanto igual al producto de la carga adquirida por la tensión media del condensador durante la carga:

$$W = 1/2 \ Q \ V$$

Como $Q = C \cdot V$, la ecuación anterior se puede escribir: $W = 1/2 \ C \ V^2$

que es la energía almacenada por el condensador y se expresa en julios cuando la capacidad se expresa en faradios y el voltaje en voltios.

Una vez cargado el condensador, la carga por él almacenada permanecerá constante hasta que no se le facilite un camino de descarga. Si la descarga se efectuase a través de una resistencia, la energía almacenada por el condensador se transformaría en energía calorífica en la resistencia.

Para entender mejor el funcionamiento de un condensador, véase la analogía hidráulica que se muestra en la figura 3.9.2 siguiente:

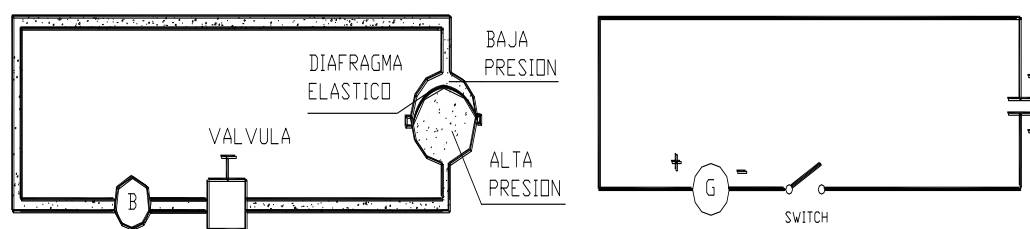


Fig. 3.9.2. Analogía hidráulica de un condensador

En la figura 3.9.2, el condensador equivale a una cámara separada en secciones iguales por un diafragma elástico, conectada a una bomba hidráulica a través de unas tuberías y una válvula de corte. La bomba representa al generador eléctrico, la válvula al interruptor y las tuberías a los cables de conexión del generador al condensador. Cuando la bomba gira, y la válvula está abierta, se impulsa al agua hacia la cámara, el diafragma se deforma y un lado de la cámara contiene más agua que el otro merced a la presión de la bomba. Cuando el lado de la cámara iguala la presión de la bomba, el agua deja de circular por la tubería. Si, en ese momento, se cierra la válvula, el diafragma quedará deformado aunque se pare la bomba, existiendo una presión diferencial a ambos lados del diafragma.

En el correspondiente circuito eléctrico, cuando se cierra el interruptor, el condensador empieza a cargarse. Cuando el condensador adquiere un voltaje igual al del generador, la corriente deja de circular y el condensador está cargado. Si, ahora, se abre el interruptor el condensador quedará cargado a la ddp del generador.

Un condensador se representa, esquemáticamente, según se ilustra a continuación:



correspondiendo la representación de la derecha al condensador electrolítico.

9.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD: AREA DE LAS PLACAS, DISTANCIA ENTRE PLACAS, NÚMERO DE PLACAS, DIELECTRICO Y CONSTANTE DEL DEL DIELECTRICO, VOLTAJE DE TRABAJO, VALOR DEL VOLTAJE.

Un condensador se fabrica disponiendo dos placas metálicas (aluminio u otro metal conductor) separadas mediante un dieléctrico (aire, mica, tántalo etc). La capacidad del condensador depende de tres factores principales: El área de las placas, el espesor del dieléctrico o distancia entre las placas y del material con que se haya fabricado el dieléctrico.

Esta definición se expresa por la fórmula empírica:

$$C = 0,2246 K \frac{A}{S} \quad \text{en donde}$$

- C = capacidad del condensador en microfaradios
- K = constante dieléctrica en μF / pulgada
- A = Superficie de las placas en pulgadas cuadradas
- S = Separación entre placas o espesor del dieléctrico en pulgadas.

Parece lógico, puesto que como la capacidad del condensador depende de la carga que se deposite en sus placas, cuanto mayor sea la superficie de carga mayor será la carga almacenada. De otro lado, la acción del campo eléctrico necesaria para crear la carga contraria en la otra placa del condensador será mayor cuanto menor sea la distancia que separa las placas, luego a menor distancia mayor capacidad del condensador para almacenar energía.

Finalmente, la capacidad del condensador va a depender del **dieléctrico** empleado. Se llaman dieléctricos a ciertos materiales como cera, papel, mica, tántalo etc. que no conducen la electricidad y se usan como aislantes eléctricos. Al colocarse un dieléctrico en un campo eléctrico (el formado por las placas de un condensador) los electrones y protones del dieléctrico se reorientan polarizando el dieléctrico de manera que forma un campo eléctrico proporcional al valor del voltaje aplicado a las placas. El dieléctrico funciona, pues, como aislante entre las placas del condensador y como almacén de energía eléctrica en forma de campo eléctrico.

Normalmente un dieléctrico se vuelve conductor cuando se sobrepasa el campo de ruptura o cuando se alcanza la ruptura dieléctrica definida como la máxima diferencia de potencial que el condensador es capaz de soportar entre sus placas si el dieléctrico se haga conductor, en cuyo momento quedan en contacto directo las placas del condensador provocando un cortocircuito. Las características aislantes de un dieléctrico se conocen como constante dieléctrica. Algunas constantes dieléctricas son: vacío: 1; aire: 1,00059; papel: 3,7; mica: 5,5. O sea un condensador de mica tendrá una capacidad 5,5 veces superior a un condensador de aire.

Consecuentemente, el voltaje de trabajo de un condensador viene definido por su ruptura dieléctrica de modo que el **voltaje aplicable a un condensador sea netamente inferior al voltaje de trabajo definido por el fabricante** para evitar que se **perfore el condensador**. O sea, para un circuito de avión de 28 VDC se debe elegir un condensador de 100 V y para un circuito de 115 V. se elegirá un condensador de 500 V.

9.3. TIPOS DE CONDENSADORES, FABRICACION Y FUNCION.

Los condensadores se pueden clasificar en primer lugar en fijos y variables y atendiendo a su fabricación, sobre todo por el tipo de dieléctrico empleado, en condensadores de papel, de poliéster, cerámicos, de mica y electrolíticos.

9.3.1. Condensador de papel.

Se fabrica formando un rollo o paquete con láminas de aluminio secado e impregnado con aceites sintéticos y capas de papel kraft impregnado colocadas alternativamente, cuyo conjunto se recubre con material antihumedad o con una resina termoplástica.

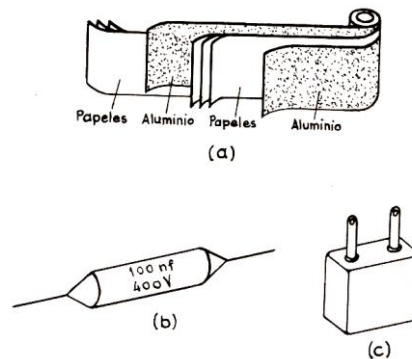


Fig. 3.9.3. Condensadores de papel

El terminal correspondiente a la lámina exterior se debe conectar a chasis por lo que suelen llevar una marca consistente en una línea circular en uno de sus lados. De no llevarla, se conectará a chasis el terminal más largo. Su capacidad es grande, pero varía con la temperatura y si no está bien protegido es sensible a la humedad.

9.3.2. Condensador de poliéster

En este condensador, el papel se ha sustituido por una cinta de poliéster y se recubre con varias capas aislantes que le hace inalterable a la humedad y le permite ser montado en contacto con superficies metálicas.

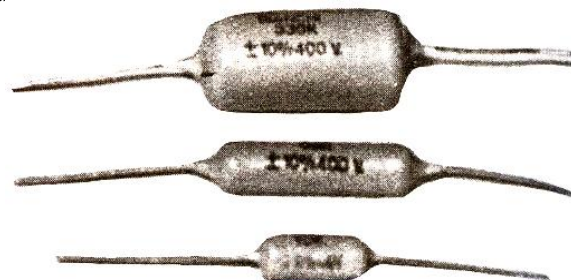


Fig. 3.9.4. Condensadores de poliester

También se pueden fabricar con tiras de poliéster metalizado con aluminio depositado al vacío y protegido por una laca repelente al agua, ininflamable y resistente a los disolventes empleados en la limpieza de tarjetas de circuito impreso.

9.3.3. Condensador cerámico

Se fabrica con dieléctrico de material cerámico (mezcla de óxidos de titanio y de zirconio con silicato magnésico y caolín, feldespato y bentonita debidamente cocidos) en forma de tubos o discos. Tiene unas pérdidas muy reducidas.

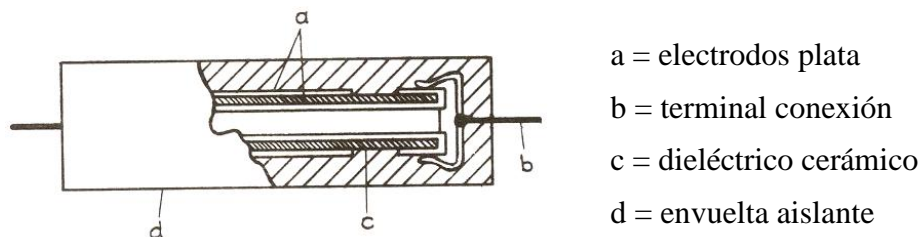


Fig. 3.9.5. Despiece de un condensador cerámico

Otro tipo de condensador cerámico se fabrica como el anterior, pero el dieléctrico es un tubo o disco de titanato de bario con una constante dieléctrica elevadísima, lo que permite que se obtengan muy altas capacidades en muy poco espacio. Sin embargo, su coeficiente de temperatura es elevado e irregular y las pérdidas elevadas, así como la tolerancia de la capacidad.

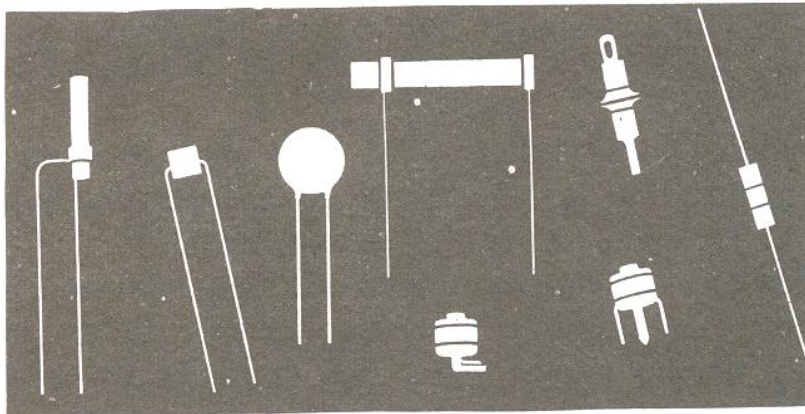


Fig. 3.9.6. Condensadores cerámicos

9.3.4. Condensador de mica

Se fabrica con dieléctrico formado por hojas finas de mica de alta calidad alternadas con hojas de aluminio o bien recubriendo las hojas de mica con una película de plata directamente depositada en ellas. Las hojas metálicas impares se unen a un electrodo y las pares al otro, a los que se sueldan los terminales. El conjunto se envuelve en resinas, esmaltes o cerámicas para su protección. Tienen pocas pérdidas y buenas características de temperatura, frecuencia y envejecimiento, pero su capacidad es pequeña.

9.3.5. Condensadores electrolíticos

Se pueden fabricar en aluminio o en mica.

Los condensadores electrolíticos de aluminio consisten en placas de aluminio grabado sobre las que se depositan electrolíticamente una película de óxido, que es aislante en un sentido y actúa como dieléctrico y en placas del mismo metal especialmente tratado para que no se oxide cuando se pone en contacto con el electrolito (ácido) que impregna un papel poroso. La placa oxidada actúa como placa positiva y la no oxidada como placa negativa. El electrolito asegura una constante regeneración de la capa de óxido. El conjunto se introduce en un bote de aluminio cerrado con un tapón de caucho para evitar que se evapore el electrolito, a la vez que hace de válvula de seguridad que se abre en caso de ebullición del electrolito, evitando el riesgo de explosión.

Los condensadores electrolíticos de aluminio tienen muy elevada capacidad y reducida resistencia serie por lo que los hace ideales para filtros.

Otros condensadores electrolíticos se fabrican sustituyendo el aluminio por el tántalo al que se oxida superficialmente para formar la capa dieléctrica. Con ello se consiguen mejores tolerancias, mayores capacidades y tamaños más pequeños.

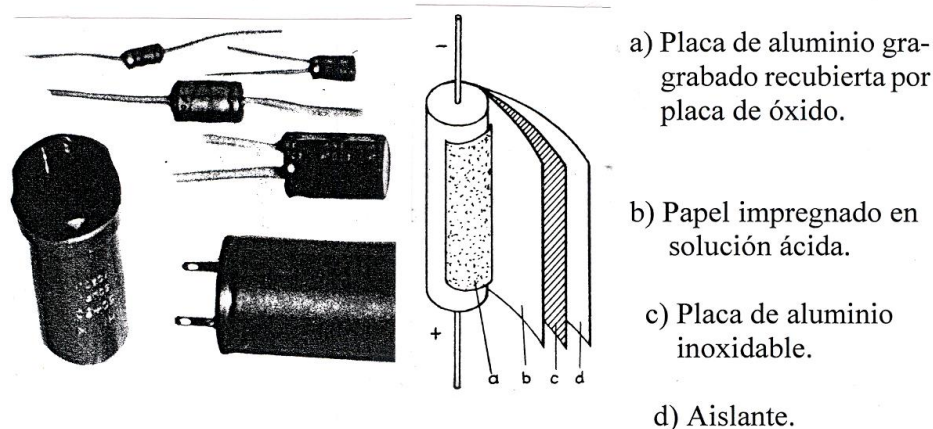


Fig. 3.9.7. Condensador electrolítico. Despiece

Al conectar los condensadores electrolíticos, es imprescindible tener en cuenta la polaridad que suele venir señalada con el signo + o con una hendidura circular en el electrodo positivo.

También se fabrican condensadores electrolíticos para corriente alterna colocando dos de ellos en serie con las polaridades opuestas, pero entonces la capacidad resultante es la mitad que correspondería a uno de ellos polarizado y con tensión continua.

Las tensiones de trabajo de estos condensadores se logran variando el espesor de la capa de óxido.

9.3.6. Condensadores variables

Como la capacidad de un condensador depende de la superficie de sus placas, de la distancia entre ellas y del dieléctrico que las separa, se pueden aprovechar los dos primeros factores para la fabricación de condensadores variables.

Los condensadores variables de sintonía constan de una serie de placas paralelas fijas más o menos semicirculares entre las que se introducen más o menos otra serie de placas móviles solidarias a un eje. Su capacidad varía entre prácticamente cero cuando las placas móviles están fuera y unos 500 pF cuando están completamente introducidas entre las fijas.

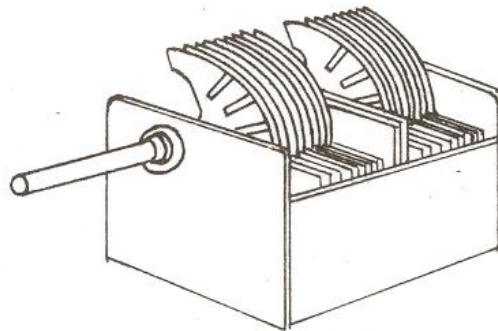


Fig. 3.9.8. Condensador variable de sintonía

9.3.7. Condensadores ajustables

El ajustable al aire consta de una serie de cilindros concéntricos con un eje roscado por el que se introduce otra serie de cilindros también concéntricos que constituyen la otra armadura. Su dieléctrico es de aire por lo que tienen pocas pérdidas pero su ajuste se ha de hacer con una llave aislada.

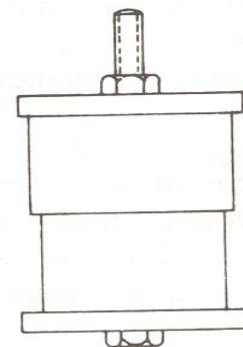
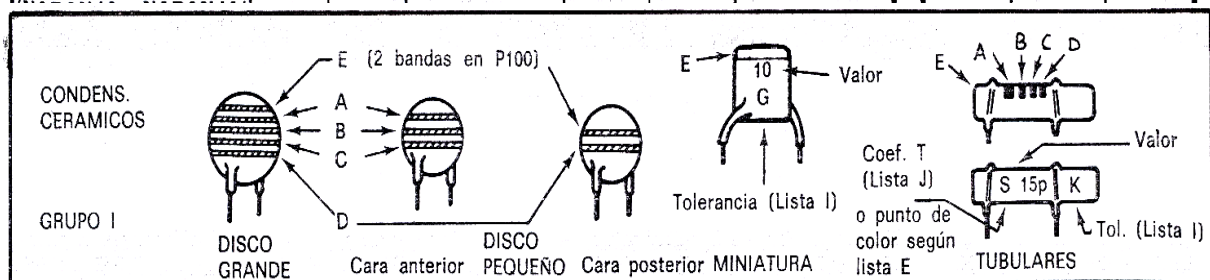


Fig. 3.9.9. Condensador ajustable cerámico

El ajustable cerámico consta de un tubo cerámico (dieléctrico) con una envoltura de latón (armadura fija). Dentro del tubo cerámico se introduce mediante un tornillo una barrita también de latón (armadura móvil). Tiene bastante capacidad en poco tamaño, debido al dieléctrico cerámico y pocas pérdidas.

9.4. CODIGOS DE COLORES PARA CONDENSADORES.

CODIGO DE COLORES PARA CONDENSADORES SEGUN EIA, RS198						CODIGO ESPECIAL			
Color	Valor en pF		C	Tolerancia		E	F	G	H
	1.ª Cifra	2.ª Cifra		(μ F en electrol.) Multiplicador	C > 10p \pm pF				
NEGRO	0	0	—	2	20			630	10
MARRON	1	1	0	0,1	1				
ROJO	2	2	00	—	2		250	160	4
NARANJA	3	3	000	—	3				40
AMARILLO	4	4	0000	—	—		400	63	6,3
VERDE	5	5	00000	0,5	5				16
AZUL	6	6	—	—	—		630	25	
VIOLLETA	7	7	0,001	—	—				
GRIS	8	8	0,01	0,25	—				25
BLANCO	9	9	0,1	1	10				2,5
ROJO + VIOLETA (ORO)	—	—	—	—	—				
AZUL OSCURO	—	—	—	—	—				



CODIGO DE LETRAS				EJEMPLOS DE ANOTACION DE CAPACIDAD:		CONDENS. CERAMICS. GRUPO II				
Lista	I		J		100 pF	4700 pF	DISCO	MINIATURA	TUBULAR	
LETRA	Tolerancia C < 10p \pm pF	C \geq 10p \pm %	LETRA	Coefficiente de temperatura Por °C						
B	0.1		A	100×10^{-6}	100 p	4700 p				
C	0.25		C	0	0,1 n	4,7n				
D	0.5	0.5	H	-33×10^{-6}	n 10	4n7				
F	1	1	L	-75×10^{-6}	0,0001 μ F	0,0047 μ F				
G	2	2	P	-150×10^{-6}	.0001	.0047				
H		2.5	R	-220×10^{-6}	101 (*)	472 (*)				
J		5	S	-330×10^{-6}	(*) En este caso la tercera cifra indica el número de ceros a añadir a las dos primeras. Según este sistema un condensador de 1pF se indicará 010					
K		10	T	-470×10^{-6}						
M		20	U	-750×10^{-6}						
P	-0 +100		W	-1500×10^{-6}						
R	-20 +30									
S	-20 +50									
Z	-20 +80									

POLIESTER METALIZADO		STYROFLEX		TANTALIO	
A	Valor en μ F		Indic. de la armadura exterior y, según el color, la tensión (Ver Código G)	A	Valor en pF
B	Tol. (Lista I)			B	Tol. (Lista I)
C				C	
D				H	
E					
F					

9.5. ASOCIACION DE CONDENSADORES.

Dos o más condensadores se pueden interconectar en serie o en paralelo.

Cuando varios condensadores se unen en serie, cada uno de ellos adquiere la misma carga (por ley de conservación de la carga), por lo que la capacidad equivalente de la combinación será:

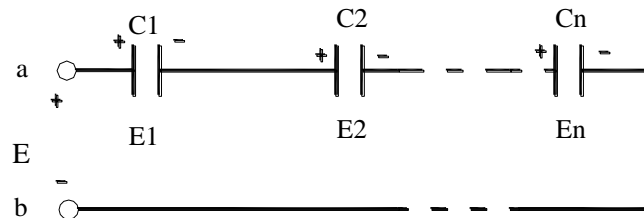


Fig. 3.9.10. Condensadores en serie

$$\frac{1}{C} = \frac{E}{Q} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{Q} = \frac{1}{\frac{Q}{C_1}} + \frac{1}{\frac{Q}{C_2}} + \dots + \frac{1}{\frac{Q}{C_n}}$$

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

De lo que se deduce que la combinación de condensadores en serie se comporta igual que las resistencias en paralelo.

Cuando varios condensadores se unen en paralelo, la tensión aplicada a sus terminales es la misma, por lo que la capacidad equivalente será:

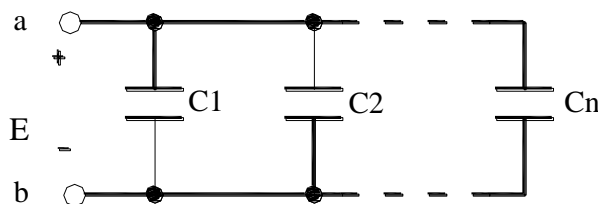


Fig. 3.9.11. Condensadores en paralelo

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{Q_1}{E} + \frac{Q_2}{E} + \dots + \frac{Q_n}{E} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Combinación que se comporta igual que las resistencias en serie.

Ejemplo

Determinar la capacidad total del circuito de la figura visto desde a – b con los terminales “c” y “d” abiertos.

Siendo: C1 = 700 μ F
 C2 = 1 000 μ F
 C3 = 200 μ F
 C4 = 400 μ F
 C5 = 600 μ F

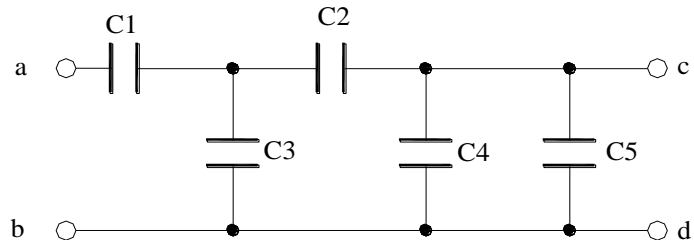


Fig. 3.9.12. Condensadores serie – paralelo. Cálculo de capacidad equivalente

La resultante de C4 y C5 , en paralelo:

$$C_{4,5} = 400 + 600 = 1\,000 \mu\text{F}$$

La resultante de C_{4,5} y C2 en serie:

$$C_{2,4,5} = \frac{1\,000}{2} = 500 \mu\text{F}$$

La resultante de C_{2,4,5} y C3 , en paralelo:

$$C_{3,2,4,5} = 500 + 200 = 700 \mu\text{F}$$

Esta última en serie con C1:

$$C_e = \frac{700}{2} = \underline{350 \mu\text{F (capacidad equivalente)}}$$

Los voltajes se distribuirán en los condensadores aplicando estrictamente la ley de voltajes de kirchoff, en el sentido de que dos condensadores en paralelo soportan la misma ddp entre sus placas y dos condensadores en serie distribuyen el voltaje aplicado entre sus placas inversamente proporcional a la capacidad de cada condensador.

9.6. CARGA Y DESCARGA EXPONENCIAL DE UN CONDENSADOR. CONSTANTES DE TIEMPO.

Si se conecta un condensador a una fuente de corriente continua, como muestra la figura 3.9.14, ocurre lo siguiente:

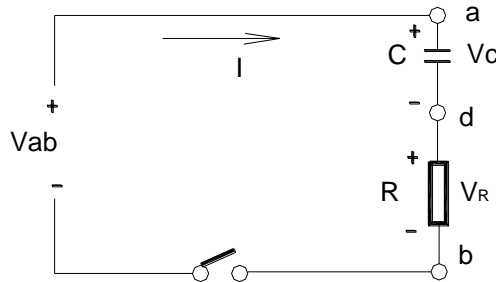


Fig. 3.9.14. Carga exponencial de un condensador

En todo momento se tiene que cumplir:

$$V_{ab} = V_C + V_R \quad \text{según la 1ª Ley de Kirchoff.}$$

o sea, que en todo momento la tensión aplicada es igual a la suma de la tensión en el condensador y de la tensión en la resistencia. En el instante de cerrar el interruptor, la carga adquirida por el condensador es nula y, por tanto, es cero el voltaje entre sus placas, y la intensidad que circula por el circuito es máxima e igual a la tensión aplicada dividida por la resistencia. Matemáticamente:

$$V_{ab} = V_C + V_R \quad \text{ó} \quad V_R = V_{ab} - V_C \quad \text{y} \quad V_R = R I$$

$$\text{O sea} \quad R I = V_{ab} - V_C \quad I = \frac{V_{ab} - V_C}{R}$$

$$\text{En el instante cero,} \quad V_C = 0 \quad \text{luego} \quad I = \frac{V_{ab}}{R}$$

O intensidad que circula por el circuito es de valor máximo.

Conforme transcurre el tiempo, el condensador va cargando, y aumentando el voltaje entre sus placas, y exactamente en la misma proporción va disminuyendo el voltaje entre extremos de la resistencia y la intensidad que circula por el circuito, según las formulas anteriores, de modo que cuando el condensador ha cargado totalmente, la intensidad se hace cero.

$$\text{O sea, como} \quad I = \frac{V_{ab} - V_C}{R} \quad \text{y como} \quad V_{ab} = V_C \quad \text{o como} \quad V_R = 0 \quad \text{será} \quad I = 0$$

Cuanto mayor es el condensador más tiempo tarda en cargarse y cuanto mayor es la resistencia circula menor corriente, por tanto, el condensador tarda más tiempo en cargarse. Al producto RC se le define con el nombre de **constante de tiempo**. Y comoquiera que el tiempo que se está aplicando tensión al condensador va a determinar el estado de carga del condensador y, por tanto, tensiones y corriente del circuito, se define el **número de constantes de tiempo** como el cociente entre el tiempo que se tiene aplicada tensión al circuito y la constante de tiempo. Así, se tiene:

Constante de tiempo (segundos) = R (ohmios) \times C (faradios)

Número de constantes de tiempo = $\frac{t}{RC}$

Se puede demostrar matemáticamente que:

Voltaje en Resistencia durante la carga: $V_R = V_{ab} \times e^{-t/RC}$

$$V_C = V_{ab} - V_R = V_{ab} - V_{ab} \times e^{-t/RC} \quad \text{luego}$$

Voltaje en condensador durante la carga: $V_C = V_{ab} (1 - e^{-t/RC})$

Intensidad en circuito durante la carga: $I = \frac{V_{ab}}{R} \times e^{-t/RC}$

Corresponde ahora estudiar cual es el proceso de carga del condensador. Para ello, dando valores al tiempo transcurrido en relación con la constante de tiempo, se obtienen los resultados siguientes:

Para $\frac{t}{RC} = 1$ $V_R = V_{ab} \times e^{-1} = 0,37 V_{ab}$
 $V_C = V_{ab} (1 - e^{-1}) = 0,63 V_{ab}$

Para $\frac{t}{RC} = 2$ $V_R = V_{ab} \times e^{-2} = 0,14 V_{ab}$
 $V_C = V_{ab} (1 - e^{-2}) = 0,86 V_{ab}$

Para $\frac{t}{RC} = 3$ $V_R = V_{ab} \times e^{-3} = 0,05 V_{ab}$
 $V_C = V_{ab} (1 - e^{-3}) = 0,95 V_{ab}$

Para $\frac{t}{RC} = 4$ $V_R = V_{ab} \times e^{-4} = 0,02 V_{ab}$
 $V_C = V_{ab} (1 - e^{-4}) = 0,98 V_{ab}$

$$\text{Para } \frac{t}{RC} = 5 \quad V_R = V_{ab} \times e^{-5} = 0,0067 V_{ab}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-5}) = 0,9933 V_{ab}$$

$$\text{Para } \frac{t}{RC} = 6 \quad V_R = V_{ab} \times e^{-6} = 0,0025 V_{ab}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-6}) = 0,9975 V_{ab}$$

$$\text{Para } \frac{t}{RC} = 7 \quad V_R = V_{ab} \times e^{-7} = 0,0009 V_{ab}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-7}) = 0,9991 V_{ab}$$

$$\text{Para } \frac{t}{RC} = 10 \quad V_R = V_{ab} \times e^{-10} = 0,00005 V_{ab}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-10}) = 0,99995 V_{ab}$$

Nótese que el cociente entre el tiempo transcurrido desde que se aplica tensión al condensador y el producto RC es el determinante del estado de carga del condensador y, por tanto, de la tensión en la resistencia y de la corriente que circula por el circuito. Nótese igualmente que

para $\frac{t}{RC} = 5$ el condensador se puede considerar cargado

Los valores obtenidos anteriormente demuestran que:

a) Si el tiempo que se mantiene aplicada la tensión al circuito, es menor que el producto RC, o sea si el número de constantes de tiempo es muy inferior a 5, el condensador apenas se carga.

b) Si el tiempo que se mantiene aplicada la tensión al circuito es entre 1 y 5 veces mayor que el producto RC, o sea si el número de constantes de tiempo es de 1 a 5, el condensador cargará desde el 63% de la tensión aplicada hasta casi el 100%. De hecho, a partir de las 5 constantes de tiempo se considera al condensador cargado.

c) Si el tiempo que se mantiene aplicada la tensión al circuito es más de 5 veces mayor que el producto RC, o sea si el número de constantes de tiempo es superior a 5, el condensador se carga a la tensión aplicada y se mantiene cargado el tiempo sobrante.

Estos datos serán de gran relevancia cuando se estudien constantes de tiempo largas y cortas.

Representando en una curva los valores de tensión en el condensador y de tensión en la resistencia en función del tanto por ciento de la tensión aplicada, se obtiene la curva de la figura 3.9.15.

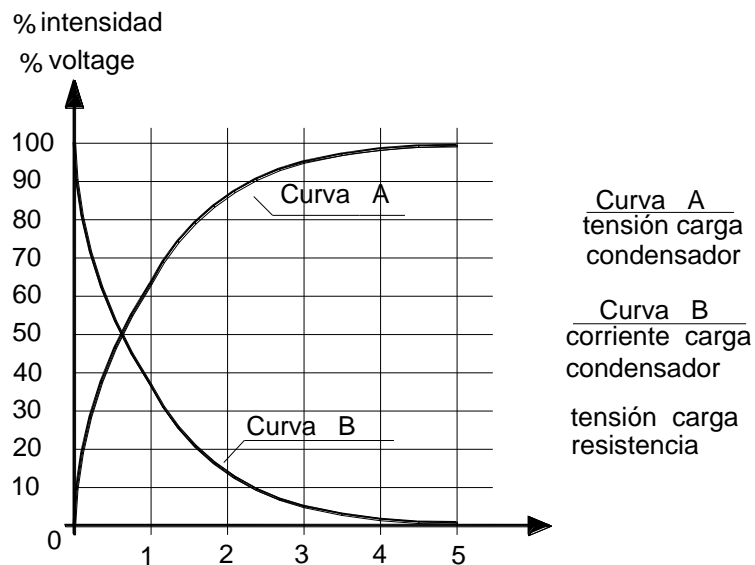


Fig. 3.9.15 Curva C.T. - % de voltaje en C y en R.

No se ha expuesto, pero es intuitivo que la intensidad que recorre el circuito ha de seguir el régimen que siga la ddp entre extremos de la resistencia, puesto que siempre será:

$$I = \frac{V_R}{R}$$

La tabla siguiente muestra las tensiones en resistencia y condensador e intensidad en el circuito en función del n° de constantes de tiempo.

N° Constantes de tiempo	Tensión en C (% de Vab)	Tensión en R (% de Vab)	Intensidad (% de I)
1	63,2	36,8	36,8
2	86,5	13,5	13,5
3	95,0	5,0	5,0
4	98,2	1,8	1,8
5	99,3	0,7	0,7

Mientras el condensador esté conectado a una fuente mantendrá entre sus placas el valor del voltaje de la fuente al que se ha cargado. Si se permite que el condensador se desconecte de la fuente y se conecte a una resistencia sobre la que se pueda descargar, como se muestra en la figura 3.9.16, ocurre:

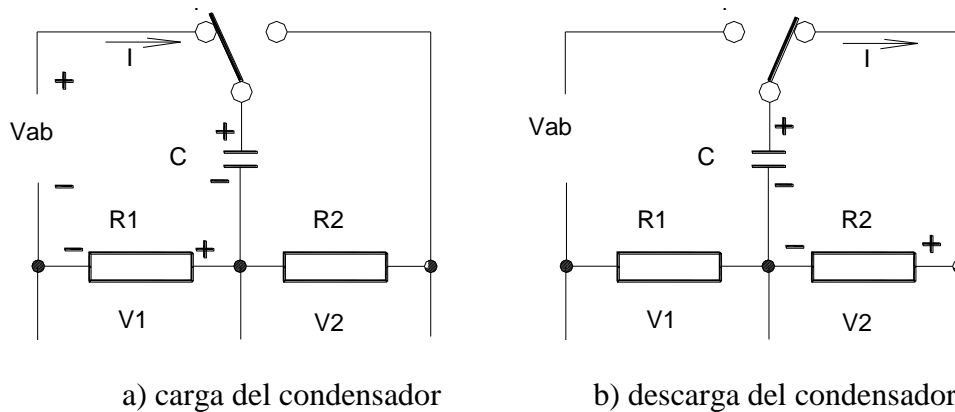


Fig. 3.9.16. Carga y descarga de un condensador

- Cuando el conmutador está puesto en la posición 1, el condensador se carga, a través de R1, al valor de la fuente. V2 es cero en todo momento y V1 decrece desde Vab hasta cero voltios o desde el instante cero en que el condensador inicia la carga hasta que han transcurrido 5 constantes de tiempo y se considera el condensador cargado a Vab, con la polaridad marcada en a) de la figura 3.9.16. La intensidad del circuito, I, decrece desde un valor máximo hasta casi cero con el mismo régimen que decrece V1. Las curvas de tensiones y corriente son las mostradas en la figura 3.9.15.

- Cuando se pasa el conmutador a la posición 2, el condensador queda desconectado de la fuente y se conecta a R2 facilitando un camino para que el condensador pueda descargarse. El condensador se descarga a través de R2. Se puede demostrar matemáticamente que el condensador descarga a un régimen de:

Descarga del condensador: $V_C = V_0 \times e^{-t/RC} = V_R$

Siendo V_0 el valor de la tensión a que ha cargado el condensador mientras el conmutador estaba puesto en la posición 1. Lógicamente, la tensión en la resistencia es igual a la del condensador.

La curva, pues, que define las constantes del circuito durante el proceso de descarga del condensador se muestra en la figura 3.9.17.

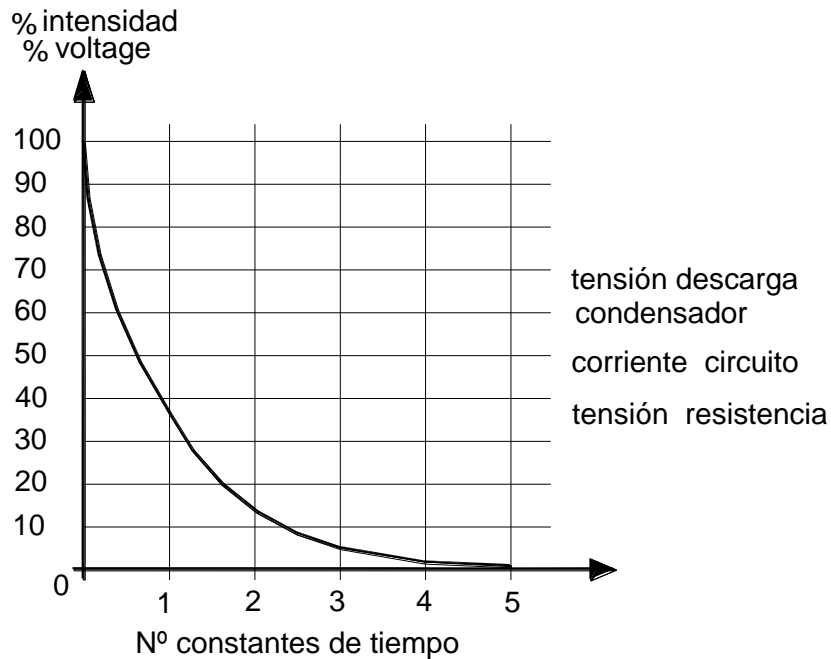


Fig. 3.9.17. Tensiones y corriente en la descarga del condensador.

Los valores de las constantes de los circuitos durante la carga y descarga de un condensador se resumen en las siguientes fórmulas:

CARGA DEL CONDENSADOR

$$V_R = V_{ab} \times e^{-t/RC}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-t/RC})$$

$$I = \frac{V_R}{R} \text{ en cada instante de la carga del condensador}$$

DESCARGA DEL CONDENSADOR

$$I = \frac{V}{R} \times e^{-t/RC}$$

$$V_R = V_C = V_0 \times e^{-t/RC}$$

Se llega a la conclusión de que un condensador tarda en cargarse y en descargarse un tiempo que depende del valor de la capacidad del condensador y de la resistencia del circuito, lo que significa que **un condensador se opone a las variaciones de tensión entre sus bornes.**

Ejemplo. Al circuito formado por un condensador de $2 \mu\text{F}$ y una resistencia de 50 ohm en serie se le aplica una tensión de 50 VDC , como se ve en la figura 9.14. Hallar: la intensidad del circuito y la d.d.p. entre bornes del condensador y de la resistencia a los $200 \mu\text{seg}$ de cerrar el interruptor.

$$ct = RC = 50 \times 2 = 100 \mu\text{seg.} \quad N^{\circ} ct = 200 / 100 = 2$$

$$I = V_{ab} / R \times e^{-t/RC} = 50 / 50 \times e^{-200/100} = 1 / \ln 2 = 0,135 \text{ A}$$

$$V_C = V_{ab} (1 - e^{-t/RC}) = 50 (1 - e^{-200/100}) = 50 (1 - e^{-2}) = 43,25 \text{ VDC.}$$

$$V_R = V_{ab} - V_C = 50 - 43,25 = 6,75 \text{ VDC.}$$

Si en ese instante ($200 \mu\text{seg}$) se abre el interruptor, el condensador queda cargado a $43,25 \text{ VDC}$, la tensión en la resistencia cae a cero y la corriente del circuito se hace cero.

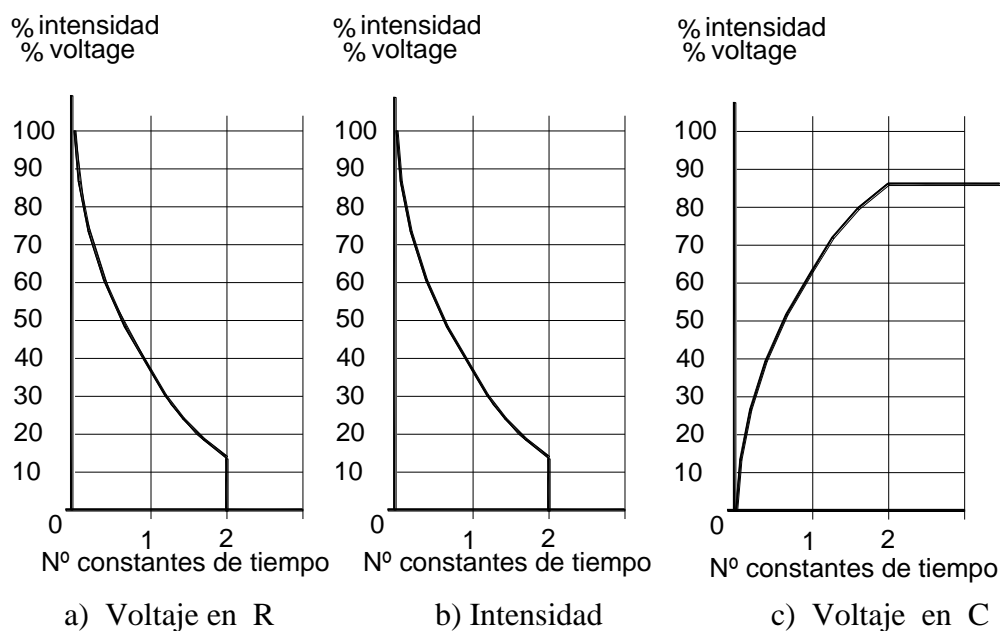


Fig. 3.9.18. Parámetros del circuito del ejemplo.

9.7. EFECTOS Y USOS DE LOS CONDENSADORES EN LOS CIRCUITOS ELECTRICOS.

Si se conecta un condensador en serie en un circuito de DC, no circula corriente por ese circuito, ya que habrá un flujo de electrones momentáneo hasta que el condensador adquiera una carga igual a la de la fuente. Si se suprime la tensión en ese circuito, el condensador quedará cargado hasta que se le proporcione un camino de descarga. Este efecto se puede usar para impedir que la DC pase por un punto determinado de un circuito.

Cuando un condensador se conecta en paralelo en un circuito de DC, el condensador se opondrá a todo cambio en la tensión del circuito. Una vez se haya cargado, el condensador

seguirá las variaciones de la fuente, incrementando su carga si aumenta la tensión de la fuente y viceversa, cuando el valor de la fuente disminuya, el condensador se descargará en el circuito manteniendo el valor de la tensión aplicada. Esto se utiliza para minimizar las pulsaciones en las tensiones continuas. Cuando un condensador de capacidad alta se conecta en paralelo con un generador, se suprimen en gran medida las pulsaciones de tensión.

Otra de las características de un condensador es la de reducir el arco que se forma cuando se abre o cierra un interruptor. En este proceso, como consecuencia del campo eléctrico existente entre los contactos del interruptor, cuando estos están muy próximos, salta un arco eléctrico entre ellos que los va dañando hasta quemarlos, produciendo una elevada resistencia entre ellos. Cuando se conecta un condensador entre los contactos de un interruptor, el condensador absorbe el arco cargándose y descargándose cuando se vuelve a abrir el circuito.

Otra de las aplicaciones de los condensadores es la de producir un retardo en la alimentación de un receptor. Véase el circuito de la figura 3.9.19 en el que $V_{ab} = 24 \text{ VDC}$ y el receptor se pone en marcha con 20 VDC. Se desea que el receptor se conecte a los 4 seg. de cerrar el interruptor.

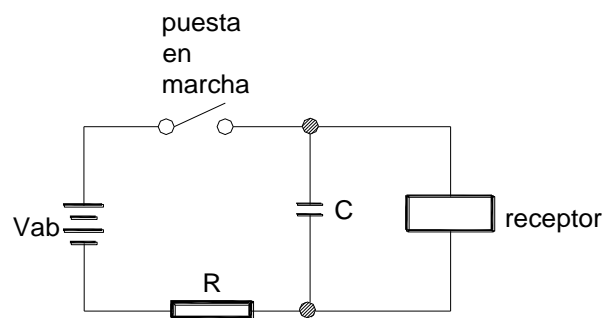


Fig. 3.9.19. Circuito retardador a condensador.

Conectando un condensador de $1 \mu\text{F}$ y una resistencia de $2 \text{ M}\Omega$, se tiene:

$$C.T. = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^6 = 2 \text{ seg.}$$


- A los 4 segundos han transcurrido 2 C.T. o sea

$$V_R = V_{ab} \cdot 13\% = 24 \cdot 0,13 = 3,1 \text{ VDC}$$

$$V_C = V_{ab} - 3,1 = 20,9 \text{ VDC}$$

Aproximadamente, transcurridos 4 seg. del cierre del interruptor el condensador ha cargado a 20 VDC y el receptor ya tiene la tensión de alimentación necesaria para activarse. El condensador se estará descargando a través del receptor y, simultáneamente, se estará cargando a través de la fuente.

En el **Anexo 1** se pueden ver otros ejemplos.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

9.8. PRUEBA DE CONDENSADORES.

Un modo sencillo y habitual de probar un condensador consiste en, utilizando un óhmetro, tocar con las puntas de prueba del medidor las patillas del condensador. La aguja del medidor marcará un paso de corriente deflexionando a, aproximadamente, el centro de la escala y, seguidamente, caerá marcando resistencia infinita, o corriente cero, significativo de que el condensador ha cargado a la tensión de la pila del medidor en un instante, pasando la corriente de carga de un valor determinado a valor cero. Este método indica el estado de útil o inútil del condensador, pero no proporciona información sobre el valor de su capacidad.

Nótese que cuando se prueba un condensador con este método el condensador queda cargado. El voltaje de prueba es el de la batería del óhmmetro (de 1 a 3 VDC), no representativo a efectos de descarga eléctrica sobre personas, pero se ha de saber por si se emplearan voltajes muy superiores.

Otro método consiste en disponer de un medidor constituido por una fuente de corriente alterna de frecuencia y voltaje conocidos, con una reactancia de valor también conocido. Al aplicar las puntas de prueba del medidor al condensador desconocido, circulará una corriente que se traduce en una capacidad dado que se conoce la frecuencia de la fuente.

En todo caso, un condensador no puede ser medido por ninguno de esos dos métodos si está integrado en un circuito. Es necesario desoldar una de las patillas del condensador para efectuar estas medidas. Asimismo, se ha de verificar que el condensador está descargado. La descarga de un condensador pequeño se puede efectuar cortocircuitando sus extremos, por ejemplo, con las puntas de los alicates. Un condensador de gran capacidad que haya podido almacenar gran carga (como los condensadores industriales de gran tamaño) se debe descargar conectando sus extremos a tierra simultáneamente. Antes de trabajar un condensador industrial de gran tamaño se debe descargar mediante una pértiga de tierra, tocando con la pértiga alternativamente cada punta del condensador.