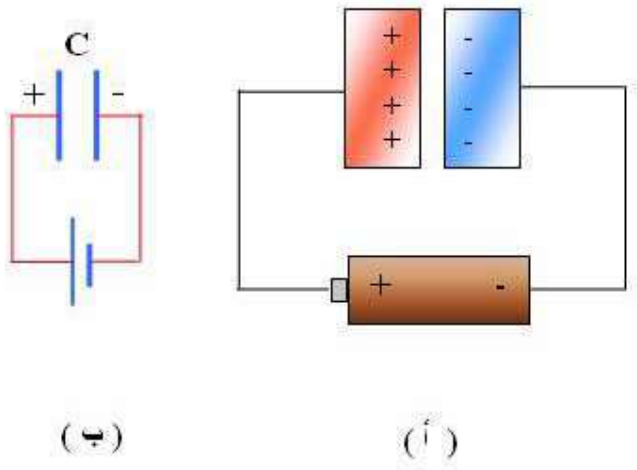
المكثف الكهربائي :

يعد المكثف من العناصر الأساسية في تركيب غالبية الدارات الإلكترونية والكهربائية مثل دارات الإرسال والاستقبال في المذياع (الراديو) والتلفاز، وهو عبارة عن جهاز يعمل على تخزين الطاقة والشحنة ويوجد على أشكال متعددة إلا أنه في أبسط صورة يتكون من لوحين معدنيين متوازيين تفصلها مادة عازلة كالهواء أو الورق أو الزجاج ..... إلخ ويعرف هذا المكثف باسم المكثف ذو اللوحين المتوازيين

شحن المكثف :

يتم شحن المكثف بوصل لوحيه بقطبي بطارية كما في الشكل (9 - 5) فاللوح الموصل مع القطب السالب يشحن بشحنة سالبة ـ ونتيجة لذلك تكون شحنة اللوح الآخر موجبة لأن إلكتروناته تتنافر مع إلكترونات اللوح السالب وتنجذب إلى القطب الموجب للبطارية .

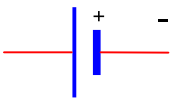


(ب) (أ)

الشكل (9 - 5)

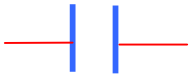
ملحوظة :

الرمز المستخدم للبطارية في الدوائر الكهربائية هو :



وغالباً لا توضع علامة الموجب والسالب على الرمز بحيث أن الخط الأطول يمثل الطرف الموجب .

2 ـ الرمز المستخدم للدلالة على المكثف هو :



سعة المكثف :

مثل أي موصل آخر فإن سعة المكثف تعطى حسب العلاقة (5 -13) وهي :

$$C = \frac{q}{V}$$

توصيل المكثفات :

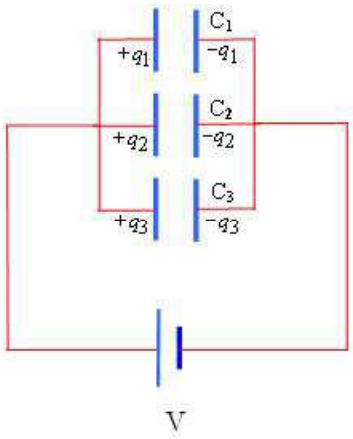
من الناحية العملية نلجأ إلى توصيل مكثفين أو أكثر بهدف الحصول على السعة المطلوبة وهناك طريقتين لتوصيل المكثفات :

1 ـ توصيل المكثفات على التوازي .

2 ـ توصيل المكثفات على التوالي (التسلسل)

أولا توصيل المكثفات على التوازي :

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (10 - 5) :



الشكل (10 - 5)

خصائص هذا الربط :

1 ـ الشحنة المكافئة q تساوي مجموع شحنة كل مكثف أي أن :

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

2ـ فرق الجهد بين طرفي أي مكثف يساوي فرق الجهد بين طرفي أي مكثف آخر ويتساوى جهد المصدر V أي أن :

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

السعة المكافئة C_{eq} تكون أكبر من أي سعة مكثف متصل على التوازي أي أن :

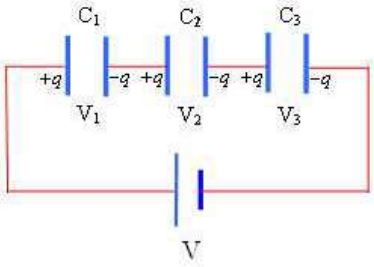
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

ولعدد n من المكثفات المتصلة على التوازي فإن :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + ...C_n \qquad (5\text{-}14)$$

ثانيا توصيل المكثفات على التوالي (التسلسل) :

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (11-5):



الشكل (11-5)

خصائص هذا الربط :

1. الشحنة على أي مكثف تساوي الشحنة على أي مكثف آخر وتساوي الشحنة المكافئة q أي أن :

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

2. فرق الجهد بين طرفي المكثفات على التوالي يساوي مجموع فرق الجهد لكل مكثف على حدة أي أن:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

3 ـ السعة المكافئة C_{eq} تكون أصغر من سعة مكثف متصل على التوالي أي أن :

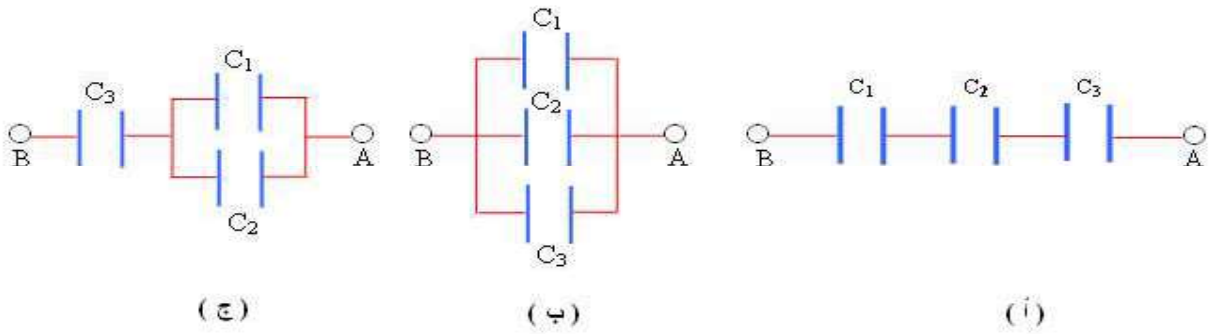
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ولعددn من المكثفات المتصلة على التوالي فإن :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{1}{C_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-15)$$

مثال : (10 - 5)

إذا كانت $C_1 = 3\mu F$ ، $C_2 = 6\mu F$ ، $C_3 = 4\mu F$ احسب السعة المكافئة بين B و A كما الشكل (12-5) في الحالات التالية :



الشكل (12-5)

الحل :

الحالة (أ) المكثفات متصلة على التوالي إذاً

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C3}$$

$$= \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_e} = \frac{4+2+3}{12} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

$$C = \frac{4}{3} = 1.33\,\mu F$$

الحالة (B)

المكثفات متصلة على التوازي إذاً

$$C_{e9} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_4 = 3 + 6 + 4 = 13\,\mu F$$

الحالة (C)

نحسب أولا السعة المكافئة لC_1 و C_2 ،ولتكن C_4 متصلتان على التوازي إذاً :

$$C_4 = C_1 + C_2$$

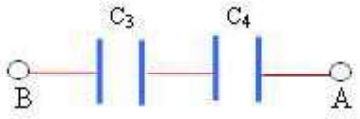
$$C_4 = 3 + 6 = 9\,\mu F$$

ومن الشكل (13-5) أصبح C_4 ، C_3 متصلتين على التوالي إذاً السعة المكافئة لهما كما يلي :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{9} = \frac{9+4}{36} = \frac{15}{36}$$

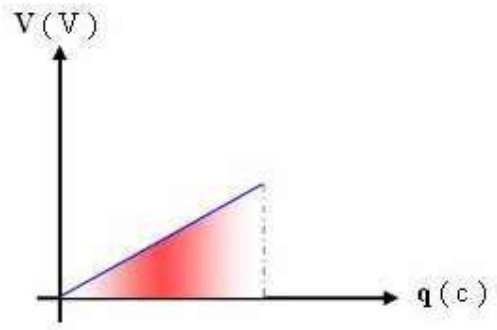
$$C_{eq} = \frac{36}{13} = 2.76\,\mu F$$



الشكل (13-5)

الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف :

عند شحن مكثف كهربائي فإن الجهد الكهربائي بين لوحين يزداد تدريجيا بزيادة كمية الشحنة التي يكتسبها وبتمثيل العلاقة البيانية بين فرق الجهد وبين الشحنة نحصل على خط مستقيم كما في الشكل (5-14):



الشكل (5-14)

ومن المعلوم أن شحن مكثف يحتاج إلى بذل شغل وهذا الشغل يساوي عددياً المساحة المحصورة تحت المنحنى أي مساحة المثلث الذي يساوي $\frac{1}{2} q\,V$ أي أن :

$$W = \frac{1}{2} qV$$

وهذا الشغل يخزن على شكل طاقة كهربائية في المكثف بحيث $\cup = W$

ومن العلاقتين السابقتين فإن الطاقة الكهربائية في المكثف تكون على النحو الآتي :

$$\boxed{\cup = \frac{1}{2} qV} \quad \text{.....} \quad (5\text{-}16)$$

وهنالك صورتان أخريان للعلاقة (5-16) وذلك بالتعويض عن q فنحصل على :

$$\boxed{\cup = \frac{1}{2} = CV^2} \quad \text{.....} \quad (5\text{-}17)$$

ومرة أخرى عن V بـ : $V = \frac{q}{2}$:

$$\boxed{\cup = \frac{q^2}{2C}} \quad \text{.....} \quad (5\text{-}18)$$

مثال (5-11)

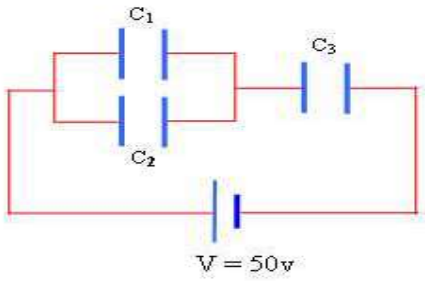
في الشكل المبين (5-15) ثلاث مكثفات حيث : $C_1 = 2\mu F$ ، $C_2 = 4\mu F$ ، $C_3 = 6\mu F$

احسب ما يلي :

1 ـ السعة المكافئة

2 ـ شحنة كل مكثف

3 ـ الطاقة المختزنة في المكثف C_2



الشكل(5-15)

الحل :

1- C_1 و C_2 متصلتان على التوازي :

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

$$= 2 + 4 = 6\mu F$$

وتصبح C_{12} موصلة على التوالي مع C_3 وبالتالي فإن C_{eq} تكون كالتالي :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$

$$\Rightarrow C_{eq} = \frac{6}{2} = 3\mu F$$

$q_3 = ?\quad q_2 = ?\quad , \quad q_1 = ?$ -2

في حالة C_{12} و C_3 المتصلتان على التوالي فإن :

$$q = q_3 = q_{12}$$

$$q = C_{eq} V$$

ولحساب q_1 , q_2 نحسب أولاً V_{12}

$$V_{12} = \frac{q_{12}}{C_{12}}$$

$$= 6 \frac{1.5 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-6}} = 25\ V$$

$$\therefore V_{12} = V_1 = V_2$$

لأنهما متصلتان على التوازي

$$\therefore q_1 = C_1 V_1$$

$$= 2 \times 10^{-6} \times 25 = 5 \times 10^{-5} C$$

$$q_2 = C_2 V_2$$

$$= 4 \times 10^{-6} \times 25 = 1 \times 10^{-4} C$$

3) $\cup_{C_2} = ?$

$$\cup = \frac{1}{2} q_2 V_2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-4} \times 25 = 1.25 \times 10^{-3} J$$