

عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبية

دراسة ظواهر كهربائية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2015/2014

المحتوى المفاهيمي : 01

مفاهيم أساسية في الكهرباء

التار الكهربائي

• شدة التيار الكهربائي :

- التيار الكهربائي في المعادن أو في المحاليل الشاردية ، هو الإنتقال الجماعي للدقائق التي تحمل شحنات كهربائية و التي تسمى حاملات الشحنة ، حيث أن :
 - حاملات الشحنة في المعادن هي الإلكترونات .
 - حاملات الشحنة في المحاليل الشاردية هي الشوارد .
- شدة التيار الكهربائي المستمر (ذو شدة ثابتة) المار عبر ناقل والتي يرمز لها بـ I هي كمية الكهرباء Q التي تعبر هذا الناقل خلال وحدة الزمن (الثانية) ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$I = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

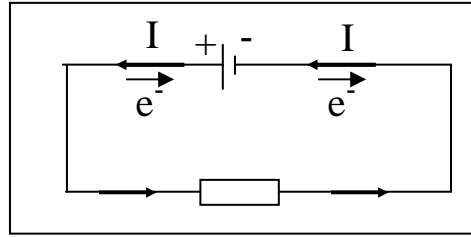
- إذا كانت شدة التيار الكهربائي متغيرة (دالة في الزمن $i = f(t)$) يعبر عن شدة التيار الكهربائي المارة عبر ناقل في لحظة معينة بالعلاقة :

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

- وحدة شدة التيار الكهربائي في الجملة الدولية هي الأمبير (A) ، أين تقدر كمية الكهرباء بالكولون (C) و الزمن بالثانية (s) .
- إذا كان (n) هو عدد الإلكترونات التي تجتاز ناقل خلال فترة زمنية Δt فإن كمية الكهرباء المارة في الناقل خلال هذه الفترة هي :

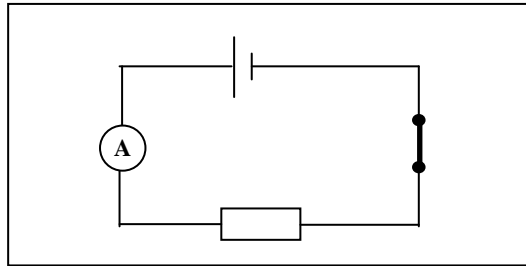
$$Q = n e^-$$

- للتيار الكهربائي جهة محددة تكون اصطلاحاً عكس جهة حركة الإلكترونات ، و في دارة كهربائية مغلقة تكون خارجة من القطب الموجب للمولد و داخلة من قطبه السالب (الشكل) .



● قياس شدة التيار الكهربائي :

- لقياس شدة التيار الكهربائي المار في دارة كهربائية ، نستعمل جهازاً يسمى الأمبير متر (أو مقياس الأمبير) .
- يوصل مقياس الأمبير دوماً على التسلسل مع العنصر الكهربائي المراد قياس شدة التيار المارة به (الشكل) .

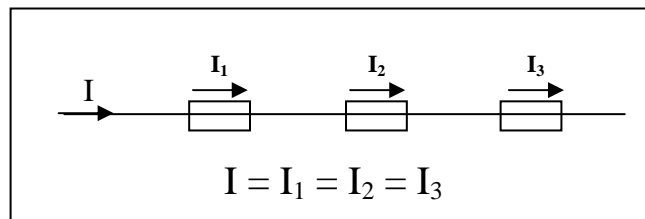


● خواص التيار الكهربائي :

على التسلسل :

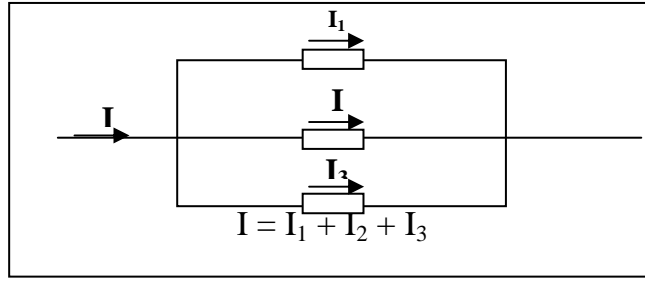
- شدة التيار الكهربائي التي تمر بعناصر من دارة كهربائية موصولة على التسلسل تكون متساوية عند كل العناصر .

مثال :

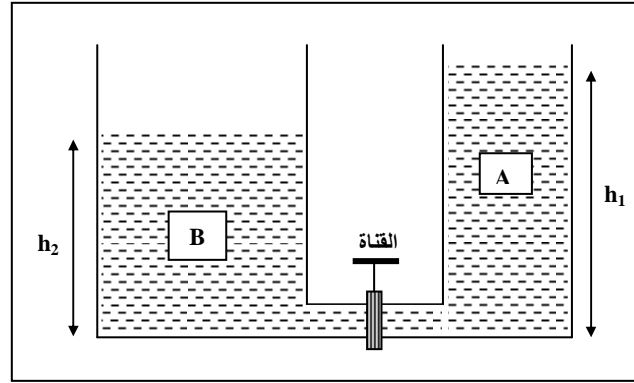


على التفرع :

- عندما يدخل تيار كهربائي إلى عقدة فإنه يتجزأ إلى تيارات تخرج من هذه العقدة بحيث مجموع شدة هذه التيارات (الخارجة من العقدة) مساوية لشدة التيار الداخل إليها .

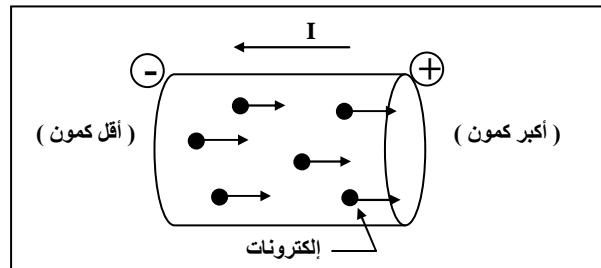
مثال :التوتر الكهربائي**• مفهوم الكمون و فرق الكمون :**

نعتبر حوضين (A) ، (B) موصولين بقناة و مملوئين بالماء (الشكل) ، حيث يكون ارتفاع الماء في الحوض (A) هو h_1 و ارتفاعه في الحوض (B) $(h_1 > h_2)$.



- عندما نفتح القناة يبدأ الماء بالتسرب من الحوض (A) ذو الارتفاع الأكبر h_1 نحو الحوض (B) ذو الارتفاع المنخفض h_2 ، و يستمر هذا التسرب طالما كان هناك فرق في الارتفاع ، وعندما يصبح الفرق في الارتفاع معدوم (أي $h_1 = h_2$) يتوقف الماء على التسرب .

و بالمثل يسري تيار كهربائي I في ناقل من دراة كهربائية مغلقة من النقطة A ذات الكمون المرتفع نحو النقطة B ذات الكمون المنخفض و يستمر هذا السريان طالما كان هناك فرق في الكمون بين A و B (الشكل-5) و عندما يصبح الفرق في الكمون بين A و B معدوم (أي كمون A مساوي لكمون B) يتوقف سير التيار الكهربائي بين A و B .

**نتيجة – تعريف :**

- يسري تيار كهربائي في دارة كهربائية مغلقة بين نقطتين من دارة عندما يكون بين هاتين النقطتين فرق في الكمون (توتر كهربائي) . بينما لا يسري إذا كان فرق الكمون بينهما معدوما .

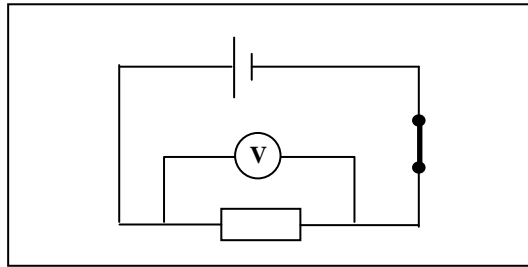
- ينتقل التيار الكهربائي في الدارة دوما من النقطة ذات الكمون المرتفع نحو النقطة ذات الكمون المنخفض ، و تنتقل الإلكترونات عكس ذلك ، و بصفة عامة إذا انتقل تيار كهربائي من نقطة (A) من دارة كهربائية مغلقة نحو نقطة (B) من نفس الدارة ، فإن كمون النقطة (A) يكون حتما أعلى من كمون النقطة (B) .
- فرق الكمون الكهربائي (التوتر الكهربائي) هو مقدار جبري قابل للقياس و حدثه في الجملة الدولية هي : **الفولط (V)** .

- يرمز للتوتر الكهربائي (فرق الكمون) بين A و B بـ U_{AB} و نكتب :

$$\begin{aligned} U_{AB} &= U_A - U_B \\ U_{BA} &= U_B - U_A = - U_{AB} \\ U_{AB} &> 0 \leftrightarrow U_A > U_B \\ U_{AB} &< 0 \leftrightarrow U_A < U_B \end{aligned}$$

• قياس التوتر الكهربائي :

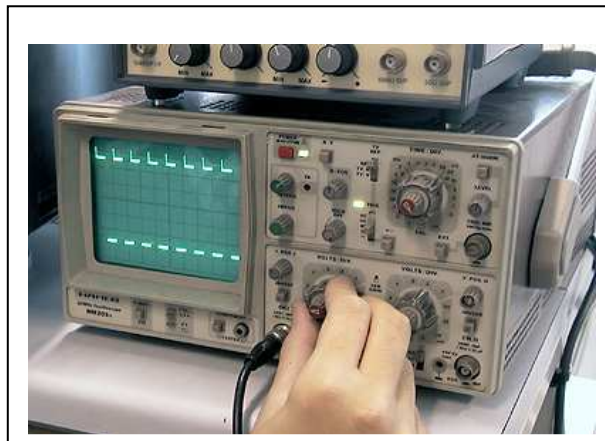
- لقياس التوتر الكهربائي بين نقطتين من دارة ، نستعمل جهازا يسمى **الفولط متر** (أو مقياس الفولط) .
- يوصل مقياس الفولط متر دوما على التفرع مع العنصر الكهربائي المراد قياس التوتر بين طرفيه (الشكل) .



- هناك أجهزة أخرى تمكننا من قياس التوتر الكهربائي بين نقطتين من دارة كهربائية نذكر منها : مقياس الفولط الرقمي الذي يعطي مباشرة القيمة الجبرية للتوتر الكهربائي بين طرفي عنصر كهربائي من الدارة و كذلك راسم الاهتزاز المهيطي .

• راسم الاهتزاز المهيطي :

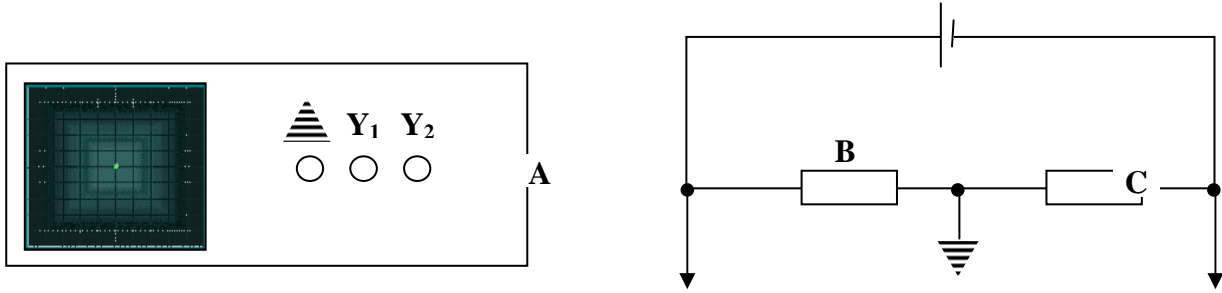
- هو جهاز إلكتروني (الشكل) يعطي المنحنى الذي يمثل تغيرات التوتر بين طرفي أي عنصر كهربائي في الدارة بدلالة الزمن $u = f(t)$.



- يمكن لرأس الاهتزاز المهبطي إعطاء منحنيين في آن واحد .
- عندما يكون المدخل Y لرأس الاهتزاز المهبطي موصول بنقطة A من الدارة و كان أرضي هذا الجهاز Δ موصول بالنقطة B ، فإن رأس الاهتزاز المهبطي في هذه الحالة يعطي التوتر u_{AB} بين النقطتين A و B بعبارة أخرى يعطي رأس الاهتزاز المهبطي التوتر :

$$u_{Y\Delta}$$

- إذا أردنا أن نقلب منحنى (نجعل قيمه سالبة بعد أن كانت موجبة أو العكس) نضغط على الزر INV .
- مثال :**

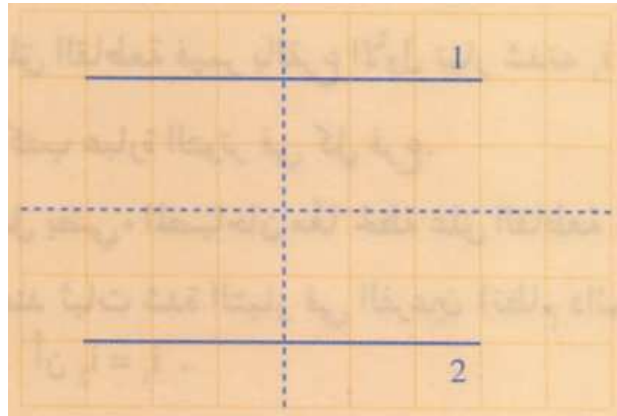


- يعطي رأس الاهتزاز المهبطي في هذا المثال تغيرات التوترين u_{AB} ، u_{CB} بدلالة الزمن .
- وحيث أن : $u_A > u_B > u_C$ (يتناقص الكمون في جهة سير التيار) يكون :

$$u_{AB} = u_A - u_B > 0$$

$$u_{CB} = u_C - u_B < 0$$

- لذا يظهر على الشاشة البيانيين المقابلين (الشكل) : حيث يمثل البيان (1) التوتر u_{AB} ، و البيان (2) يمثل التوتر u_{CB} .

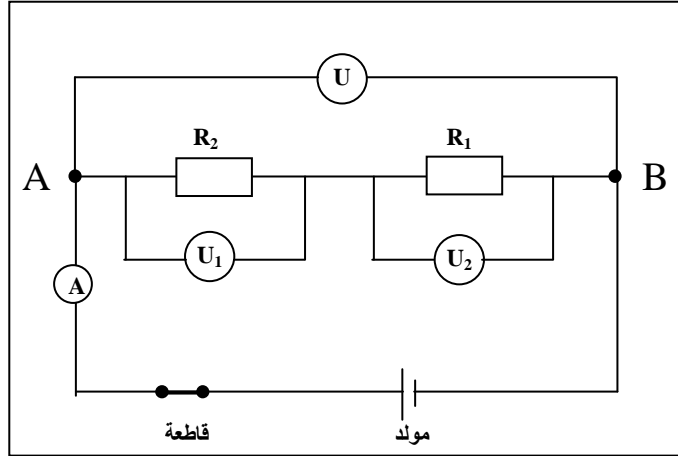


ملاحظة :

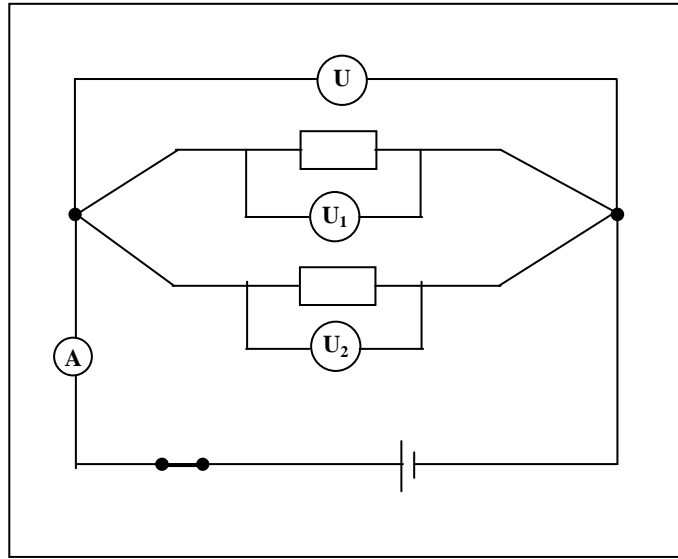
يستعمل رأس الاهتزاز المهبطي عادة في دراسة تطور التوتر فقط ، لكن يمكن الاستعانة به في دراسة تطور شدة التيار الكهربائي المار في دارة ، و ذلك من خلال دراسة تطور التوتر u_R بين طرفي الناقل الأومي ، لأن التوتر بين طرفي الناقل الأومي يتناسب طرديا مع شدة التيار ($u_R = R i$) ، لذا يكون شكل تطور التوتر u_R بين طرفي الناقل الأومي مماثل تماما لشكل تطور شدة التيار المار بهذا الناقل الأومي ، أو أي عنصر كهربائي موصول على التسلسل مع هذا الناقل الأومي .

• خواص التوتر الكهربائي :

على التسلسل :



- التوتر الكهربائي بين عناصر من دارة موصولة على التسلسل (لا يكون أحد العناصر مولد) ، مساوي لمجموع التوترات الكهربائية بين هذه العناصر ($U = U_1 + U_2$) .
 - يسمى هذا القانون بقانون جمع التوترات .
- على التفرع :



- التوتر الكهربائي بين عقدتين (A) ، (B) من دارة كهربائية يكون ثابتا مهما كان عدد الفروع ($U = U_1 = U_2$) .

• قانون العروات :

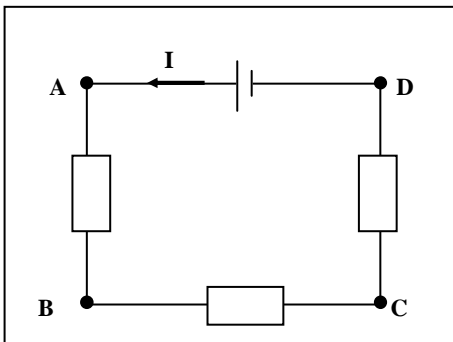
المجموع الجبري المتتالي للتوتر الكهربائي عبر إطار مغلق (عروة) يكون معدوما .

مثال :

نعتبر الدارة الكهربائية المبينة في الشكل التالي :

حسب قانون العروات يمكن كتابة :

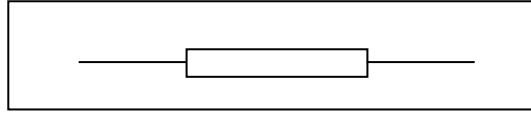
$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0$$



النواقل الأومية

• الناقل الأومي :

- الناقل الأومي هو ثنائي قطب خامل يحول جزءاً من الطاقة الكهربائية التي يتلقاها إلى طاقة حرارية بفعل جول .
- يمثل الناقل الأومي في الدارات الكهربائية بالشكل التالي :



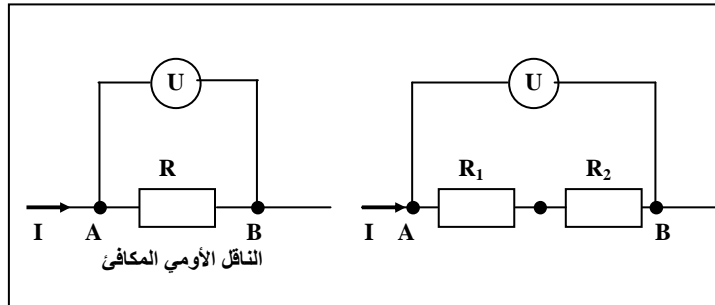
- يتناسب التوتر الكهربائي U بين طرفي ناقل أومي مع شدة التيار الكهربائي I التي تجتازه أي : $U = a I$ ، ثابت التناسب a هو مقدار فيزيائي يميز الناقل الأومي يدعى **مقاومة الناقل الأومي** يرمز له بـ R و وحدته في جملة الوحدات الدولية هي الأوم التي يرمز لها بـ : (Ω) ، و عليه يمكن كتابة :

$$U = R I$$

- و هي عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي ناقل أومي مقاومته R و يجتازه تيار كهربائي شدته I .
- يسمى هذا القانون بقانون أوم بين طرفي ناقل أومي .
- يمكن قياس مقاومة ناقل أومي بطريقة مباشرة بواسطة ، جهاز يدعى الأوم متر .

• جمع النواقل الأومية :

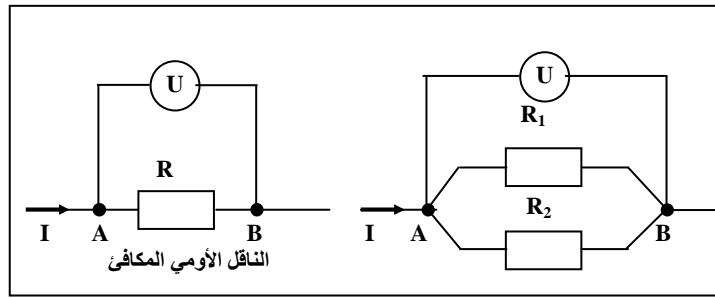
على التسلسل :



$$R = R_1 + R_2$$

- R : هي مقاومة الناقل المكافئ ، و الناقل الأومي المكافئ لنواقل أومية R_1 ، R_2 ... هو ناقل أومي التوتر بين طرفيه مساوي للتوتر بين طرفي ثنائي القطب (R_1 , R_2 , \dots) و يجتازه تيار كهربائي شدته مساوية لشدة التيار الكهربائي الذي يجتاز ثنائي القطب (R_1 , R_2 , \dots) .

على التفرع :



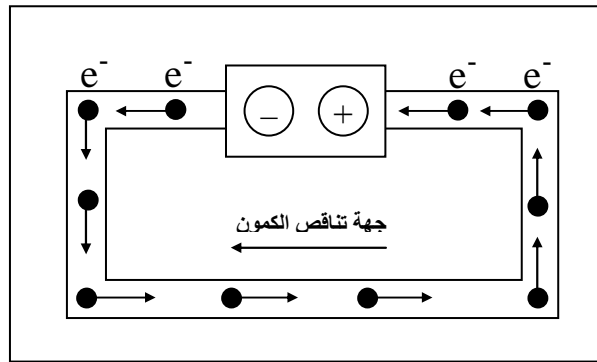
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

R : هي مقاومة الناقل الأومي المكافئ للنواقل الأومية R_1 ، R_2 .

المولدات

• المولد الكهربائي :

- المولد الكهربائي هو ثنائي قطب نشيط يجعل الشحنات الكهربائية تتحرك باستمرار بين قطبين من الدارة الكهربائية وبالتالي إعطاء تيار كهربائي .
- يسلك المولد في دارة سلوك المضخة المائية تماما ، فهو يسحب الإلكترونات من جهة قطبه الموجب ، و يدفعها من جهة قطبه السالب (عكس جهة التيار) (الشكل) .



- يتميز كل مولد كهربائي بقوة محركة كهربائية يرمز لها بـ E وحدتها الفولط (V) و مقاومة داخلية r وحدتها الأوم (Ω) .
- القوة المحركة الكهربائية للمولد هي قيمة التوتر بين طرفي المولد عندما لا يجري في الدارة أي تيار .
- التوتر الكهربائي بين طرفي مولد كهربائي مقاومة داخلية r وقوته المحركة الكهربائية E يعطى بالعلاقة :

$$U = E - r I$$

- يسمى هذ القانون بقانون أوم بين طرفي مولد .
- إذا اعتبرنا المقاومة الداخلية للمولد مهمة يقال عن المولد أنه مثالي ، و تصبح بذلك عبارة التوتر بين طرفيه كما يلي $U = E$ ، أي أن التوتر بين طرفيه يبقى دوما ثابت و لا يتعلق بشدة التيار التي يجريها في الدارة . يسمى هذا

النوع من المولدات بمولد التوتر ، أي أن مولد التوتر هو مولد يجعل التوتر بين طرفي الدارة (و بين طرفيه) ثابتا مهما كانت شدة التيار .
- هناك نوع آخر من المولدات يسمى مولد التيار و هو مولد يجعل شدة التيار المار في الدارة ثابتة مهما كان التوتر بين طرفي الدارة .

المكثفات

• تعريف المكثفة :

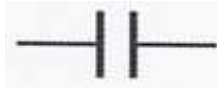
- المكثفة عنصر كهربائي قادر على تخزين شحنة كهربائية.



- تتكون المكثفة من ناقلين كهربائيين ، يدعى كل منهما لبوس المكثفة ، يفصل بينهما مادة عازلة للكهرباء (هواء ، شمع ، ميكا ...).
- من أشكال المكثفات نذكر المكثفة المستوية ، و هي مكثفة لبوساها مستويات متوازيان البعد بينهما (d) و سطح كل منهما (S) حيث d (الشكل) .



- يرمز للمكثفة اصطلاحا في الدارات الكهربائية بالرمز التالي :



- في دارة تحتوي على التسلسل مكثفة لا يمر تيار كهربائي مستمر ، لأن العازل يمنع انتقال الإلكترونات من لبوس إلى آخر ، لكنه يمر لفترة وجيزة ثم ينقطع لأسباب نتطرق إليها فيما سيأتي .

• سعة المكثفة :

- تتناسب شحنة المكثفة طرديا مع التوتر الكهربائي بين طرفيها أي : $q = a u$ ، ثابت التناسب a هو مقدار فيزيائي يميز المكثفة يدعى سعة المكثفة يرمز لها بـ C ووحدتها في جملة الوحدات الدولية الفاراد التي يرمز لها بـ F و نكتب :

$$q = C u \rightarrow u = \frac{q}{C}$$

وحدة الشحنة Q : الكولون (C)

وحدة التوتر u_{AB} : الفولط (V)

- السعة هي مقدار يعبر عن إمكانية المكثفة في تخزين الشحنة الكهربائية ، حيث تخزن المكثفة شحنة أكبر كلما كانت سعتها أكبر تحت نفس التوتر الكهربائي .

- سعة المكثفة صغيرة جدا ، لذا يعبر عنها عادة بأجزاء الفاراد التالية :

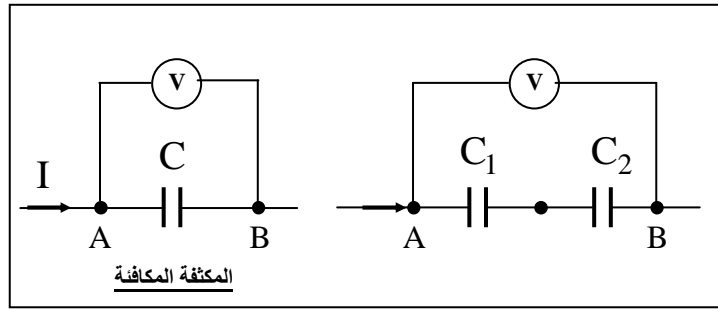
▪ ميكرو فاراد (μF) : حيث $1 \mu F = 10^{-6} F$

▪ نانو فاراد (nF) : حيث $1 nF = 10^{-9} F$

▪ بيكو فاراد (pF) : حيث $1 pF = 10^{-12} F$.

● تجميع المكثفات :

على التسلسل :



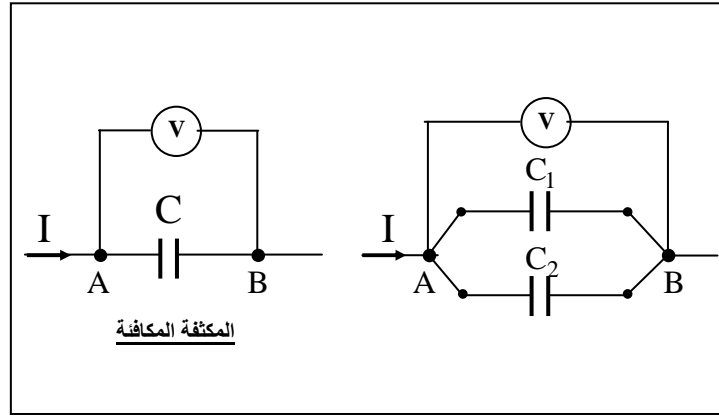
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

حيث C هي سعة المكثفة المكافئة ، و المكثفة المكافئة هي مكثفة يكون التوتر بين طرفيها مساوي للتوتر بين ثنائي القطب (C_1 , C_2) و شدة التيار الذي يجتازها التيار مساوي لشدة التيار الذي يجتاز ثنائي القطب (C_1 , C_2) .

- سعة المكثفة المكافئة في الربط على التسلسل تكون أصغر المكثفات أي : $C < C_1$, $C < C_2$, $C < C_3$ ، يمكن القول بأن جمع المكثفات على التسلسل يجعل السعة المكافئة تصغر .

- جمع المكثفات على التسلسل يسمح أيضا باستخدام توتر أعلى من التوتر الذي تتحمله كل مكثفة على حدة .

لى التفرع :

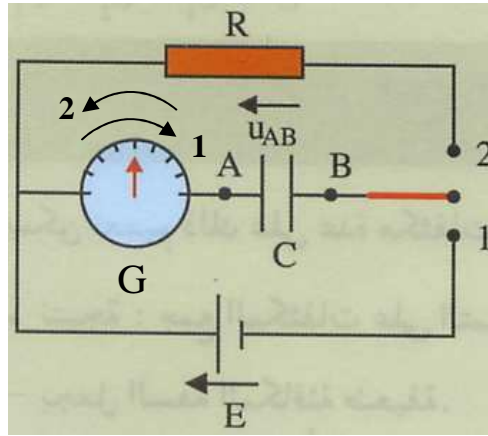


$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- السعة المكافئة تكون أكبر السعات أي $C > C_1$ ، $C > C_2$ ، $C > C_3$ ، يمكن القول أن الربط على التفرع يجعل المكثفة المكافئة تكبر .
- جمع المكثفات على التفرع يسمح أيضا باستخدام توتر ضعيف للحصول على شحنة كبيرة لا توفرها كل مكثفة على حدة .

● آلية شحن و تفريغ مكثفة :

لكي نتعرف على آلية شحن و تفريغ مكثفة نحقق الدارة الكهربائية المبينة في الشكل التالي و المتكونة من : مولد للتوتر قوته المحركة الكهربائية E ، مكثفة سعتها C ، ناقل أومي مقاومته R ، مقياس غلفاني (G) و هو مقياس أمبير حساس جدا .



شحن المكثفة :

- لشحن المكثفة نضع البادلة في الوضع (1) أي المكثفة في دارة المولد ، نلاحظ انحراف مؤشر المقياس الغلفاني بسرعة في الاتجاه (1) المبين في الشكل السابق ثم يعود إلى الصفر ، يدل ذلك على مرور تيار كهربائي لفترة وجيزة ثم انعدم .
- التفسير المجهرى لما حدث هو أن التيار الكهربائي المار بالدائرة ناتج عن الانتقال السريع للإلكترونات من اللبوس A نحو اللبوس B عبر دارة المولد ، و بسبب العازل يحدث تراكم لهذه الإلكترونات في اللبوس B فيشحن سلبيًا في حين يشحن اللبوس A إيجابيًا ، و عندما تنتقل كل الإلكترونات من اللبوس A مساوي إلى اللبوس B يتوقف سير الإلكترونات و ينقطع التيار الكهربائي ، و هو ما أدى إلى عودة مؤشر المقياس الغلفاني إلى الصفر .

- عند انقطاع التيار الكهربائي نقول إن عملية الشحن انتهت ، و عندها يكون : $q_A = -q_B$ ، $|q_A| = |q_B|$.
- نذكر أن : $q_A = n|e|$ حيث أن n هو عدد الإلكترونات التي انتقلت من اللبوس A إلى اللبوس B .

تفريغ المكثفة :

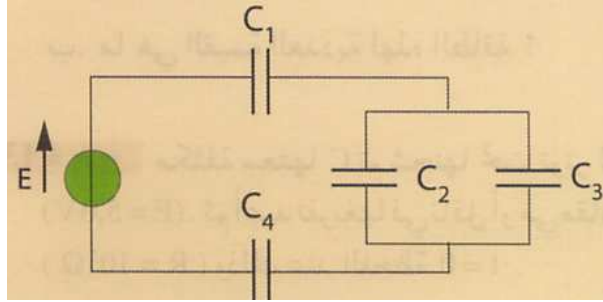
- لتفريغ المكثفة نضع البادلة في الوضع (2) ، في هذه الحالة يكون المولد خارج الدارة . نلاحظ انحراف مؤشر المقياس الغلفاني في الاتجاه (2) المبين في الشكل (عكس الاتجاه السابق) ثم يعود إلى الصفر ، يدل ذلك على مرور تيار كهربائي لفترة وجيزة ثم انعدم .
- التفسير المجهرى لما حدث هو أن الإلكترونات المتراكمة في اللبوس B و التي أتت من اللبوس A أثناء الشحن ، تعود إلى ما كانت عليه إلى اللبوس A حتى يصبح اللبوسين A ، B معتدلين كهربائيا من جديد ، و عندها يتوقف سير الإلكترونات و ينقطع التيار الكهربائي ، و هو ما أدى إلى عودة مؤشر المقياس الغلفاني إلى الصفر .
- عند انقطاع التيار الكهربائي في هذه الحالة نقول إن عملية التفريغ انتهت ، و عندها يكون : $q_A = q_B = 0$ ، $|q_A| = |q_B|$.

ملاحظة :

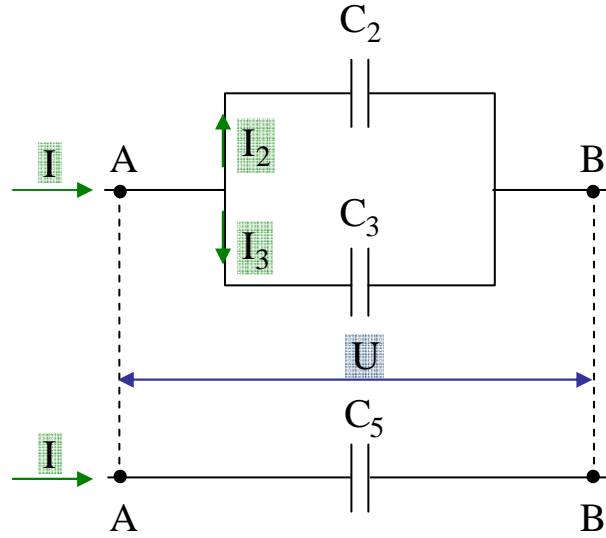
- إن الشحنة الكهربائية الكلية للمكثفة معدومة في كل لحظة لأن المكثفة المشحونة تحمل على لبوسيهما شحنتين كهربائيتين متساويتين في القيمة و متعاكستين في الإشارة ، لذا عندما نتكلم عن شحنة المكثفة نقصد بها الشحنة الموجودة على إحدى اللبوسين .

التمرين (1) :

لدينا أربع مكثفات سعاتها : $C_1 = 2 \mu F$ ، $C_2 = 0.5 \mu F$ ، $C_3 = 1.5 \mu F$ ، $C_4 = 4 \mu F$ تم ربطها بالشكل التالي :



- نغذي الدارة بتوتر قيمته $100V$.
- 1- نعتبر C_5 هي السعة المكافئة للمكثفتين ذات السعتين C_2 ، C_3 ، أثبت أن $C_5 = C_2 + C_3$.
 - 2- إذا اعتبرنا C هي سعة المكثفة المكافئة لكل المكثفات . أوجد قيمة C .
 - 3- أوجد شحنة المكثفة المكافئة .

الأجوبة :1- إثبات أن $C_5 = C_2 + C_3$:

حسب قانون العقد :

$$I = I_2 + I_3$$

و من ثم :

$$Q = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (1)$$

و كون أن المكثفتين C_1 ، C_2 موصولتين على التفرع يكون :

$$U_2 = U_3 = U$$

لدينا :

$$\bullet U = \frac{Q}{C_5} \rightarrow Q = UC_5$$

$$\bullet U_2 = \frac{Q_2}{C_2} \rightarrow Q_2 = U_2 C_2 = UC_2$$

$$\bullet U_3 = \frac{Q_3}{C_3} \rightarrow Q_3 = U_3 C_3 = UC_3$$

بالتعويض في العلاقة (1) :

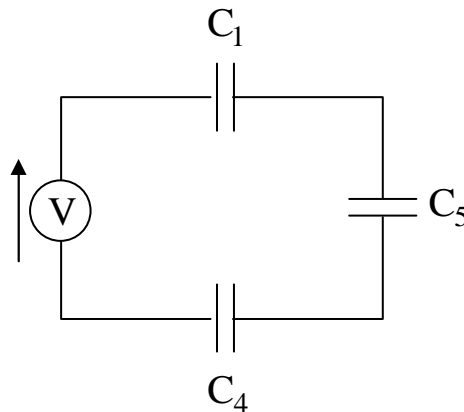
$$UC_5 = UC_2 + UC_3$$

$$UC_5 = U(C_2 + C_3) \rightarrow C_5 = C_2 + C_3$$

$$C_5 = 0.5 \cdot 10^{-6} + 1.5 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 2 \mu\text{F}$$

2- قيمة C الكلية :

الدارة السابقة يمكن تبسيطها كما يلي :



المكثفات ذات السعات C_1 ، C_2 ، C_5 موصولة على التسلسل لذا يكون :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{2.10^{-6}} + \frac{1}{4.10^{-6}} + \frac{1}{2.10^{-6}} = \frac{2+1+2}{4.10^{-6}} = \frac{5}{4.10^{-6}}$$

$$C = \frac{4.10^{-6}}{5} = 8.10^{-7} \text{ F} = 0.8 \mu\text{F}$$

3- شحنة المكثفة المكافئة :

بما أن المكثفات ذات السعات C_1 ، C_5 ، C_4 موصولة على التسلسل فإن شحناتها متساوية و مساوية لشحنة المكثفة المكافئة ذات السعة C أي :

$$Q_1 = Q_4 = Q_5 = Q = CU = 8.10^{-7} . 100 = 8.10^{-5} \text{ C}$$

التمرين (2) :

مكثفان موصولتان على التسلسل الأولى سعتها $C_1 = 1 \mu\text{F}$ و الثانية سعتها $C_2 = 3 \mu\text{F}$ ، نطبق بين طرفيهما توترا $u = 300 \text{ V}$.

1- أثبت أن السعة المكافئة للمكثفتين المذكورتين يعبر عنها بالعلاقة : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ ، أحسب سعة المكثفة

المكافئة C .

2- أحسب شحنة المكثفة المكافئة C .

3- أحسب U_1 و U_2 التوترين الكهربائيين بين طرفي المكثفتين C_1 ، C_2 على الترتيب .

الأجوبة :

$$1- \text{إثبات أن } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \\ \text{حسب قانون جمع التوترات :}$$

$$U = U_1 + U_2 \dots\dots\dots (1)$$

و لدينا :

$$I = I_1 = I_2 \rightarrow Q = Q_1 = Q_2$$

$$\bullet U = \frac{Q}{C}$$

$$\bullet U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1}$$

$$\bullet U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2}$$

بالتعويض في (1) :

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\frac{Q}{C} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

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

- سعة المكثفة :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{10^{-6}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{-6}} = \frac{3+1}{3 \cdot 10^{-6}} = \frac{4}{3 \cdot 10^{-6}}$$

$$C = \frac{3 \cdot 10^{-6}}{4} = 0.75 \mu F$$

2- شحنة المكثفة المكافئة :

$$U = \frac{Q}{C} \rightarrow Q = UC$$

(التوتر بين طرفي المكثفة المكافئة هو نفسه التوتر بين طرفي المكثفتين) .

$$Q = 300 \cdot 0.75 \cdot 10^{-6} = 2.25 \cdot 10^{-4} C$$

3- حساب U_1 ، U_2 :

شحنة المكثفة المكافئة هي نفسها شحنة المكثفتين ذات السعتين C_1 ، C_2 معا و كون أن هاتين المكثفتين مربوطتين على التسلسل تكون شحنة كل مكثفة على حدى نفسها شحنة المكثفة المكافئة أي :

$$Q = Q_1 = Q_2 = 2.25 \cdot 10^{-4} C$$

$$\bullet U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1} = \frac{2.25 \cdot 10^{-4}}{10^{-6}} = 225 V$$

$$\bullet U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2} = \frac{2.25 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-6}} = 75 V$$

و فعلا : $U_1 + U_2 = 300 V$.

التمرين (3) :

لدينا مجموعة مكثفات متماثلة سعة كل منها $C_1 = 0.2 mF$.

1- عين طريقة تجميع عدد من هذه المكثفات للحصول على مكثفة مكافئة سعتها $5mF$.

2- حدد عدد المكثفات المستعملة .

الأجوبة :

1- طريقة تجميع المكثفات :

سعة المكثفة المكافئة أكبر من سعة مكثفة واحدة من المكثفات المتماثلة ($C > C_1$) و هذا يتحقق فقط في الربط على التفرع .

2- عدد المكثفات المستعملة :

إذا اعتبرنا n هو عدد المكثفات المتتالية يكون :

$$C = \underbrace{C_1 + C_1 + \dots\dots\dots C_1}_{n \text{ مرة}}$$

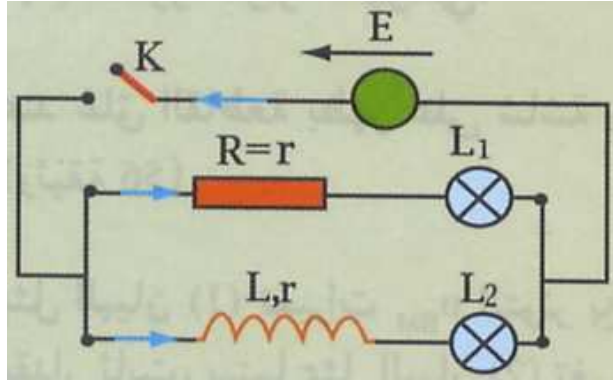
$$C = nC_1 \rightarrow n = \frac{C}{C_1}$$

$$n = \frac{5.10^{-3}}{0.2.10^{-3}} = 25$$

الوشائع

• الخاضية التحريضية للوشيجة :

- نحقق التركيب المبين في الشكل التالي و المتكون من : مولد قوته المحركة الكهربائية E ، ناقل أومي ، و شيجة ، مصباحين (L₁) ، (L₂) ، قاطعة (K) :



- عند غلق القاطعة تتغير شدة التيار الكهربائي المار بالدائرة من القيمة 0 لحظة غلقها إلى القيمة (i) ، و عندها نلاحظ اشتعال المصباح (L₁) في الحين و تأخر اشتعال المصباح (L₂) مما يدل على نشوء تيار آخر في الجزء الخاص بالوشيجة ، قام بعرقلة التيار الكهربائي الناشئ عن المولد .

- عند فتح القاطعة تتغير شدة التيار الكهربائي المار بالدائرة من القيمة (i) إلى القيمة 0 ، نلاحظ انطفاء المصباح (L₁) في الحين و تأخر انطفاء المصباح (L₂) مما يدل على نشوء تيار حل محل التيار المنقطع و الناشئ عن المولد في الجزء الخاص بالوشيجة .

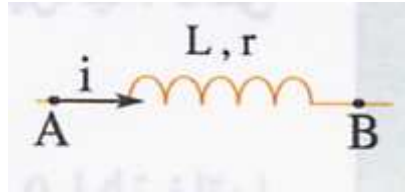
- نستنتج أن للوشيجة خاصية هي خاصية التحريض لذا نقول أنها و شيجة تحريضية .

• التوتربين طرفي و شيجة :

- لكل و شيجة ميزتين : مقاومة داخلية (r) تقدر بالأوم (Ω) ، ذاتية (L) تقدر بالهنري (H) .

- الذاتية L هي مقدار موجب تتعلق قيمتها بالشكل الهندسي للوشيجة (الطول l ، نصف القطر R ، عدد اللفات) ، كما أن وجود النواة الحديدية داخل الوشيجة يؤثر على قيمة الذاتية كذلك .

- يرمز للوشيجة في الدارة الكهربائية بالرمز التالي :



- تعطى عبارة التوتر بين طرفي وشيعة مقاومتها الداخلية r و ذاتيتها L يجتازها تيار متغير بدلالة الزمن i كالتالي :

$$u_{AB} = L \frac{di}{dt} + ri$$

- إذا كانت شدة التيار الكهربائي المار عبر الوشيعة ثابتة ، يكون $\frac{di}{dt} = 0$ و يصبح :

$$u_{AB} = ri$$

و نقول عن الوشيعة في هذه الحالة أنها سلكت سلوك ناقل أومي .
- إذا كانت مقاومة الوشيعة مهملة ($r = 0$) ، يقال عن الوشيعة أنها صافية (مثالية أو صرفة) ، و إذا اجتازها تيار كهربائي متغير بدلالة الزمن فإنه يعبر عن التوتر الكهربائي بين طرفيها في هذه الحالة بالعلاقة :

$$u_{AB} = L \frac{di}{dt}$$

التمرين (4) :

وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها $r = 8 \Omega$ نمرر بها تيار كهربائي شدته متغيرة تعطى بالعلاقة : $i(t) = 10t - 3$

- 1- أكتب عبارة التوتر u_b بين طرفي الوشيعة بدلالة L ، t .
- 2- عين قيمة L حتى يندم التوتر بين طرفي الوشيعة عند اللحظة $t = 0.15$ s .

الاجوبة :

1- عبارة التوتر u_b بين طرفي الوشيعة بدلالة L ، t :

$$u_b = L \frac{di}{dt} + ri \quad \rightarrow \quad u_b = 10L \frac{di}{dt} + 8i$$

و لدينا أيضا :

$$i = 10t - 3 \quad \rightarrow \quad \frac{di}{dt} = 10$$

بالتعويض في عبارة u_b :

$$u_b = 10L + 8(10t - 3)$$

$$u_b = 10L + 80t - 24$$

$$u_b = 80t + 10L - 24$$

2- قيمة L لكي ينعدم التوتر بين طرفي الوشيجة :
ينعدم التوتر u_b عند اللحظة $t = 0.15$ s أي :

$$t = 0.15 \text{ s} \rightarrow u_b = 0$$

بالتعويض في عبارة u_b السابقة :

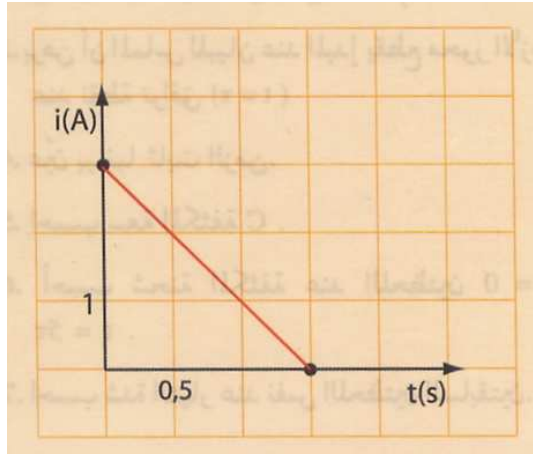
$$0 = (80 \cdot 0.15) + 10L - 24$$

$$10L = 24 - (80 \cdot 0.15)$$

$$10L = 12 \rightarrow L = 1.2 \text{ H}$$

التمرين (5) :

- 1- وشيجة ذاتيتها $L = 0.1 \text{ H}$ و مقاومتها الداخلية r . عندما نطبق بين طرفيها توتر كهربائي مستمر قيمته 6 V يجتازها تيار كهربائي شدته 1.5 A .
- أحسب المقاومة الداخلية للوشيجة .
- 2- نمرر في الوشيجة تيارا كهربائيا تتغير شدته بدلالة الزمن وفق البيان المقابل :



- أحسب التوتر بين طرفي الوشيجة عند اللحظة $t = 0.5$ s .

الأجوبة :

1- المقاومة الداخلية للوشيجة :

$$u_b = L \frac{di}{dt} + ri$$

في النظام الدائم تكون شدة التيار ثابتة و عليه :

$$\frac{di}{dt} = 0$$

ومنه تصبح عبارة u_b كما يلي :

$$u_b = ri$$

لدينا :

$$u_b = 6 \text{ V} \rightarrow i = 1.5 \text{ A}$$

بالتعويض نجد :

$$6 = r \cdot 1.5 \rightarrow r = \frac{6}{1.5} = 4 \Omega$$

2- التوتر بين طرفي الوشيعية عند اللحظة $t = 0.5 \text{ s}$:

$$u_b = L \frac{di}{dt} + r i \quad \dots\dots\dots (1)$$

تمثل النسبة $\frac{di}{dt}$ في البيان ميل المنحنى (المستقيم) و عليه :

$$\frac{di}{dt} = \tan \alpha = \frac{0 - 3}{1.5 - 0.5} = -3$$

من البيان :

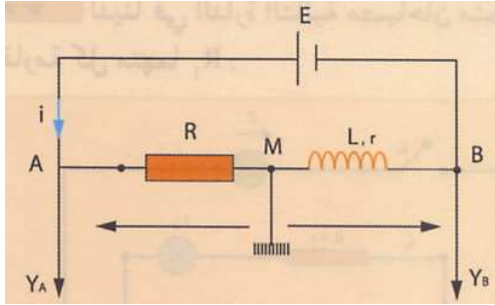
$$t = 0.5 \text{ s} \rightarrow i = 2 \text{ A}$$

بالتعويض في العبارة (1) :

$$u_b = (0.1(-3)) + (4 \cdot 2) = 7.7 \text{ V}$$

$$u_b = r i \rightarrow u_b = 6.1.5 = 9 \text{ V}$$

التمرين (6) :



دائرة كهربائية تظم على التسلسل وشيعة (L, r) و ناقل أومي مقاومته R ، مولد توتر مستمر مقاومته الداخلية مهملة و قوته المحركة الكهربائية E . نصل الدارة إلى راسم اهتزاز مهبطي كما بالشكل التالي : يظهر على شاشة راسم الاهتزاز البيانيين التاليين :

الحساسية الشاقولية 3 V/div (السلم) .

1- ماذا يمثل كل منحنى ؟ علل .

2- كيف تصرفت الوشيعية علل .

3- أحسب شدة التيار المار في الدارة .

4- أحسب القوة المحركة الكهربائية للمولد .

الأجوبة :

1- ما يمثله كل ما بيان :

من خلال طريقة ربط راسم الاهتزاز المهبطي يتضح أن أحد المنحنيين يمثل تغيرات التوتر U_{AM} بين طرفي الناقل الأومي و الآخر يمثل تغيرات التوتر U_{BM} بين طرفي الوشيعية .

- من خلال تناقص الكمون الذي يكون في جهة سير التيار يكون : $U_A > U_M > U_B$

و عليه :

$$U_{AM} = U_A - U_M > 0$$

$$U_{BM} = U_B - U_M < 0$$

إذن المنحنى (1) يمثل تغيرات U_{AM} بين طرفي المقاومة و المنحنى (2) يمثل تغيرات U_{BM} بين طرفي الوشيعية .

2- تصرف الوشيعية :

الوشيعية في هذه التجربة تصرفت تصرف ناقل أومي الذي يكون التوتر بين طرفيه ثابت في كل لحظة عندما يجتازه تيار كهربائي مستمر (ثابت) .

3- شدة التيار المار في الدارة :

شدة التيار المار بالدائرة هي نفسها شدة التيار المار بالناقل الأومي و الوشيعة الموصولين على التسلسل مع المولد ، لذلك لحساب شدة التيار المار بالدائرة نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالناقل الأومي .

$$U_R = RI \rightarrow I = \frac{U_R}{R}$$

من البيان : $U_R = 2 \cdot 3 = 6V$ و منه :

$$I = \frac{6}{12} = 0.5 A$$

4- القوة المحركة الكهربائية E :

حسب قانون جمع التوترات :

$$E = U_L + U_R$$

$$E = rI + RI \quad \left(\frac{di}{dt} = 0 \right)$$

$$E = (R + r)I$$

$$E = (12 + 12) 0.5 = 12 V$$