بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوموالتكنولوجيا

كلية التربية

قسم العلوم

شعبة الفيزياء

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس الشرف – التربية

بعنوان:

تصميم جهاز المكثف ذو اللوحين المتوازيين

Design of condenser with balanced boards

إعداد الطلاب :

بهاء الدين بلال عصام أحمد

رباب حسن عمر محمد

عائشة أحمد صديق إبراهيم

محمد بابكر العوض محمد

إشراف الأستاذة:

د.هدى محمد كمال

أكتوبر 2017

بسم الله الرحمن الرحيم

الآيـــة

قال تعالى : (

)

صدق الله العظيم

سورة الأية ( )

الإهــداء

إلى من تحت قدميها جنان الله والخلد ...إلى ملاكي في الحياة معنى الحب ومعنى الحنان وسر الوجود ... إلى من دعائها سر نجاحى.

(أمي الحبيبة)

إلى من كلله الله بالهيبه والوقار ... إلى من أحمل إسمة بكل إفتخار رمز للحكمة والإتزان ...معلمي الأولو الأخير قدوتي في الحياة

(أبي العزيز)

إلى سندي وذخري في الحياة ... إلى من مقامهما في مقلتى

(إخوتي وأخواتي)

إلى من تذوقت معهم أجمل اللحظات إلى من جعلهم الله أخواني واحببتهم في الله .

(طلاب قسم الفيزياء)

الشكر والعرفان

الحمد لله ر ب العالمين القائل في محكم تنزيله ﴿إن تشكروا يرضه لكم ﴾ الزمر الأية (7) .

الشكر من قبل ومن بعدلله سبحانه وتعالىالذي وفقنا لكتابة هذا البحث وا ٍخراجه في صورته المتواضعة والشكر بعد الله الى التى منحتنا من زمنها الثمين ولم تبخل لنا بمعلومة تخص البحث كي نجتاز الصعاب التي واجهتنا في طريق العلم الدكتورة / **هدى محمد كمال** نسأل الله أن يجزيها عنا كل خير .

ويسعدني أن أتقدم بوافر الشكر و الإمتنان لجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا وكلية التربية .

والشكر أيضاً للدكتور **علي سليمان** والأستاذ **عثمان علي**إلى أمناء المكتبات وا ٍلى كل من ساعدنى في إكمال هذا البحث.

المستخلص :

في هذا البحث تم تصميم مكثف متوازي اللوحين كأحد الوسائل التعليمية المستخدمة في توضيح الأفكار الفيزيائية عملياً .

وتم دراسة عملية الشحن والتفريغ في المكثف المصمم , كما تم إيجاد الثابت الزمني (τ) ومن خلالها تم حساب سعة المكثف المجهول .

Abstract:

In This Thesis parallel plate capacitor was designed as one of educational means to demonstrate physical idea practically.

In this study the charging and discharging was conducted in order to find the time constant (τ) from which the capacitance was calculated .

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الاستهلال	-
الإهداء	أ
الشكر والعرفان	ب
خلاصة البحث باللغة العربية	ج
خلاصة البحث باللغه الإنجليزية	د
فهرس المحتويات	هـ
فهرس الجداول	ح
فهرس الاشكال والرسومات	ط
الفصل الأول الإطار العام	
1-1 مقدمة	1
1-2 مشكلة البحث	1
1-3 أهمية البحث	**1**
1-4 أهداف البحث	**2**
1-5 تساؤلات البحث	**2**
1-6 حدود البحث	**2**
1-7 منهجية البحث	**3**
1-8 أدوات البحث	**3**
1-9 الفرضيات	**3**

1-10 أسباب البحث	**3**
1-11 مصطلحات البحث	**3**
الفصل الثاني الوسائل التعليمية	
2-1 مقدمة	**4**
2-2 مفهوم الوسيلة التعليمية	**4**
2-3 أهمية الوسيلة التعليمية	**4**
2-3-1 أهميتها للمعلم	**4**
2-3-2 أهميتها للمتعلم	**5**
2-3-3 أهميتها للمادة التعليمية	**6**
2-4 تصنيفات (أنواع) الوسائل التعليمية	**7**
2-5 خصائص وصفات الوسيلة التعليمية الناجحة	**8**
2-6 صميم وا إنتاج الوسائل التعليمية	**8**
الفصل الثالث	
المبحث الأول الكهرباء	
3-1-1 مقدمة	**10**
3-1-2 تعريف الكهرباء وأنواعها	**10**
3-1-3الدائرة الكهربية	**11**
3-1-4 العناصر الأساسية للدائرة الكهربية	**12**
المبحث الثاني المكثفات	
3-2-1 مقدمة	**16**

3-2-2 السعة الكهربائية	**16**
3-2-3 تعريف المكثف	**17**
3-2-4 نظرية عمل المكثف	**17**
3-2-5 العوامل المؤثرة على المكثف	**19**
3-2-6 أنواع المكثفات	**20**
3-2-7 تعريف المادة العازلة	**27**
3-2-8 توصيل المكثفات	**27**
الفصل الرابع شحن وتفريغ المكثف	
4-1 الهدف من التجربة	**31**
4-2 الأجهزة والأدوات	**31**
4-3 النظرية	**31**
4-4 الطريقة	**31**
4-5 الحسابات	**36**
4-6 الخلاصة	**37**
4-7 التوصيات	**38**
4-8 الخاتمة	**39**
4-9 قائمة المصادر والمراجع	**40**

فهرس الجداول

رقم الجدول	الجدول	رقم الصفحة
(3-2-1)	ثابت العزل لبعض المواد العازلة المستخدمة في تصنيع المكثف	26
(4-1)	نتائج الشحن والتفريغ	34

فهرس الأشكال

رقم الشكل	إسم الشكل	رقم الصفحة
(1-1-3)	الدائرة الكهربية	11
(2-1-3)	دائرة مفتوحة	11
(3-1-3)	دائرة مغلقة	12
(4-1-3)	المكثف	14
(1-2-3)	دائرة تتكون من مكثف ومصدر جهد ومقاومة ومفتاح	18
(2-2-3)	منحنيات الشحن والتفريغ لجهد وتيار المكثف	19
(3-2-3)	المكثف الإسطواني	20
(4-2-3)	المكثف الكروي	22
(5-2-3)	المكثف متوازي اللوحين	24
(6-2-3)	توصيل المكثفات على التوالي	27
(7-2-3)	توصيل المكثفات على التوازي	29
(1-4)	دائرة شحن وتفريغ المكثف	32
(2-4)	جهاز المكثف	33

الفصل الأول

الإطـــــار العـــام

الفصل الأول

الإطار العام

1-1 مقدمة :

إن التقدم في وسائل وتكنولوجيا الإتصال والتعلم بأشكلها جعلت عملية نقل وتبادل المعلومات والأحداث والخبرات من أي مكان في العالم إلى أي مكان أخر عملية سهلة وتتم بسرعة وفاعلية .

وقد أدى ذلك إلى زيادة إنتاجية الأفراد والمؤسسات والحكومات في المجالات الإقتصادية والإجتماعية والسياسية والتربوية والثقافية وكان لهذه التطورات الأثر الواضح في تقدم التعليم بكافة أنواعه ومستوياته [1] .

يعتبر المعمل (المختبر) المدرسي مرفق ضروي في المدرسة لتسهيل عملية التعلم .

ويعتبر المكثف أحد الأجهزة المهمة التى نحتاجها في معاملنا المدرسية كي يتمكن الطالب من الفهم والإستيعاب لذلك قمنا بهذه الدراسة .

1-2 مشكلة الدراسة :

مع تقدم التكنولوجيا أصبح هنالك الحاجة الماسة إلى معرفة المكثف لأنه يستخدم في كثير من الأجهزة الكهربائية أيضا لعدم توفر هذا الجهاز في المدارس .

1-3 أهمية الدراسة :

تتبع أهمية الدراسة من الأهميةتصميم جهاز المكثف وتتمثل الأهمية في الأتي:

. تعريف الطالب بالمكثف الكهربي وكيفية تصميمه بطريقة سهلة وبسيطة .

. إهتمام الشركات والمؤسسات حول العالم بجهاز المكثف والعمل على تطويره .

. تمكين الطالب من إيجاد سعة المكثف وحساب الثابت الزمني .

1-4 أهداف الدراسة :

. دراسة وتصميم جهاز المكثف .

. أن يتعرف الطالب على المكثفات وأنواعها وا ٍستخدامها خاصاً في الدوائر الكهربية .

. تمكن الطالب من إيجاد سعة المكثف وحساب الثابت الزمني .

1-5 تساؤلات الدراسة :

. ما المقصود بالمكثف ؟

. ماهي مكونات المكثف ؟

. ما هي العوامل التي تؤثر على سعة المكثف ؟

. ما هي طرق توصيل المكثفات ؟

. كيف يتم شحن وتفريق المكثف؟

ماهي أنواع المكثفات ؟

1-6 حدود الدراسة :

1-6-1 الحدود الزمانية :

بدأت الدراسة من شهر مايو إلى شهرأكتوبر .

1-6-2 الحدود المكانية

تمت الدراسة في الأماكن الأتية :

. جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا .

. شركه زوم للالكترونيات .

1-7 منهجية الدراسة :

إتبعت هذه الدراسة المنهج التجريبي لملائمته لهذه الدراسة ومقدرته على تفسير الظواهر والوصول إلى حقائق وتصميمات تساعد في معرفة وا يجاد سعة المكثف وحساب الثابت الزمني .

1-8 أدوات الدراسة :

إعتمدت هذة الدراسة على اداة البحث التجريبي (تصميم الجهاز)وكتب بالإضافة إلى شبكة الإنترنت ومقابلة بعض الأساتذة .

1-9 الفرضيات :

. تساعد الطريقة العلمية التجريبية من الإرتقاء بالتعلم لدى الطلاب وربط الإطار النظرى بالجانب العملي.

. التحقق من شحن وتفريغ المكثف .

1-10 أسباب دراسة المشكلة :

. عدم وجود المكثفات في المرحلة الثانوية .

. تعريف الطلاب بأهمية الجانب العملي و التطبيقي.

1-11 المصطلحات :

. الكهرباء .

. المكثفات .

. المادة العازلة .

. الثابت الزمنى .

الفصل الثاني

الوسائل التعليمية

الفصل الثاني

الوسائل التعليمية

2-1 مقدمة :

الوسائل التعليميه قديمة قدم التاريخ , وحديثة حداثة الساعة , نجد في الدين الإسلامي الحديث كان الرسول صلى الله عليه وسلم يقول للمسلمين (صلو كما رأيتموني اصلي) ,(خذوا عني مناسككم)وا إتبع وسائل رآها مناسبة لنشر تعاليم الدين منها الإقناع والترغيب والتر هيب وغيرها .

إن الإهتمام بمفهوم الوسائل التعليميه جاء نتيجة التركيز في تقويم المتعلم على حفظ محتوى المادة الدراسية ومدى فهمها ومقدار مايحققه من أهداف تعليمية كما جاء نتيجة لتغير دور المعلم حيث لم يعد دوره قاصراً على نقل التراث التعليمي بطريقه نظرية قط بل أصبح مطالباً بالتعامل مع الأجهزة والأدوات والمواد التعليمية وكفاءتها وترتبط الوسائل التعليمية إرتباطاً وثيقاً بثلاث محاور أساسية هي (المعلم والمتعلم والمادة التعليمية) [2] .

2-2 مفهوم الوسيلة التعليمية :

هي الأجهزة والأدوات والمواد التعليمية التى يستخدمها المعلم داخل غرفة الصف , لتيسير له نقل الخبرات التعليمية إلى المتعلم بسهولة ووضوح [3] .

2-3 أهمية الوسائل التعليمية :

2-3-1 أهميتها للمعلم

إن إستخدام الوسائل التعليمية التعلمية في عملية التعليم تفيد المعلم وتساعده وتحسن إداره الموقف التعليمي , وذلك من خلال الأتي:

1- تساعد على رفع درجة كفاية المعلم المهنية وا إستعداده .

2- تغير دور المعلم من ناقل للمعلومات, وملقن إلى دور المخطط والمنفذ و المقوم للتعلم .

3- تساعد المعلم على تحسين عرض المادة وتقويمها والتحكم بها .

4- تمكن المعلم من إستغلال كل الوقت المتاح بشكل أفضل .

5- توفر الوقت , والجهد المبذولين من قبل المعلم .

6- تساعد المعلم في إثارة الدافعية لدى الطلبة , وذلك من خلال القيام بالنشاطات التعليمية محل المشكلات أو إكتشاف الحقائق.

تخلق حيوية مستمرة في جو غرفة الصف مما يساعد المعلم على الوصول بسهول إلى الأهداف التى رسمها .

2-3-2 أهميتها للمتعلم:

أما أهمية إستخدام الوسائل التعليمية في غرفة الصف فإنها أيضاً تعود بالفائدة على المتعلم وتثرى تعلمه وذلك من خلال الأتي :

1- يؤدي تنويع الوسائل إلى تكوين وبناء مفاهيم سليمة حيث يبدأ الطالب إستخدام لفظ واحد يدل على معنى محدد أوشيء معين , حيث تساعد على إكتشاف أوجه الشبة والإختلاف في موضوع الدرس مما يؤدي إلى تصنيف الخبرات .

2- تؤدي إلى زيادة مشاركة الطالب الإيجابية في إكتساب الخبرة , وتنمية قدرته على التأمل وا إشباع التفكير العلمي .

3- تعالج الفروق الفردية وذلك بتنويع أساليب التعليم وتقديم مثيرات متعددة بطرق وأسالب مختلفة لجذب إنتباه الطلبة .

4- تنمي في المتعلم حب الإستطلاع , وترغبهم في التعليم .

5- تقوي العلاقة بين المتعلم والمعلم ,وبين المتعلمين وأنفسهم , وخاصة إذا استخدمها المعلم بكفاية .

6- تشجيع المتعلم على المشاركة , والتفاعل مع المواقف الصفية المختلفة .

7- تثير إهتمام المتعلم وتشوقه إلى التعلم مما يزيد من دافعيته وقيامه بنشاطات تعليمية لحل المشكلات .

8- أثبتت التجارب أن التعلم بالوسائل التعليمية يوفر من الوقت , والجهد .

2-3-3 أهميتها للمادة التعليمية :

تكمن أهمية استخدام الوسائل التعليمية في غرفة الصف للمادة التعليمية في النقاط التالية :

1- تساعد على توصيل المعلومات , والمواقف , والإتجاهات والمهارات المتضمنة في المادة التعليمية إلى المتعلمين وتساعدهم على إدراك هذه المعلومات إدراكاً متقارباً ,وا ٍن إختلفت المستويات .

2- تساعد على إبقاء المعلومات حية وذات صورة واضحة في ذهن المتعلم .

3- تبسيط المعلومات والأفكار وتوضيحها , وتساعد الطلبه علي القيام بأداء المهارات كما هو مطلوب منهم .

4- تؤدي الوسائل التعليمية الي ترتيب وا ٍستمرار الأفكار التي يكونها الطالب ,وذلك عندما تسير المواد التعليمية كاللأفلام وغيرها .

5- تظهر العلاقات التي تربط بين الأجزاء في الشيء الواحد كما تربط الكل وتنظم الحقائق والمعلومات [3].

2-4 تصنيفات (أنواع) الوسائل التعليمية:

هناك عده طرق لتصنيف الوسائل التعليمية وتكنولوجيا التعليم (وسائل الإتصال) صنفت من قبل علماء وخبراء ومربين تربويون وسوف نذكر هنا احد التصنيفات المهمة وهي :

تصنيف الوسائل على أساس الحواس المشتركة فيها : يعتبر هذا التصنيف أول التصنيفات التي بدأت بها الوسائل التعليمية بحيث اعتمد على طبيعة الحواس التى تخاطبها الوسائل كمعيار للتصنيف , وقد قسمت الوسائل التعليمية الى الاقسام التالية :

1- الوسائل البصرية :

وتمثل جميع الوسائل التى تعتمد في دراستها على حاسة البصر منها:النماذج , العينات, الرسوم , الصور , الخرائط , الأفلام الصامتة المتحركة منها والثابتة , والرموز التصورية .

2- الوسائل السمعية :

وتشمل جميع الحواس التى تعتمد في إستقبالها على حاسة السمع ومنها : التسجيلات الصوتية , اللغة اللفظية المسموعة ,الهاتف ,الإزاعة .

3- **الوسائل السمعية والبصرية :**

وتمثل جميع الوسائل التى تعتمد في إستقبالها على حاستى السمع والبصرمعا مثل: التلفزيون , افلام الفيديو.

4-الوسائل المتفاعلة:

كالبرامج التعليمية المحوسبة مع التأكد من خاصية التفاعل بين المعلم و المبرمج[3] .

2-5 خصائص وصفات الوسيلة التعليمية الناجحة :

الصفات التى يجب أن تتوفر بالوسيلة , والتى يجب أن يراعيها المعلم عند إختيار الوسيلة وشرائها أو عند التفكير في عملها وهي :

1- أن تكون مثيرة للإنتباه واللإهتمام وأن يراعي في إعدادها وا ٍنتاجها التعلم وأسسه ومطابقتها للواقع قدر المستطاع .

2- أن تكون الوسيلة التعليمية نابعة من المنهاج الدراسي وتؤدي إلى تحقيق الهدف منها لتقديم المعلومات أو بعض المهارات .

3- أن تتسم بالبساطة والواقعية والوضوح وعدم التعقيد .

4-أن يراعي في تصميمها وا ٍنتاجها صحة المحتوى من الناحية التعليمية والجودة والدقة من الناحية الفنية .

5- يفضل أن تصنع من المواد الأولية المتوافرة محلياً .

6- أن تكون رخيصة التكاليف متينة الصنع .

7- أن تكون مناسبة ليستفاد منها في أكثر من مستوى .

8- أن تربط الخبرات السابقة بالخبرات الجديدة [3] .

2-6تصميم وا ٍنتاج الوسائل التعليمية :

قبل البدء في تحديد الخطوات الأساسية واللازمة لتصميم وا ٍنتاج الوسائل التعليمية أوا ٍستعمالها لابد للمخطط أو المنتج من أن يكون لديه معرفة بتصنيفات الوسائل التعليمية والتى تمت مناقشتها ومميزات أو خصائص كل نوع من الوسائل التعليمية وتحديد التكلفة و الجهد الذي تحتاجه سوا في مجال الإنتاج أو الإستعمال .

خطوات إنتاج وسيلة تعليمية :

هناك عوامل مشتركة ومبادئ عامة بين الوسائل نلخصها في ما يلي :

1- ضرورة وجود حاجة حقيقية لإنتاج الوسيلة , وبعد الشعور بالحاجة لابد من تحديدها بشكل دقيق وواضح .

2- تحديد الأهداف .

3- الفئة المستهدفة .

4- الحصول على بعض المساعدة .

5- تحديد الوسيلة , يجب أن تقرر هل الوسيلة سمعية ام بصرية .

6- جمع المادة العلمية .

7- معرفته بالمواد الخام (الأولية) التى يمكن إستعمالها في إنتاج الوسيلة التعليمية .

8- المخطط التمهيدي الأولي , رسم مخطط لابعاد الوسيلة ومحتوياتها والمعلومات التى يجب أن تحتويها .

9- بعد الإنتهاء من المخطط التمهيدي يتم تطويره إلى شكل قصة مصورة يتم فيها ترجمة الأفكار إلى رموز بصرية أو أصوات .

10- مخطوطة الإنتاج , يتم في هذه الخطوة وضع تعليمات واضحة لجميع المشتركين في عملية الإنتاج النهائية .

11 - تنفيذ ما جاء في مخطوط الإنتاج .

12 - إنتاج الدليل .

13 - تجربة الوسيلة على عينة من المتعلمين بهدف تقويم مدى فعاليتها قبل إعتمادها وا ٍستخدامها [3] .

الفصل الثالث

المكثفـات

الفصل الثالث

المبحث الأول الكهرباء

3-1-1 مقدمة :

تعد الكهرباء عنصراً أساسياً في حياتنا اليومية , ولا يمكن لنا الإستغناء عنها عندما تنظر من حولك ستجد كل مكان يكاد لا يخلو من آلة كهربائية أو جهاز كهربائي .

تمثل الطاقة الكهربائية أحد أهم أنواع الطاقات وخاصاً إذا عرفنا كيف نتعامل معها ونتجنب مخاطر ها .

الكهرباء هي مصدر طاقة والطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم فكل إحتراع يخترعه الإنسان له أصل في الطبيعية ومثال على ذلك وجه الشبه الذي بين الطيور والطائر ات وقس على ذلك جميع الإختراعات [4] .

3-1-2 تعريف الكهرباء وأنواعها :

الكهرباء هي شحنات تتحرك من نقطه الى اخرى بسبب تأثير كيميائي أو فيزيائي وتتكون من جهد وتيار واردد وتعتمد على المقاومة والقدرة الكهربائية .

الكهرباء هي اهم مصادر الطاقة النظيفةوهي نوعات :

1- كهرباء ديناميكية : وهي الناتجة من المولدات أو البطاريات ولها شكلان حسب التيار الناتج عنها .

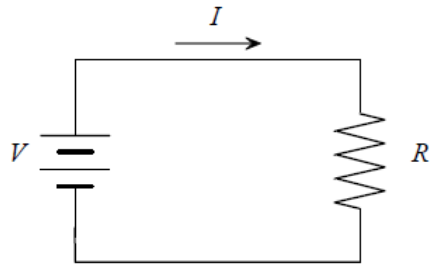
أ. تيار مستمر (البطاريات) .

ب. تيار متردد (كهرباء منازل) .

2- كهرباء إستاتيكية : وهي الناتجة من إحتكاك جسمين موصلين للكهرباء أو جسم موصل والأخرغير موصل وتتكون على شكل شحنات تتجمع على أسطح هذه الأجسام [4] .

3-1-3 الدائرة الكهربية :Electreic

تتكون الدائرة الكهربية من بطارية أو مولد كمصدر إمداد , مقاومة مفاتيح وأسلاك توصيل .

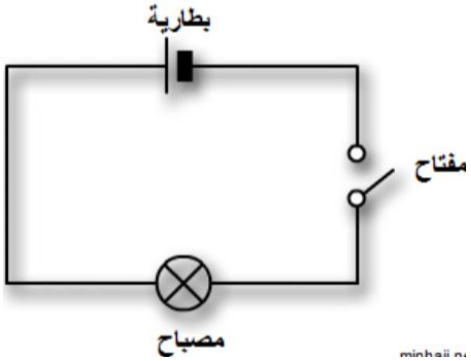


شكل رقم (3-1-1)

وهي من نوعان أنواع :-

1- دائرة مفتوحة :

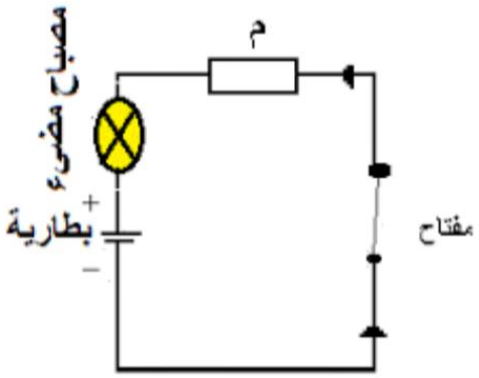
في هذه الدائرة المفتاح مفتوح ولذلك لا يمر تيار كهربي خلال الدائرة كما في الشكل (3-1-1) .



شكل رقم (3-1-2)

2- دائرة مغلقة :

في هذه الدائرة المفتاح على الوضعof ولذلك يمر التيار خلالها كما في الشكل (3-1-2) [5] .



شكل رقم (3-1-3)

3-1-4 العناصر الأساسية للدائرة الكهربائية :

1- مصادر التغذية :

تنقسم مصادر التغذية في الدائرة الكهربية الى قسمين أساسين :

أ. مصادر الجهد :

وهي مصادر تعطي فرق جهد بين أطرافها وهي إما مصادر جهد مستمر أو مصادر جهد متناوب وهي المصادر تنقسم إلى :

1- مصادر الجهد المثالية :

وتعرف هذه المصادر بأنها مصادر التغذية التي تعطي جهداً ثابتاً على أطرافها وتمتاز بأن مقامتها الداخلية تساوي الصفر (R_i=0)

2- مصادر الجهد العملية :

وهذه المصادر تتغير قيمة الجهد على أطرافها بتغير الحمل وتمتاز هذه المصادر بوجود مقاومة داخلية .

ب . مصادر التيار :

وهي مصادر تعطي تيار بين أطرافيه ويمكن أن تكون مصادر تيار مستمر أو مصادر تيار متناوب وتقسم إلى قسمين أساسيين :-

- مصدر تيار مثالي : مقاومته الداخلية لا نهائية ($R_i=\infty$)
- مصدر تيار عملي : مقاومته الداخلية ليست كبيرة جداً .

ويمكن في الدوائر الكهربية التحويل من مصادر الجهد الى مصادر التيار وبالعكس .

2- النواقل :

تستخدم في الدوائر الكهربية مواد ذات موصلية جيدة من أجل إيصال التيار الكهربائي من مصدر التغذية الي الحمل والعناصر الموجودة في الطبيعة تصنف الى عدة اصناف من حيث توصيلها للتيارالكهربائي وهي:-

أ- مواد موصلة :

وتمتاز بوجود عدد كبير من الالكترونات الحر ة في المدارات الخارجيه لزراتها وتمتاز كذلك بمقاومتها القليلة لمرور التيار الكهربائي مثل : النحاس والفضة .

ب - مواد شبه موصلة :

وتمتاز بوجود عدد من الالكترونات الحره في المدارات الخارجية ولكن بعدد اقل من ذلك الموجود في المواد الموصلة مثل السيليكون والجرمانيوم , وتستخدم في صناعة العناصر الإلكترونية مثل الدايودات والترانزستورات .

ج- وتمتاز بوجود عدد قليل من الالكترونات الحره في المدارات الخارجية لزراتها , وتمتاز كذلك بمقاومتها الشديدة لمرور التيار الكهربائي مثل الزجاج والخشب وتستخدم لعزل الاسلاك الكهربائية المستخدمة لنقل القدرة الكهربائية .

3- دوائر التحكم :

وهي الدوائر التى تحدد عمل الدوائر الكهربائية من حيث ايصال او فصل التيار الكهربي ,وهذه الدوائر يمكن ان تكون بسيطة كما في حال استخدام مفتاح لوصل او فصل التيار

الكهربائي, ويمكن أن تكون دوائر تحكم معقدة كما هو الحال في دوائر التحكم الخاصة بتشغيل مجموعة من الألات الكهربائية والعناصر الكهربائية في خطوط الإنتاج .

4- الأحمال الكهربية :

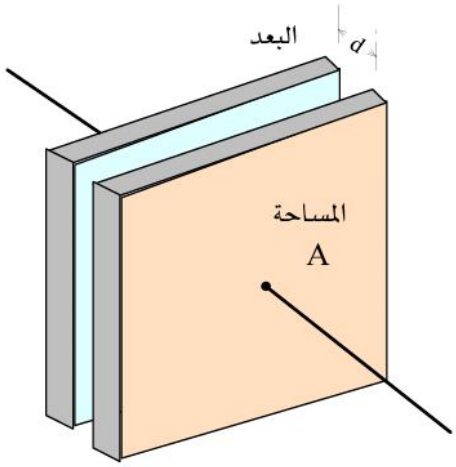
تقسم الأحمال الكهربائية إلى :

أ. الأحمال الأومية :

وهي عبارة عن المقاومة الكهربائية (Resistance) ,ويرمز لها بالرمز (R) وتقاس بالأوم (Ohm) الذي يرمز له بالرمز (Ω) .

ب.الأحمال السعوية CapacitiveLoads:

وهي عبارة عن المكثفات , والمكثف هو عنصر كهربائي يتألف من طبقتين من معدن موصل بينهما طبقة عازلة من الورق او الهواء او الزجاج او السراميك أو الميكا .



شكل رقم (3-1-4)

تعرف سعة المكثف بانها قدرة المكثف على تخزين الشحنة الكهربائية . ويرمز لها بالرمز (c) وتقاس بالفاراد (F) وتعتمد سعة المكثف على مساحة الالواح الموصلة ونوع المادة العازلة بين لوحيه إ ضافة الى المسافة بين اللوحين. [6]

$$C = \frac{\varepsilon_{\circ} A}{d} \quad (1\text{-}1\text{-}3)$$

حيث:

C ≡ سعة المكثف .

A≡مساحة كل من اللوحين .

d≡المسافة بين اللوحين .

$\varepsilon_{\circ}$≡ السماحية الفراغ .

المبحث الثاني

المكثفات

3-2-1 مقدمة :

تعتبر المكثفات من المكونات الهامة في الإلكترونيات وفي صناعة أجهزة الإتصالات حيث إنها من المكونات الأساسية في دوائر كثيرة مثل دوائر الإرسال , وسوف نصف فيما يلي السعة الكهربائية , والتعرف على العوامل المؤثرة على المكثف , وكيف يتم توصيل المكثفات على التوالى والتوازي وأنواعه وا إستخدماته يعتبر المكثف أداة لتخزين الشحنة , وكان أقدم مكثف قد أخترع على الأغلب صدفة بواسطة فان موشنينبروك (Van mussuchenbroek) حوالي عام 1746 , ويعرف بإسم وعاء ليدن [7] .

3-2-2 السعة الكهربائية (capacitance)

تعتبر السعة الكهربائية مقياساً لمقدرة المتسع (المكثف) على خزن الشحنة الكهربائية وطاقة الوضع الكهربائية .

وتعرف السعة الكهربائية(C) لموصل ما بلأنها النسبة بين كمية الشحنة الكهربائية (Q)التي يحملها الموصل إلى الجهد الكهربائي(V) الناشيء عن هذه الشحنة .

$$C = \frac{Q}{V} (1\text{-}2\text{-}3)$$

وتقاس السعة الكهربائية بوحدة الفاراد تكريماً للعالم ميخائيل فارادي (Michael faraday) (1791-1867) . ويعرف الفاراد F , بأنه سعة جسم موصل يزداد جهده الكهربائي بمقدار(1V)عند شحنه بشحنة كهربائية مقدارها(1C) , وعليه فإن:

$$1F = \frac{1C}{V} (\ 2\text{-}2\text{-}3)$$

ومن الناحية العملية تعد وحدة الفاراد كبيرة نسبياً , لذلك نستخدم أجزاء من وحدة الفاراد لأنها أكثر ملاءمة وأكثر شيوعاً . فهنالك وحدة الميكروفاراد (µF) بحيث $\mu F = 10^{-6} F$ والبيكوفاراد (PF) بحيث $PF = 10^{-12} f$ وهكذا [7] .

3-2-3 تعريف المكثف :

هو عبارة عن موصلين متواجهين ومعزولين بعازل كهربائي وهو جهاز لتخزين الطاقة الكهربية [5] .

3-2-4 نظرية عمل المكثف :

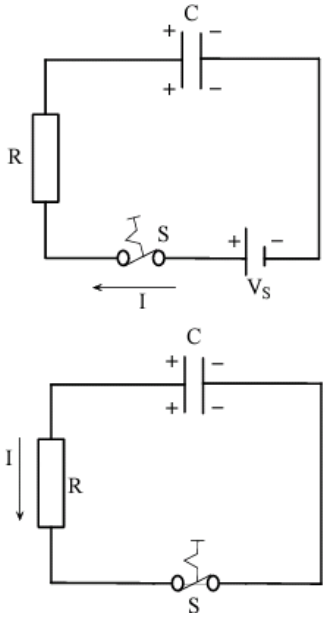
عندما يكون المكثف غير متصل بمصدر جهد (بطارية) فإن كلاً من لوحي المكثف يحتوي على كمية متساوية من الالكترونات (لايوجد طاقة كهربية مخزنة في المكثف) وعندما يتم توصيل تيار مستمر من مصدر الجهد (حالة الشحن) فإن احد طبقتي المكثف تتصل بالقطب الموجب للبطارية والاخرى تتصل بالقطب السالب .

حيث تتدفق الإلكترونات من القطب السالب للبطارية الى اللوح السالب فيتكون فائض من الإلكترونات على اللوح السالب ويحدث العكس في اللو ح الموجب حيث يسحب منه عدد من الإلكترونات مساوياً لعددها حول اللوح السالب فيفقد هذا اللوح الإلكترونات ويصبح موجب الشحنة وبذلك يصبح المكثف مشحون بشحنة كهربائية وهي عبارة عن كمية الإلكترونات المنتقلة من أحد اللوحين الى اللوح الأخر .

وبسبب وجود الطبقة البينية العازلة فانه لايمكن الإلكترونات أن تمر من خلال المكثف ونتيجة لحركة الإلكترونات ينشأ تيار يسمى بتيار الشحن (يتناقص كلما تراكمت الشحنة على لوحي المكثف) عندما ينتهى الشحن فإن جهد اطراف المكثف يتساوى مع جهد المنبع وينشأ ما يعرف بالمجال الكهربائي .

وتساوي الشحنة المخزنة في المكثف (q) = تيار الشحن (I)X زمن الشحن (t) .

ويبقى المكثف محتفظاً بشحنة حتى لو فصل من مصدر الجهد. والشكل (3-2-1) يوضح دائرة تتكون من مكثف ومقاومة وجهد ومفتاح



شكل رقم (3-2-1)

ونلاحظ أن جهد المكثف = جهد المنبع (V_S)وذلك عندما يكون تيار الشحن مساوياً للصفر(I=0)والمنحني بين التيار وفرق الجهد والزمن يأخذ شكل لوغريثمى حيث انه بعد زمن t=RC ثانية فإنة الجهد على طرفي المكثف يصعد إلى 0.63 والتيار يهبط إلى حاصل ضرب RC=$\frac{0.63V_S}{R}$ ويسمى الثابت الزمني للدائرة حيث R المقاومة و c سعة المكثف ويوضح المنحنى علاقة الجهد والتيارمعالزمن عند شحن وتفريغ المكثف.

ويتبع منحنى الجهد في الشحن العلاقة التالية :

$$V_c = V_S(1- e^{-t/RC}) \quad (3-2-3)$$

أي أن الجهد يزيد بعلاقة لوغاريثمية مع الزمن (علاقة طردية)

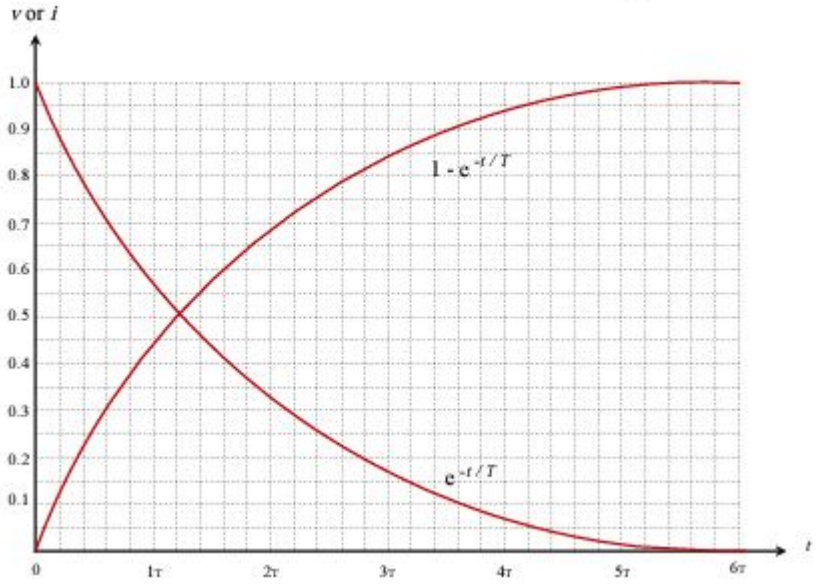
أما منحنى التيار في حالة الشحن فهو يتبع العلاقة التالية :

$$I = V_S/ R = e^{-t/RC} \qquad (4-2-3)$$

أي أن التيار ينخفض مع مرور الزمن متبعاً بذلك علاقة لوغريثميه (علاقه عكسيه).

وعندما يتم قفل المفتاح في الدائره الموضحه بالشكل (4-6)(حالة تفريغ المكثف),

فإن التيار ينساب خارجاً من اللوح الموجب للمكثف ومتجهاً إلي اللوح السالب للمكثف مروراً بالمقاومةRوعندما يصل جهد المكثف الي(V_c =0)فإن مرور التيار ينقطع وتأخذ منحنيات التفريغ لجهد وتيار المكثف شكل لوغريثمكما موضح بالشكل (3-2-2)[8] .



شكل رقم (3-2-2)

3-2-5 العوامل المؤثرة على المكثف :

1- المساحة السطحية لألواح المكثف (A) :

إن سعة المكثف تتناسب طردياً مع المساحة السطحية للألواح , فإذا زادت مساحة سطح اللوح زادت مساحة سعة المكثف .

2- المسافة بين الألواح (d) :

تقل السعة عندما تزداد المسافة بين الألواح وتزداد كاما قلت تلك المسافة أي أنه يوجد تناسب عكسي بين سعة المكثف والمسافة بين ألواحه .

3- الوسط العازل (المادة العازلة) :

تتغير سعة المكقف بتغير المادة العازلة بين الألواح ويعتبر الهواء الوحدة الأساسية لمقارنة قابلية عزل المواد الأخرى المستعملة في صناعة المكثفات , يوجد لكل مادة ثابت عزل يطلق عليه (إبسلون) [5] .

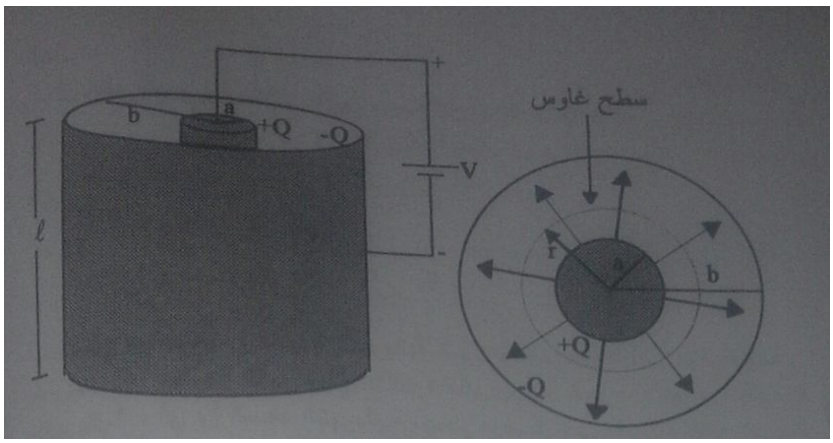
وهذة العوامل تمثل العلاقه الرياضية (3-1-1)

3-2-6 أنواع المكثفات :

1- المكثف الإسطواني :

يتكون المكثف الاسطواني من إسطوانة معدنية داخلية نصفa قطرها متحدة بالمركز مع قشرة اسطوانة خارجية نصف قطرها b ويفصل الأسطوانتين الهواء أو الفراغ .

أما أهمية معالجتها لهذا النوع من المتسعات (المكثفات) فتمكن من إستخدماته المختلفة وأهمها السلك المحوري .



شكل رقم(3-2-3)

وفي هذا النوع من المكثفات يمكن إعتبار الشحنة الكهربائية Q موزعة على طول الإسطوانة Lأي بكثافة طولية للشحنة مقدارها λ:

$$\lambda=\frac{Q}{l}=\frac{dq}{dl}$$

ولحساب السعة الكهربائية للمكثف نجد أولاً فرق الجهد بين الإسطوانتين الداخلية والخارجية $v_a - v_b$ ويمكن حساب المجال E_r عند أي نقطة r بين الإسطوانتين(a<r<b)بإختيار سطح غاوس اسطواني الشكل وبطول L ,وبتطبيق قانون غاوس نجد التدفق الكهربائي عبر سطح غاوس المبين في الشكل (3-2-3)

$$\oint \vec{E}.d_A \equiv \frac{1}{\varepsilon_\circ}\int dq$$

$$E_r(2\pi rL) = \frac{1}{\varepsilon_\circ}\lambda L$$

$$E_r = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_\circ}$$

التدفق الكهربائي عبر طرفي الاسطوانة يساوي صفرا لكون المجال الكهربائي عموديا نجد أن فرق الجهد يساوي :

$$v_a - v_b = -\int_b^a E_r dr$$

بتعويض قيمة E_rفي المعادلة أعلاه نجد أن :

$$v_a - v_b = -\int_b^a \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_\circ r} dr$$

$$= -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_\circ}\int_b^a \frac{dr}{r}$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_\circ} Ln\left[\frac{b}{a}\right]$$

$$= \frac{Q}{2\pi\varepsilon_\circ L} Ln\left[\frac{b}{a}\right]$$

وتكون السعة الكهربائية للمكثف الإسطواني تساوي :

$$C = \frac{Q}{v_a - v_b} = \frac{2\pi\varepsilon_\circ L}{\mathrm{Ln}\,(b/a)} \qquad (5\text{-}2\text{-}3)$$

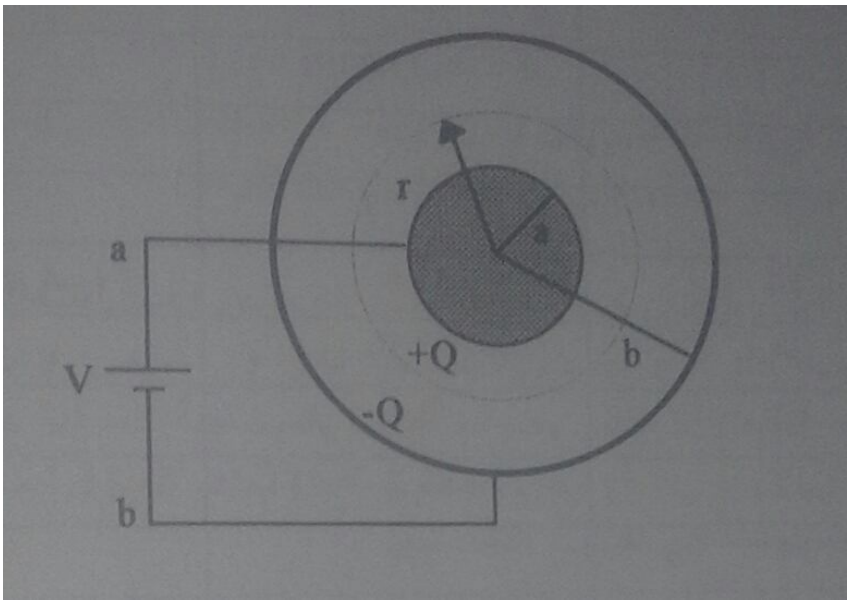
أو أن السعة الكهربائية مقاسة لكل وحدة طول تساوي :

$$\frac{Q}{l} = \frac{2\pi\varepsilon_\circ}{\mathrm{Ln}\,(b/a)}$$

تعتمد السعة الكهربائية للمكثف الإسطواني على الأبعاد الهندسية للمكثف وكذلك الوسط العازل بين الإسطوانتين .

2- المكثف الكروي :

يتكون المتسع الكروي من موصل كروي داخلي نصف قطره a متحد بالمركز مع قشرة موصل كروي خارجي نصف قطرها b ويفصلها الهواء أو الفراغ كوسط عازل كما في الشكل (3-2-4)



شكل رقم (3-2-4)

يتم شحن الموصل الكروي الداخلي بشحنة موجبة بينما تشحن قشرة الموصل الخارجي بشحنة كهربائية سالبة مساوية للشحنة الموجبة بواسطة مصدر جهد ثابت Vوالشحنة الصافية على المتسع الكروي تساوي صفراً أي أنه متعادلة كهربياً .

حيث إن كلا من الموصلين الكرويين يحمل شحنة كهربائية وأن فرق الجهد بينهما يساوي v_a - v_b , حيث v_a جهد الموصل الكروي بينما v_b جهد قشرة الموصل الخارجي .

إذن يمكن حساب فرق الجهد يعطى بالعلاقة التالية :

$$v_a - v_b = - \int_b^a E_r . dr \quad (1)$$

حيث E_r هو المجال الكهربائي بين الموصلين ولإيجاد E_rنختار سطحاً كروياً مغلق يسمى بسطح غاوس نصف قطره r(a<r<b) نجد أن :

$$E_r = \frac{KQ}{r^2}$$

وبتعويض قيمة E_r في المعادلة (1) نجد أن :

$$v_a - v_b = - \int_b^a \frac{kQ}{r^2} dr$$

$$= - KQ \int_b^a \frac{dr}{r^2}$$

$$= KQ \left(\frac{1}{r}\right)$$

$$= KQ \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

إذن: $v_a - v_b = KQ \left(\frac{b-a}{ab}\right)$

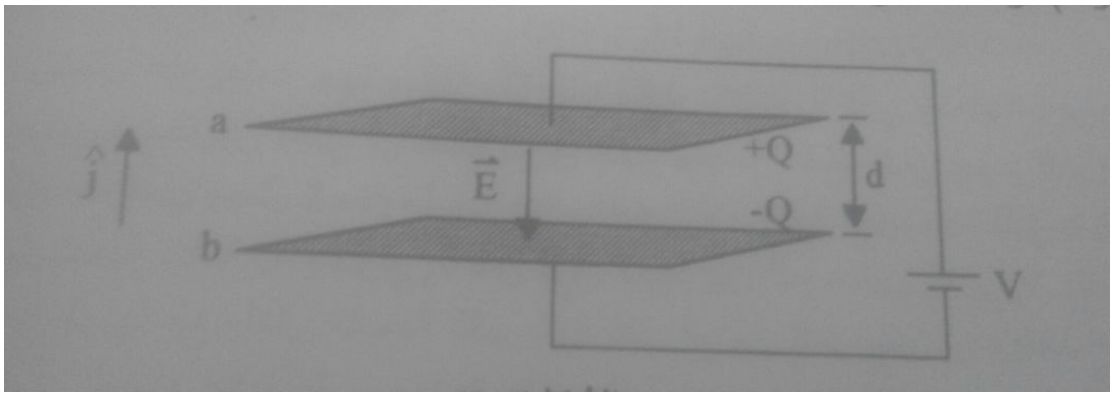
وعليه تكون السعة الكهربائية تساوي :

$$C = \frac{Q}{v_a - v_b} = \frac{ab}{k(b-a)} \qquad (6-2-3)$$

يتضح من العلاقه (3-2-6) أن سعة المكثف الكروى تعتمد على الأبعاد الهندسية للكرتين وعلى الوسط الفاصل بينهما .

3- المكثف ذو اللوحين المتوازين :

يتكون هذا النوع من المتسعات كما في الشكل (3-2-5) من لوحين مستويين ومتوازيين a , b يقابل إحداهما الأخر . يفصلهما إما الفراغ (من ناحية عملية الهواء) او اي مادة عازلة .



شكل رقم (3-2-5)

وتكون المسافة بين اللوحين صغيرة جداً بالمقارنة مع أبعاد كل من لوحي المتسع لدرجة أنه يمكن إعتبار كل منهما صفيحة لا نهائية الأبعاد . ويتم شحن أحد اللوحين بشحنة موجبة Q+ والأخر بشحنة سالبة Q– مساوية للشحنة الموجبة بواسطة مصدر جهد ثابت V كالبطارية مثلاً . فينشأ مجال كهربائي بين اللوحين يكون إتجاهه من اللوح الموجب إلى اللوح السالب . وتنتظم خطوط المجال الكهربائي في المنطقة الواقعة بين اللوحين كلما كان اللوحين أكثر قرباً من بعضعما البعض بينما يكون المجال الكهربائي أقل انتظاماً عند الأطراف نتيجة لتأثير الحواف . والمجال الكهربائي E+ عند الأطراف قريبة من اللوح المشحون بشحنة موجبة يساوي :

$$\vec{E}_{+} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_{\circ}} (-\hat{j})$$

$$\vec{E}_{-} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_{\circ}} (-\hat{j})$$

حيث أن: $\sigma = \frac{Q}{A}$

وعلية فإن محصلة المجال الكهربائي $\vec{E}$ بين اللوحين يساوي :

$$\vec{E} = \vec{E}_{+} + \vec{E}_{-}$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_{\circ}} (-\hat{j}) + \frac{\sigma}{2\varepsilon_{\circ}} (-\hat{j}) \quad (1)$$

حيث :

$\sigma \equiv$ الكثافة السطحية للشحنة .

A ≡ مساحة أحد اللوحين .

$\varepsilon_{\circ} \equiv$ سماحية الوسط (الهواء أو الفراغ) .

وبتطبق قانون غاوس نجد أن التدفق الكهربي $\Phi_{\circ}$ يساوي :

$$\Phi_{\circ} = \oint \vec{E}\, dA = \frac{Q}{\varepsilon_{\circ}} \quad (2)$$

إذن :

$$E \int dA = \frac{Q}{\varepsilon_{\circ}}$$

$$E = \frac{Q}{A\varepsilon_{\circ}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}} \qquad (3)$$

وبناءاً على ما سبق في المكثف الإسطواني تكون السعة الكهربائية C تساوي :

$$C = \frac{Q}{v_a - v_b} \qquad (4)$$

حيث أن فرق الجهد بين طرفي المكثف يساوي :

$$v_a - v_b = Ed \qquad (5)$$

وبتعويض قيم المعادلات (3) (4) (5) نجد أن السعة الكهربائية للمكثف ذو اللوحين المتوازيين:

$$C = \frac{\varepsilon_\circ A}{d} \qquad (1\text{-}1\text{-}3)$$

يتضح من المعا دلة (3-1-1)أن السعة الكهربائية تعتمد على الأبعاد الهندسية للموصلين المكونين للمتسع كالمساحة والبعدبين اللوحين.وتعتمد علىنوع الوسط الفاصل بين الشحنتين الكهربيتين.

يبين الجدول ثابت العزل بعض المواد العازلة المستخدمة في تصنيع المكثفات

جدول رقم (3-2-1)

المادة	ثابت العزل K	شدة المجال القصوى $x10^6$ (v/m)
الفراغ	1.0	-
الزجاج (البايركس)	5.6	14
المطاط	6.7	12
النايلون	3.4	14
الورق	3.7	16
زيت السيليكون	2.5	15
الباكلين	4.9	24
الهواء الجاف	1.00059	3
الماء	80	-
البوليستيرين	2.56	24
الكواتز	3.78	8

شدة المجال القصوى هي اكبر مجال تتحمله المواد العازلة دون حصول تفريغ كهربائي [7].

3-2-7 تعريف المادة العازلة :

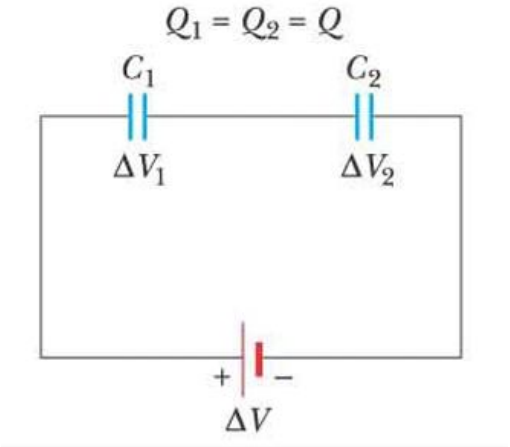
هي تلك المادة التي تبدي مقاومتها كبيرة تمنع مرور التيار خلالها مثل المطاط [7] .

3-2-8 توصيل المكثفات :

1- التوصيل على التوالي :

يبين الشكل(3-2-6) مكثفين غير مشحونين , سعتهما الكهربائية c_2 , c_1 موصلين على التوالي.

فعند وصل المكثفين بمصدر ثابت للقوة الدافعة الكهربائية يشحن الطرف العلوي للمتسع الأول c_1 بشحنة موجبة q+ والطرف السفلى للمتسع الثاني c_2 بشحنة سالبة q- .أما اللوحين السفلى للمتسع الأول و العلوى للمتسع الثاني فيشحنا بالتأثير و بنفس مقدار الشحنة بحيث تكون شحنة كل منهما مخالفة لشحنة اللوح الذى يقابله .



شكل (3-2-6)

فرق الجهد للمكثفينV يساوى مجموع فرقى الجهد بين طرفى كل من المكثف الأول V_1 والثانى V_2 .

أى أن :(1) $V = V_1+V_2$

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

وبالتعويض في المعادلة (1) نجد أن :

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

وا ٍذا إستعضنا عن المتسعين بمتسع واحدسعتة الكهربائيةC_{aq}بحيث يبقي فرق الجهد بين طرفيه V فإن :

$$\frac{Q}{C_{aq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

وعليه فإن:

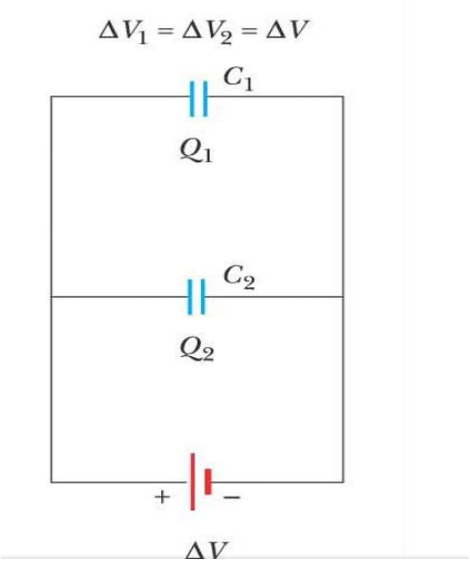
$$\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1}\frac{1}{C_{aq}} =$$

ويمكن تعميم المعادلة لأى عدد nمن المكثفات الموصلة على التوالى, أى ان

$$\frac{1}{C_{aq}} = \sum_{i=1}^{a} \frac{1}{C_i}$$

2-التوصيل على التوازي

يبين الشكل (3-2-7) وصل مكثفين سعتهما الكهربائية c_2 , c_1 موصلين على التوازي بمصدر ثابت القوه الدافعة الكهربائية (V)



شكل رقم (3-2-7)

من الواضح أن فرق الجهد بين طرفي كل من المكثفين يساوي جهد المصدر . ويستدعي مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية أن يكون مجموع الشحنات الكهربائية على المتسعين Q_2 , Q_1 مساوياً للشحنة الكلية Q .

أي أن :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

وبالتعويض في المعادلة السابقة نجد أن :

$$Q = V_1 C_1 + V_2 C_2$$

ولكن : $V_1 = V = V_2$

إذن: $Q = V (C_1 + C_2)$

ومنها: $C_1 + C_2 = = C_{eq} \frac{Q}{V}$

وهكذا فإن السعة الكهربائية المكافئة C_{eq} لمجموعة متسعات (مكثفات) عددها nموصلة على التوازي تكون تساوي :

$$ceq = \sum_{i=1}^{n} c_i$$

أي أن السعة المكافئة لمجموعة متسعات موصولة على التوازي تكون أكبر من السعة الكهربائية لكل منها [7] .

الفصـل الرابـع

تجربة شحن وتفريغ المكثف

الفصـــل الرابـــــع

تجربة شحن وتفريغ المكثف

(4-1) الهدف :

- التحقق من شحن وتفريغ المكثف .
- إيجاد سعة المكثف وحساب الثابت الزمني .

(4-2) الأجهزة والادوات :

مصدر جهد كهربائي , مفتاح , أسلاك توصيل , مقاومة , مكثف , أفوميتر , ساعة إيقاف .

(4-3)النظرية :

$$\tau = RC$$

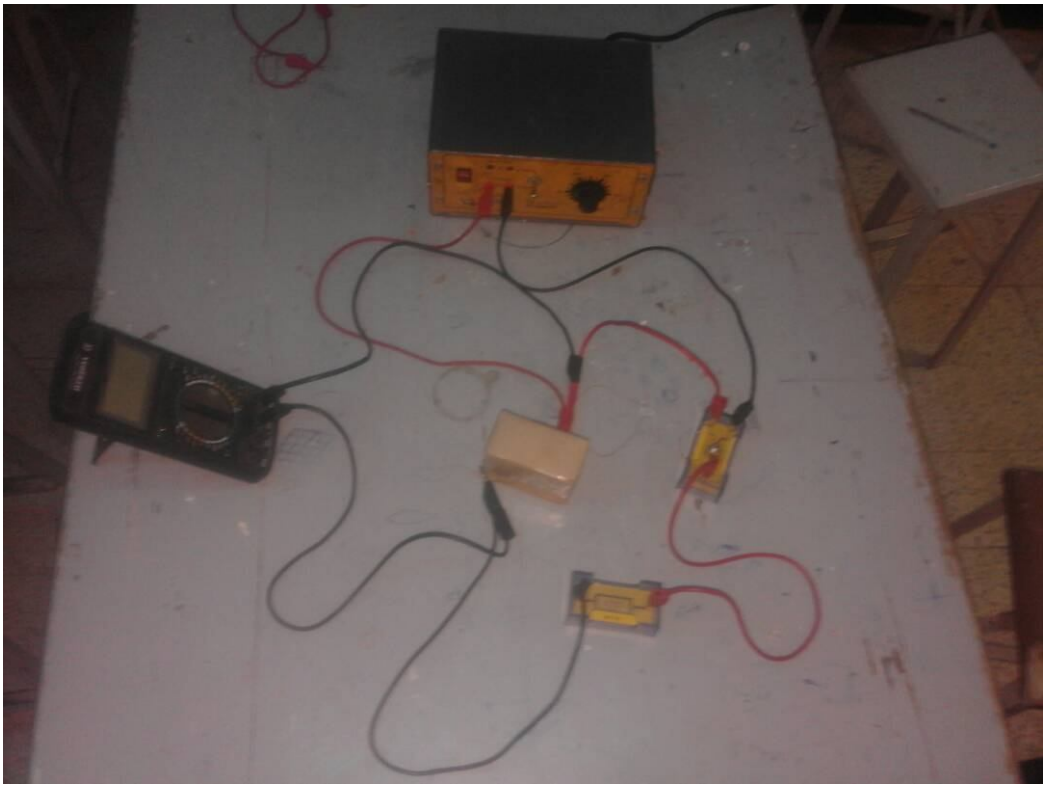
$\tau \equiv$ الثابت الزمني .

$R \equiv$المقاومة .

$C \equiv$ سعة المكثف .

(4-4)الطريقة :

و ُ صلت الدائرة كما موضح في الشكل (4-1) وتم توصيل الجهد بين طرفي المكثف .أُدخل جهد مقداره 20فولت على الدائرة بإستخدام جهاز الأوفومترثم شُغل المصدر وساعة الإيقافففي نفس الوقت وأُخذت القراءات بعد كل 5 ثواني في حالة الشحن وأُغلق المفتاح في حالة التفريغ. ثم رسمت علاقة بين الزمن و جهد الشحن والتفريغ.ومنها تم إيجاد قيمة الثابت الزمني (τ).



شكل رقم (4-1) دائرة شحن وتفريغ المكثف

شكل رقم (4-2) جهاز المكثف

جدول النتائج :

v_c = 20v R = 12kΩ

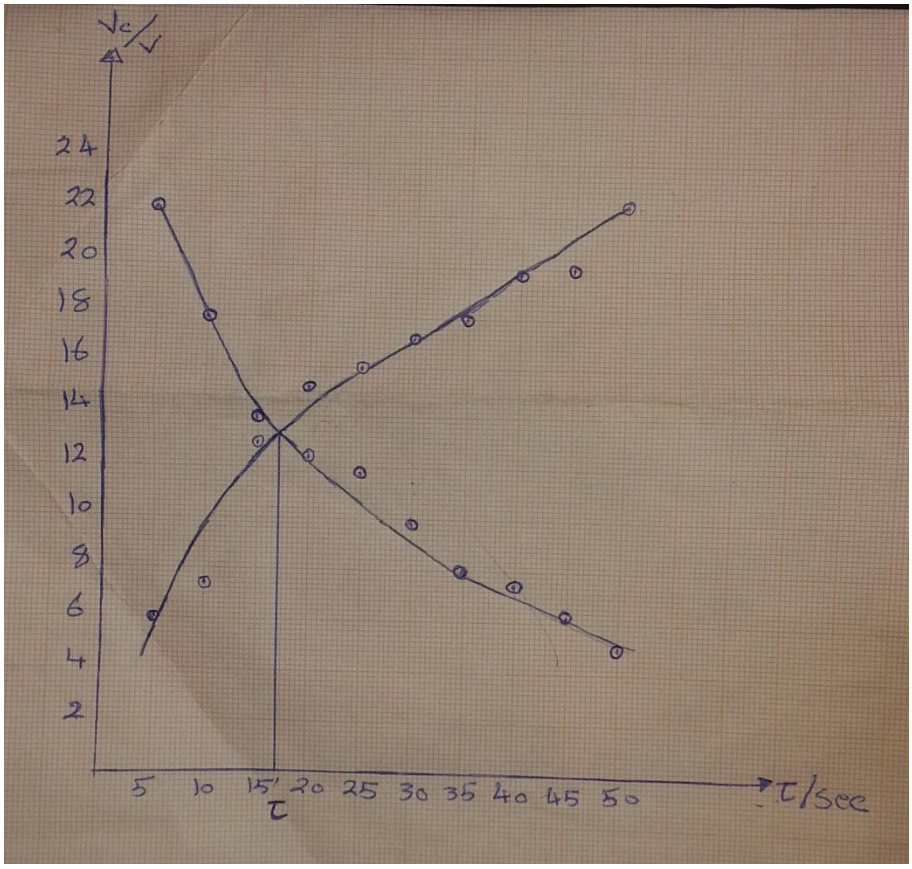
T / sec	عملية الشحن v_c / volt	عملية التفريغ v_c / volt
5	6	22.2
10	7.7	18
15	13	14
20	15.5	12.4
25	16.1	11.8
30	17.2	9.8
35	18	8
40	19.8	7.6
45	20	6.3
50	22.2	5

جدول رقم (4-1)

رسم بياني يوضح العلاقة بين ($\boldsymbol{v_c}$,$\boldsymbol{\tau}$) ومقياس الرسم على المحاور :

∀ 1 cm x = 5 sec

∀ 1 cm y = 2 V



شكل رقم (4-3)

(5-4) الحسابات :

$$\tau = RC$$

$$\tau = 17$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{17}{12X\ 10^{3}} = 1.4X\ 10^{-3}$$

$$= 1400\ X10^{-6}\ F$$

$$= 1400\ \mu F$$

(4-6)الخلاصة :

تم التحقق من عملية شحن وتفريغ المكثف وتم حساب الثابت الزمني τ = 17 وسعة المكثف

$$C= 1400\mu \ F$$

- **ملحوظة :**

وجد أنه كلما كانت المسافة بين اللوحين صغيرة كانت عمليتي الشحن والتفريغ سريعة وكذلك كلما كان سمك اللوحين صغير كان مرور الإلكترونات أسهل وبالتالي تتم عمليتي الشحن والتفريغ بصورة أفضل .

(4-7)التوصيات :

1. توفر معمل متكامل بالمرحلة الثانوية لجعل عملية التعلم أسهل .
2. أن يكون المكثف أحد الأجهزة الموجودة في مقرر المرحلة الثانوية .
3. توفير المواد الخام من أجل تصميم بعض الأجهزة البسيطة .
4. الجزء العملي يجب أن يكون مادة أساسية من ضمن المقرر .

(4-8)الخاتمة :

بحمد الله سبحانه وتعالى أكملنا هذا البحث رغم الصعوبات التى واجهتنا في تصميم المكثف وقد خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها تشجيع الجانب العملي بالنسة لطلاب المرحلة الثانوية ونقترح أن يكون المكثف ضمن مقرر المرحلة الثانوية .

(4-9) المراجع والمصادر :

1/ تكنولوجيا التعليم , كمال عبد الحميد , مكتبة علا للطبع والنشر, القاهرة .

2/الوسائل التعليمية وتكنولوجيا التعليم , محمد علي سيد , دار الشروق للنشر والتوزيع , الطبعة الأولى , 1999م .

3/تصميم وا إنتاج الوسائل التعليمية , ماجدة السيد عبيد , دار صفاء للنشر والتوزيع , عمان , الطبعة الأولى م2001 م . 1421هـ .

4/.WWW.WEKIPEDIA

5/أساسات الهندسة الكهربية , وحيد مصطفى أحمد , دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع , القاهرة , ط1 2004 , ط2 2007 .

6/كهرباء وا إلكترونيات , م. حيدر عبد المجيد المومني , مكتبة المجتمع , عمان , الطبعة الثانية , 2008 .

7/ أساسيات الكهرباء والمغناطيسية , د . معروف خليل عبد الله ,دار المناهج للنشر والتوزيع , الأردن , الطبعة الأولى 1432 هـ 2011 م .

8/ أساسيات الكهرباء والإلكترونات , المؤسسة العامة للتعليم الفنى والتدريب المهني , المملكة العربية السعودية .