الفصل الخامس : المتسعات والمواد العازلة

السعة:

فإذا أخذ موصل غير محدود الشكل ووضعت عليه شحنة معينة قدرها q فإن هذه الشحنة سوف توزع على سطح هذا الموصل بشكل متوازن (equilibrium). والجهد في أية نقطة في الحيز الذي يحيط بالموصل يمكن حسابه من المعادلة

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

حيث:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\sigma dS}{r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٣-١)$$

حيث σ كثافة الشحنة السطحية و dS عنصر السطح من الموصل وإذا علمت كيفية توزيع الشحنة على الجسم أمكن حساب جهد ذلك الجسم. فإن الجهد على سطح الموصل الكروي المشحون بشحنة قدرها q ونصف قطره R تحدده المعادلة :

$$V = \int_{R-X}^{R+X} \frac{2\pi\sigma R}{4\pi\varepsilon_0 X} dr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \quad \text{أو} \quad q = 4\pi\varepsilon_0 RV = CV \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٣-٢)$$

حيث

$$C = 4\pi\varepsilon_0 R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣-٣)$$

وتسمى C بالسعة الكهربية للموصل (capacitance) وتتناسب تناسبا طرديا مع نصف القطر. أي أن C تعتمد على أبعاد وشكل الموصل. وواضح من المعادلة (٢-٣) أنه يمكن زيادة الشحنة الكهربية على أي موصل فيرتفع تبعا لذلك جهده ولكن هذه الزيادة لابد أن تقف عند حد معين وإلا ارتفع الجهد إلى الدرجة التي يحدث عندها التفريغ الكهربي خلال الوسط المحيط بالموصل. ومن العوامل التي يمكن معها زيادة أو نقصان جهد موصل مشحون وجود جسم آخر بالقرب منه أو بعيدا عنه.

ووحدات السعة هي الفاراد (farad) في نظام الـ (S.I.) حيث:

$$1 \text{ farad (F)} = 1 \text{ C / V}$$

أما في النظام الجاووسي فوحدات السعة هي استات فاراد stat . farad

$$1 \text{ stat . F} = 1 \text{ stat C / stat . V}$$

والفاراد وحدة كبيرة للسعة لذلك فإن وحدات أصغر قيمة تستعمل كثيرا وهي الميكروفاراد والبيكوفاراد حيث

$$1\ \mu\text{F (microfarad)} = 10^{-6}\ \text{F}$$

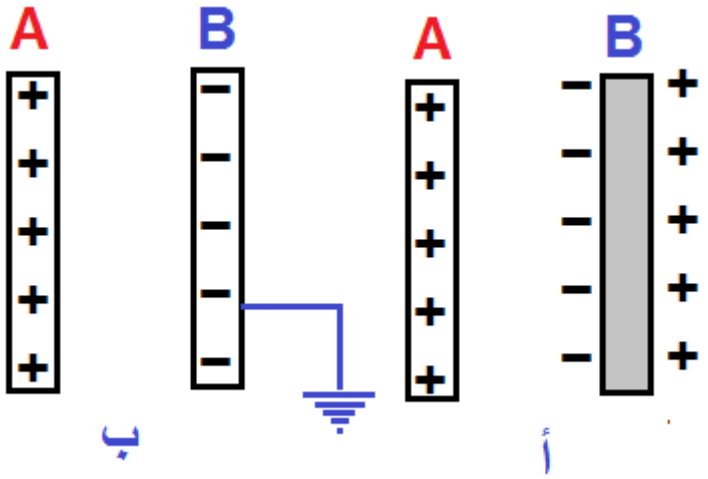
$$1\ \text{pF (picofarad)} = 10^{-12}\ \text{F} = \mu\mu\text{F}$$

$$1\text{n F (nanofarad)} = 10^{-9}\ \text{F}$$

Condensers and Capacitors المتسعات والعوازل

إذا قرب موصلان مشحونان بعضهما من بعض فإن جهد كل موصل لا يتوقف فقط على الشحنة التي يحملها بل يتوقف أيضا على كمية الشحنة ونوعها الموجودة على الموصل المجاور وكذلك على شكل الموصل وحجمه ومكانه.

إذا فرض أن موصلا A معزولا وعليه شحنة موجبة فيكون جهد هذا اللوح هو الفرق في الجهد بينه وبين الأرض باعتبار الأرض موصلا للكهرباء، جهد الأرض يساوي الصفر، وإذا اقترب موصل آخر B معزول وغير مشحون من الموصل A فإن الموصل B يكتسب شحنة سالبة مقيدة على الوجه المقابل للموصل A وشحنة موجبة مطلقة على الوجه الآخر ونتيجة لذلك فإن جهد A يقل قليلا عن قيمته الأصلية وهذا يؤدي إلى زيادة سعته، أي أنه يحتاج إلى شحنة إضافية حتى يرتفع جهده إلى قيمته الأصلية.



شكل (١-٣): أ ـ الموصل A مشحون شحنة موجبة ثم اقترب منه موصل B غير مشحون فاكتسب شحنة سالبة مقيدة على الوجه المقابل للموصل A وشحنة موجبة مطلقة على الوجه الآخر.
ب ـ ثم وصل الموصل B بالأرض فتعادلت الشحنة الموجبة مع الأرضي.

وعند توصيل الموصل B بالأرض، شكل (١ب ـ ٣)، فإن إلكترونات تنتقل من الأرض لتعادل الشحنات الموجبة المطلقة على B وتكون النتيجة أن اللوح B يكتسب شحنة سالبة فقط وبهذا يصبح جهد الموصل A أقل بكثير من جهده الأصلي منفردا وبهذا تزداد سعته زيادة كبيرة ويحتاج بذلك إلى شحنة إضافية كبيرة حتى يعود الجهد إلى وضعه الأصلي وهذا يعني زيادة مقدرة الموصل A على تخزين الشحنات الكهربائية.

وتسمى **المجموعة المكونة من موصل مشحون معزول وموصل آخر قريب متصل بالأرض** بالمكثف وبصفة عامة فإن ***«أي مجموعة مكونة من موصلين مشحونين بشحنتين مختلفتين في النوع ومتساويتين في المقدار قريب بعضهما من بعض تسمى*** المتسعة ***»***.

وتعرف سعة المتسعة بالعلاقة التالية:

$$\text{سعة المتسعة} = \frac{\text{شحنة أحد الموصلين}}{\text{فرق الجهد بينهما}}$$

$$C = \frac{q}{V_{AB}} = \frac{q}{V_A - V_B} \quad \ldots\ldots \quad (٣-أ٤)$$

حيث V_A جهد لوح المكثف A و V_B جهد لوح المتسعة B و V_{AB} فرق الجهد بين لوحي المتسعة ، ولذلك عادة يسمى بجهد المتسعة ويرمز له بالرمز V وبذلك تكتب المعادلة (٤أ ـ ٣) بالصورة التالية :

$$C = \frac{q}{V} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (٤ب - ٣)$$

وتجدر الإشارة إلى أن المعادلة (٢ـ٣) تعتبر حالة خاصة للمعادلة (٤ب ـ ٣) .

والمتسعات لها أهمية كبيرة في علم الفيزياء والهندسة الإلكترونية . فهي تستخدم كمخزن للطاقة الكهربية وكذلك في إحداث شرارة الاشتعال في السيارة وعملية التوليف أو الرنين في الراديو وتوليد الموجات الكهرومغناطيسية والتحكم الإلكتروني في الزمن وغير ذلك من التطبيقات العديدة .

أشكال المتسعات (المكثفات) Formers of the Capacitors

- **المتسعة (المكثف) ذي اللوحين المتوازيين**

يتكون من لوحين موصلين متوازيين تفصلهما مسافة صغيرة بالنسبة لأبعادهما فإذا كانت S مساحة أي من السطحين و d المسافة بينهما و q+ مقدار الشحنة على أحد اللوحين و q− الشحنة على اللوح الآخر [شكل (٢ـ٣)]. تكون قيمة شدة المجال E الذي يتجه من اللوح الموجب الشحنة إلى اللوح السالب الشحنة بين اللوحين هي :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$$

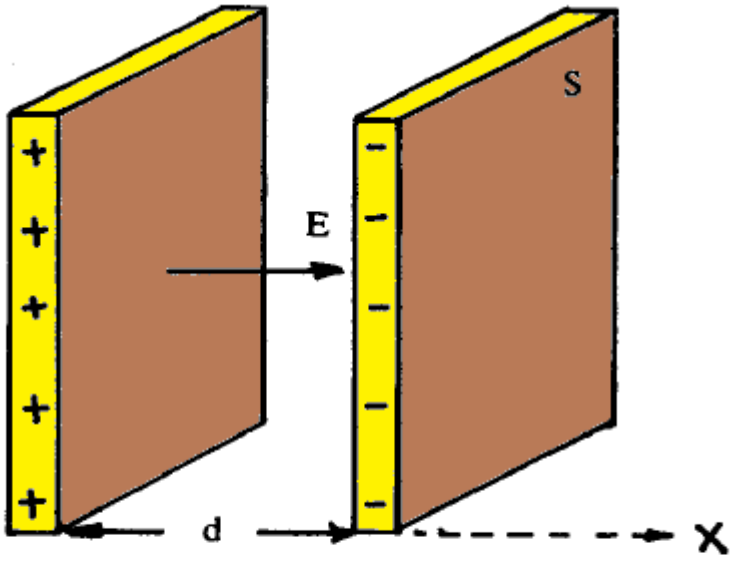
حيث σ الكثافة السطحية .

$$V = \int_0^d E\,dx = \frac{qd}{\varepsilon_0 S} \qquad (٥أ - ٣)$$

وتكون سعة المكثف المستوى هي :

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (٥ب - ٣)$$

وواضح من هاتين المعادلتين أنه كلما كانت المسافة بين لوحي المكثف صغيرة كان الجهد صغيرا. وتزيد تبعا لذلك سعة المكثف، كما تزيد السعة أيضا مع زيادة مساحة لوحي المكثف المستوى.



شكل (٢-٣): مكثف مكون من لوحين موصلين متوازيين المسافة بينهما d ومساحة كل منهما S

- **المتسعة(المكثف) الكروية Spherical capacitor**

يتكون من موصلين كرويين متحدين في المركز نصفا قطريهما a و b على الترتيب [شكل (٣-٣)] فإذا كانت شحنة الكرة الداخلية موجبة q+ ووصلت الكرة الخارجية بالأرض فإنه ينشأ عن هذا الترتيب شحنة تأثيرية على الكرة الخارجية q− وهي مساوية تماما للشحنة q+ بالقيمة المطلقة.

وبتطبيق قانون جاوس، نتصور سطحا جاوسيا نصف قطره r(a<r<b) فيكون:

$$\int E \cos\theta \, dS = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

وحيث إن خطوط القوى في هذه الحالة متعامدة على سطح جاوس فإن هذه المعادلة تصبح:

$$\therefore E \int_0^{4\pi r^2} dS = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad \text{or} \quad E\,4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow \therefore E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$