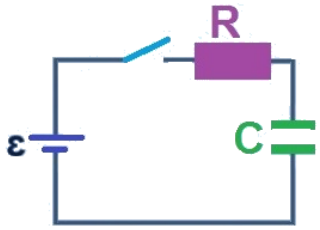
وحدة 45 – الدائرة RC على التوالي, توصيل المكثفات المشحونة والحالة المستقرة.

عملية الشحن بالدائرة RC على التوالي– الدائرة المركبة من مكثف ومقاوم موصولان على التوالي بمصدر جهد.

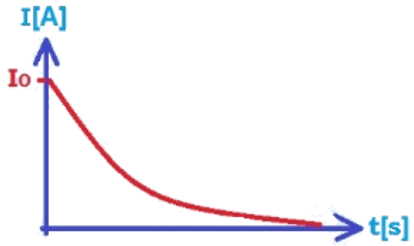


من اللحظة التي يتم فيها إغلاق القاطع بالدائرة، يتم شحن لوحات المكثف بنفس المقدار لكن بإشارة عكسية، حتى يصبح توتر المكثف مساويًا للقوة الكهربائية الدافعة للبطارية.

شدة التيار البدائية - في لحظة إغلاق القاطع الكهربائي المكثف لم يكن مشحونًا لذا التوتر الموجود عليه يساوي صفر، والتوتر الموجود على المقاوم يساوي القوة الكهربائية الدافعة للبطارية، لذا في اللحظة التي يتم فيها إغلاق قاطع الدائرة المكثف يُشكل تماسًا كهربائيًا.

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$$

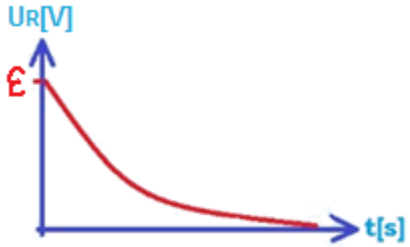
شدة التيار أثناء عملية الشحن - تنخفض شدة التيار بشكل كبير أثناء الشحن حتى يتوقف التيار، بعد فترة طويلة من إغلاق قاطع الدائرة المكثف.



أثناء عملية الشحن شدة التيار تتناقص بصورة أسية، حتى يتوقف التيار ، بعد فترة طويلة من إغلاق القاطع المكثف يُشكل قاطعة كهربائية.

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

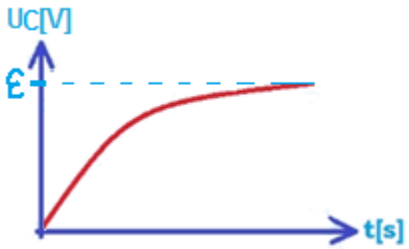
التوتر على المقاوم أثناء الشحن – حسب قانون أوم، التعبير للتوتر على المقاوم يساوي حاصل ضرب التيار في مقاومة المقاوم:



$$U_R(t) = \varepsilon \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

التوتر على المكثف خلال عملية الشحن - في دائرة RC على التوالي، يكون مجموع التوترات على المكثف والمقاوم مساويًا لتوتر المصدر.

لذلك فإن التوتر على المكثف في أي لحظة يكون مساويًا لحاصل طرح توتر المقاوم من القوة الكهربائية الدافعة لمصدر الجهد.

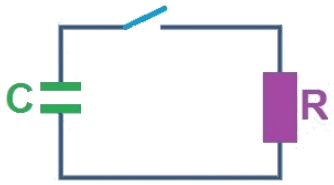


$$U_C(t) = \varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

ثابت الزمن - τ (تاو) في عملية الشحن- رياضياً، من التعبيرات الثلاثة للتوترات والتيار كدالة للزمن، بعد فترة زمنية تساوي 5 أضعاف المقاومة مضروبة في سعة المكثف أي في اللحظة $t = 5RC$ ، يصل المكثف إلى 99.4 بالمائة من قيمة شحنته النهائية، يمكن اعتبار أنّ المكثف قد شُحن بشكل تام. وتصل شدة التيار إلى 0.6 بالمائة من قيمته البدائية، عندها يعتبر المكثف كقاطعة كهربائية.

الزمن $t = RC$ مهم ، هذا الزمن يُدعى ثابت الزمن.

عملية التفريغ بالدائرة RC على التوالي – عند توصيل موصل بين أطراف المكثف المشحون ، تتحرك الإلكترونات بين أطراف المكثف، عبر المقاوم. تتم عملية تفريغ للمكثف.

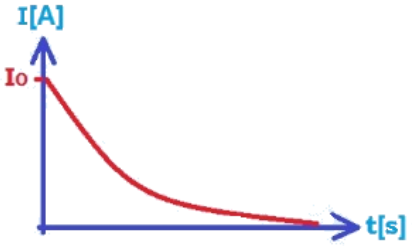


من اللحظة التي يغلق فيها قاطع الدائرة، تقل كمية الشحنة على كل لوحة، وينخفض التوتر بين أطراف المقاوم.

شدة التيار البدائية - بمجرد إغلاق قاطع الدائرة، يكون التوتر الموجود على المقاوم مساويًا لتوتر المكثف البدائي، ومن الممكن التعبير عن شدة التيار البدائية، باستخدام قانون أوم على المقاوم، وفقًا للتوتر البدائي في المكثف U_0:

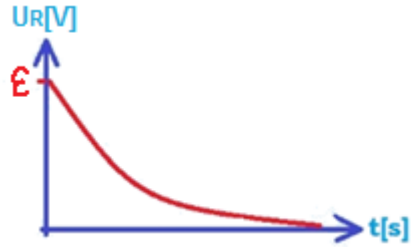
$$I_0 = \frac{U_0}{R}$$

شدة التيار أثناء عملية التفريغ - خلال فترة التفريغ، تنخفض شدة التيار بشكل أُسي كما هو الحال في مرحلة الشحن.



$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

التوتر على المقاوم أثناء عملية التفريغ – حسب قانون أوم، التعبير عن التوتر على المقاوم يساوي التعبير الذي تم الحصول عليه من حاصل ضرب شدة التيار في مقاومة المقاوم:



$$U_R(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

الجهد على المكثف أثناء عملية التفريغ - يتم توصيل المكثف على التوازي مع المقاوم، والتوتر على المكثف يساوي التوتر على المقاوم في أي لحظة

$$U_C(t) = U_R(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

ثابت الزمن - τ (تاو) في عملية التفريغ- لأن تعبير تيار التفريغ كدالة للزمن مشابه لتعبير تيار الشحن كدالة للزمن، حتى في عملية التفريغ بعد زمن يساوي 5RC , يقل توتر المكثف إلى 99.4 بالمائة من قيمة شحنته البدائية، يمكن اعتبار أنّ المكثف قد فُرّغ بشكل تام. عندها تصل شدة التيار إلى 0.6 بالمائة من قيمته البدائية،

الطاقة الكهربائية بمكثف مشحون- كل مكثف مشحون لديه القدرة على تنفيذ شغل عند نقل الشحنة Q المخزنة فيه بين فارق الجهد بين أطرافه. لأن فارق الجهد محصور بين قيمة بدائية V_{AB} وبين فارق جهد نهائي مقداره صفر. التوتر الذي يمثل توتر المكثف أثناء زمن التفريغ هو نصف القيمة البدائية، والتعبير عن الطاقة المخزونة في المكثف هو:

$$U = \frac{Q \cdot V_{AB}}{2}$$

حسب تعريف السعة، يمكن التعبير عن طاقة المكثف بطرق مختلفة:

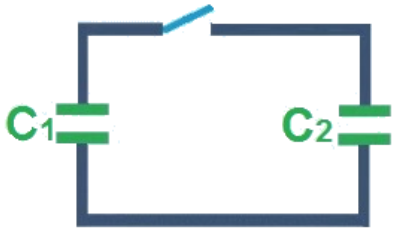
$$U = \frac{Q \cdot V_{AB}}{2} = \frac{C \cdot V_{AB}^{\,2}}{2} = \frac{Q^2}{2 \cdot C}$$

فقدان الطاقة في عملية الشحن - أثناء شحن المكثف لا يتغير توتر المصدر، فهو يساوي توتر المكثف V_{AB} في نهاية الشحن. عمل المكثف هو $Q \cdot V_{AB}$ ، وهي ضعف طاقة المكثف، لذلك في عملية الشحن، يتم تحويل 50 بالمائة من الطاقة المستثمرة في شحن المكثف إلى حرارة.

الطاقة المخزونة بالموصل- كل موصل مشحون لديه القدرة على نقل الشحنات الزائدة من الموصل إلى اللانهاية، لذلك فإن الموصل المشحون لديه طاقة. وتعتمد هذه الطاقة بنسب مباشرة على مقدار شحنة الجسم وبجهد الجسم المشحون حسب:

$$U = \frac{Q \cdot V}{2}$$

توصيل مكثفات مشحونة- عندما يتم توصيل مكثفين مشحونين بواسطة موصلات من طرفيهما، ستنتقل الشحنات بين ألواح المكثف.



في الدائرة الموصوفة في الشكل، ستتحرك الشحنات في الألواح العلوية، حتى يتساوى الجهد على الألواح العلوية.

ستتحرك الشحنات أيضًا بين اللوحات السفلية حتى يتساوى الجهد في الألواح السفلية. عندها يتحقق:

1. التوتر على المكثفين بعد زمن كبير من إغلاق قاطع الدائرة سيكون متساوٍ.
2. مجموع كمية الشحنة في كلا المكثفين لا تتغير، من قانون حفظ الشحنة.

اذا عُلمت سعة كل من المكثفين والشحنة البدائية لكل منهما، باستخدام حل معادلتين بمجهولين، يمكن حساب الشحنة النهائية لكل من المكثفين، على غرار توصيل الموصلات المشحونة.

بالوضع المستقر- أثناء مرحلة شحن المكثف، تأخذ شدة التيار بالانخفاض، ويتغير التوتر على المكثف، وبالتالي يتغير أيضًا التوتر على المركبات الأخرى للدائرة. بعد شحن المكثف سوف يُشكل قاطعة كهربائية، ولا يتغير التيار، ولا يتغير التوتر على المكثفات والمقاومات، لذلك من الشائع تسمية الحالة التي تكون فيها الدائرة بعد شحن المكثف "الحالة المستقرة".

في الحالة المستقرة، يتم شحن المكثف (أو المكثفات)، ويشكل قاطعة كهربائية، إذا لم تكن الدائرة هي دائرة RC على التوالي بسيطة، وكان هناك مسار مغلق بين أطراف مصدر الجهد، فإن التيار سوف يتدفق عبر المصدر، والتوتر على المكثف (أو المكثفات) سيتم تحديده حسب طريقة توصيل المكثف بالدائرة، وسيكون التوتر على المكثف بالوضع المستقر مساويًا لتوتر مركبات الدائرة الموصولة على التوازي مع المكثف.