ثالثاً:- التيار المتناوب (Alternating Current)

3.1- الفولتية الجيبية (Sinusoidal Voltage)

تنقل الطاقة الكهربائية وتجهز للاستخدامات المنزلية والصناعية بواسطة التيار المتناوب (AC) وهوتيار متغير بصورة دورية مع الزمن وليس عن طريق التيار المستمر (DC) وذلك لاسباب عديدة منها انه يمكن نقل التيار المتناوب لمسافات شاسعة وبعيدة عن محطات التوليد لمناطق استهلاك الطاقة دون فقدان كثير من الطاقة . وكذلك امكانية التحكم برفع او خفض الفولتية وحسب الحاجة عن طريق المحولات الكهربائية (transformers) .

تمثل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملف مكون من N من اللفات ويدور في مجال مغناطيسي منتظم (B) بسرعة زاوية (ω) هي

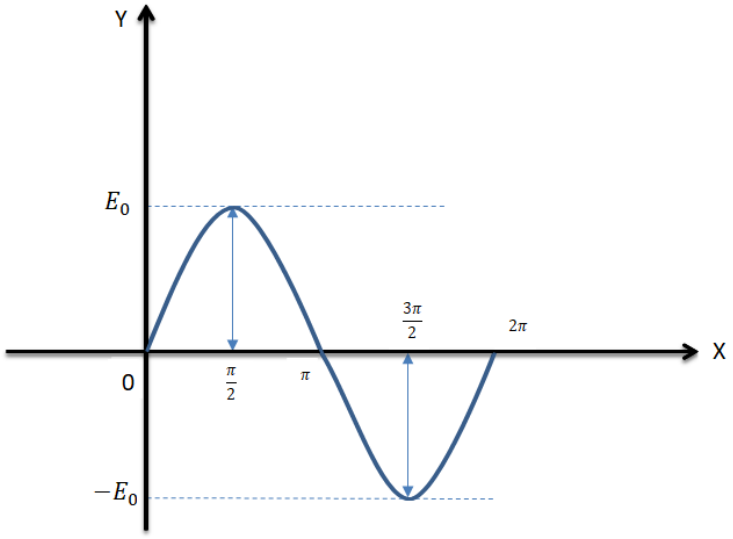
$$E = \omega \mathrm{NAB} \sin \omega t$$

حيث A تمثل مساحة الملف

او يمكن كتابة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالصيغة التالية

$$E = E_0 \sin \omega t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

وتدل هذه الدالة الجيبية ان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث في الملف تتغير باستمرار وبشكل دوري مع الزمن فربما تصل في لحظة معينة الى نهايتها العظمى E_0 ولكنها سرعان ما نهبط الى الصفر ومن ثم الى نهايتها الصغرى ($-E_0$) كما موضح في الشكل (16) .

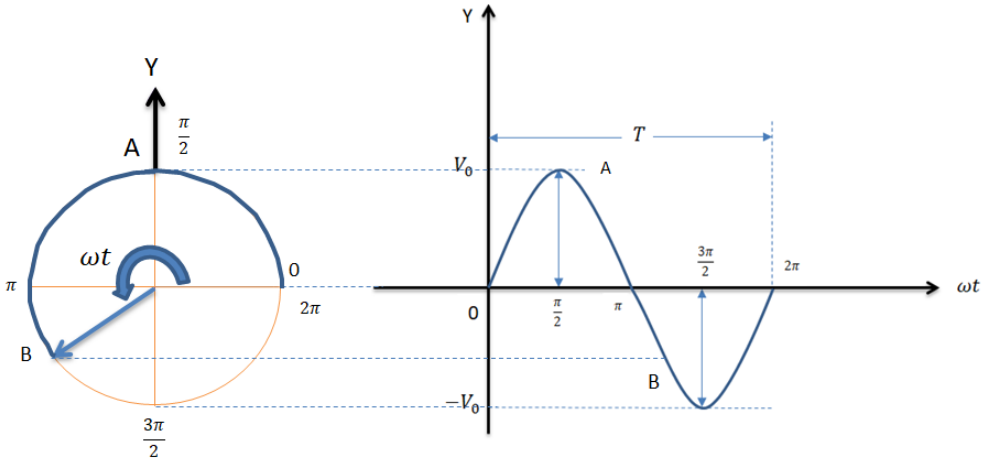


الشكل (16)

وعند ربط نهايتي الملف الى دائرة خارجي فان فرق الجهد المسلط سوف يتغير وفق المعادلة

$$v = V_0 \sin \omega t \qquad \text{.....} \qquad (35)$$

حيث V_0 تمثل اقصى قيمة للفولتية المترددة . اما v فتمثل القيمة الانية لتلك الفولتية . ان الزمن اللازم لحدوث دورة كاملة من التغيرات في الفولتية يدعى **مدة الدورة** ورمزه T ما مقلوب هذه الكمية فيدعى **التردد** ويرمز له f **وهو عدد مايحدث من دورات كاملة من التغيرات في الثانية الواحدة** ، ولهذا فان $f = \frac{1}{T}$ والشكل (17) يوضح ذلك .



الشكل (17)

لكن **التردد الزاوي ورمزة ω يقاس بعدد الزوايا النصف قطرية التي تحدث في الثانية الواحدة ويساوي $2\pi f$.** وذلك لان الدورة الواحدة تتكون من 2π زاوية قطرية . ومن المفاهيم الرئيسية الاخرى الملازمة للتيار المتناوب هو **الطور(Phase)** والمقصود بطور التيار المتناوب هي المرحلة التي تصل اليها القيمة الانية للتيار وتحدد هذه المرحلة بدلالة ذلك الجزء من مدة الدورة اللازمة لكي يحصل التيار على تلك القيمة اعتباراً من نقطة الصفر التي تعد بمثابة مرجع لقياس الزمن . كما تحدد زاوية الطور كذلك بدلالة الزاوية ωt . فعلى سبيل المثال نجد ان الطور عند نقطة A يساوي $\frac{T}{4}$ اي ربع مدة الدوران اما زاوية الطور في هذا الموضع فتساوي $\frac{\pi}{2}$ زاوية نصف قطرية اي تسعين درجة .

3.2- تسليط فولتية جيبية على مقاومة خالصة

لنفترض تسليط فولتية جيبية على مقاومة خالصة R كما في الشكل (18) عندئذ سيكون فرق الجهد الاني بين طرفي المقاومة متمثلاً بالمعادلة

$$v = V_0 \sin \omega t$$

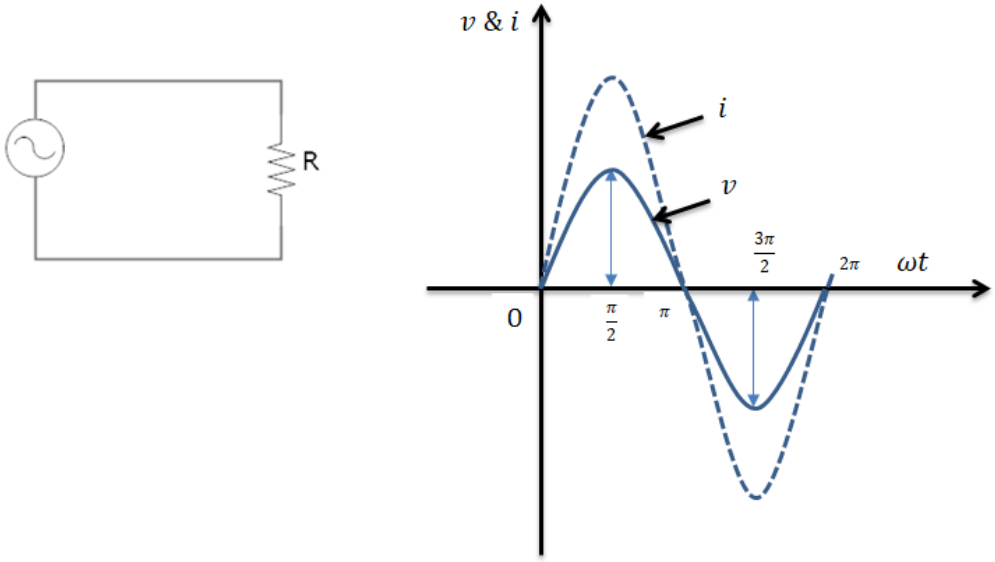
اما التيار الاني المار في المقاومة فسيكون كما مبين ادناه

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_0}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t \quad \text{.....} \quad (36)$$

حيث ان I_0 هي القيمة العظمى للتيار والتي تساوي

$$I_0 = \frac{V_0}{R} \quad \text{.....} \quad (37)$$

وبمقارنة القيمة الانية للتيار في المعادلة (36) مع القيمة الانية للفولتية في المعادلة (35) نجد ان كلاً منهما يتناسب طردياً مع $\sin \omega t$. وهذا يعني ا ن التيار المار في المقاومة هو بنفس الطور مع فرق الجهد بين طرفي المقاومة .



الشكل (18)

3.3- تسليط فولتية جيبية على متسعة خالصة

لنفرض ان متسعة ذات سعة خالصة (C) قد وصلت بطرفي مصدر فولتية جيبية كما مبين في الشكل(19) . فاذا كانت الفولتية عبر المتسعة في لحظة معينة هي v . فان الشحنة الانية التي تملكها المتسعة في نفس اللحظة هي :

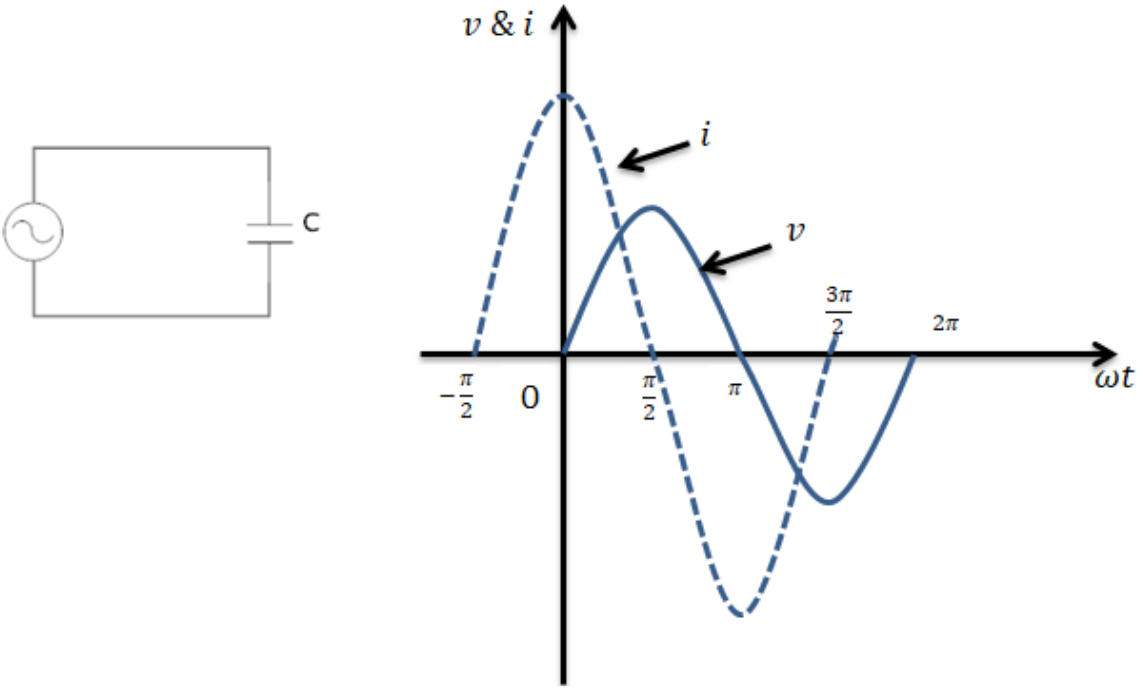
$$q = Cv = CV_0 \sin \omega t$$

عندئذ تصبح قيمة التيار الاني في هذه الدائرة كالاتي :

$$i = \frac{dq}{dt} = \omega C V_0 \cos \omega t = I_0 \cos \omega t \quad \text{.....} \quad (38)$$

حيث ان القيمة العظمى للتيار في هذه الحالة تساوي

$$I_0 = \omega C V_0 \quad \text{.....} \quad (39)$$



الشكل (19)

وهنا نلاحظ انة بينما تكون الفولتية المسلطة على المتسعة دالة جيب (sin) فان التيار عبر تلك المتسعةهو دالة جيب تمام (cos) وبهذا فان التيار يكون مختلفاً في الطور عن الفولتية في هذه الدائرة . واذا اجرينا تغيراً رياضياً بسيط على المعادلة (38) وكتبناها كما يلي :

$$i = I_0 \sin(\omega t + 90^0)$$

لتبين ان التيار **يتقدم (Lead)** الفولتية بزاوية قدرها 90^0 .

والان اذا رجعنا الى المعادلة (39) وكتبناها بالشكل الاتي :

$$I_0 = \frac{V_0}{\frac{1}{\omega C}}$$

سنجد ان الكمية $\frac{1}{\omega C}$ تلعب نفس دور المقاومة في المعادلة (37) وهي بذلك تمثل معاوقة المتسعة لمرور التيار المتناوب خلالها كما انها تختلف بطبيعة الحال عن المقاومة الاومية R . فهي لا تخضع لقانون اوم ولو ان الوحدة في كلتا الحالتين هي اوم .هذه الكمية تدعى **الرادة السعوية (Capacitive reactance)** **ويرمز لها** $\boldsymbol{X_c}$ اي ان

$$\boldsymbol{X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}} \qquad \text{.....} \qquad (40)$$

وعليه يمكن كتابة المعادلة (39) بصورة مماثلة لقانون اوم كما هو ات

$$I_0 = \frac{V_0}{X_c} \qquad \text{.....} \qquad (41)$$

وبالنظر الى المعالة (40) يتبين لنا ان الرادة السعوية تتناسب عكسياً مع التردد فكلما زاد التردد قلة الرادة السعوية وبالعكس .فاذا كان تردد التيار صفرا فان الرادة السعوية تكون ما لا نهاية وعلية فان التيار ذو التردد الصفري (المستمر) لا يمر من خلال المتسعة .

3.4- تسليط فولتية جيبية على محث خالصة

لنفرض ان فولتية جيبية سلطت على محث خالص الحثية (اي ان مقاومة الاومية تساوي صفراً) كما في الشكل (20) فعند مرور التيار المتناوب في المحث تتولد قوة دافعة كهربائية مضادة قدرها $L\frac{di}{dt}$ وبتطبيق قانون كيرشوف الثاني على دائرة الملف هذا ينتج

$$V_0 \sin \omega t - L\frac{di}{dt} = 0$$

اي ان $$di = \frac{V_0}{L}\sin \omega t \, dt$$

وباجراء التكامل على طرفي المعادلة نحصل على التيار

$$i = \frac{V_0}{L}\int \sin \omega t \, dt = -\frac{V_0}{\omega L}\cos \omega t$$

وعلية فان القيمة العظمى للتيار تساوي

$$I_0 = \frac{V_0}{\omega L} \quad \text{.....} \quad (42)$$

لذا فان

$$i = -I_0 \cos \omega t = I_0 \sin(\omega t - 90) \quad \text{.....} \quad (43)$$

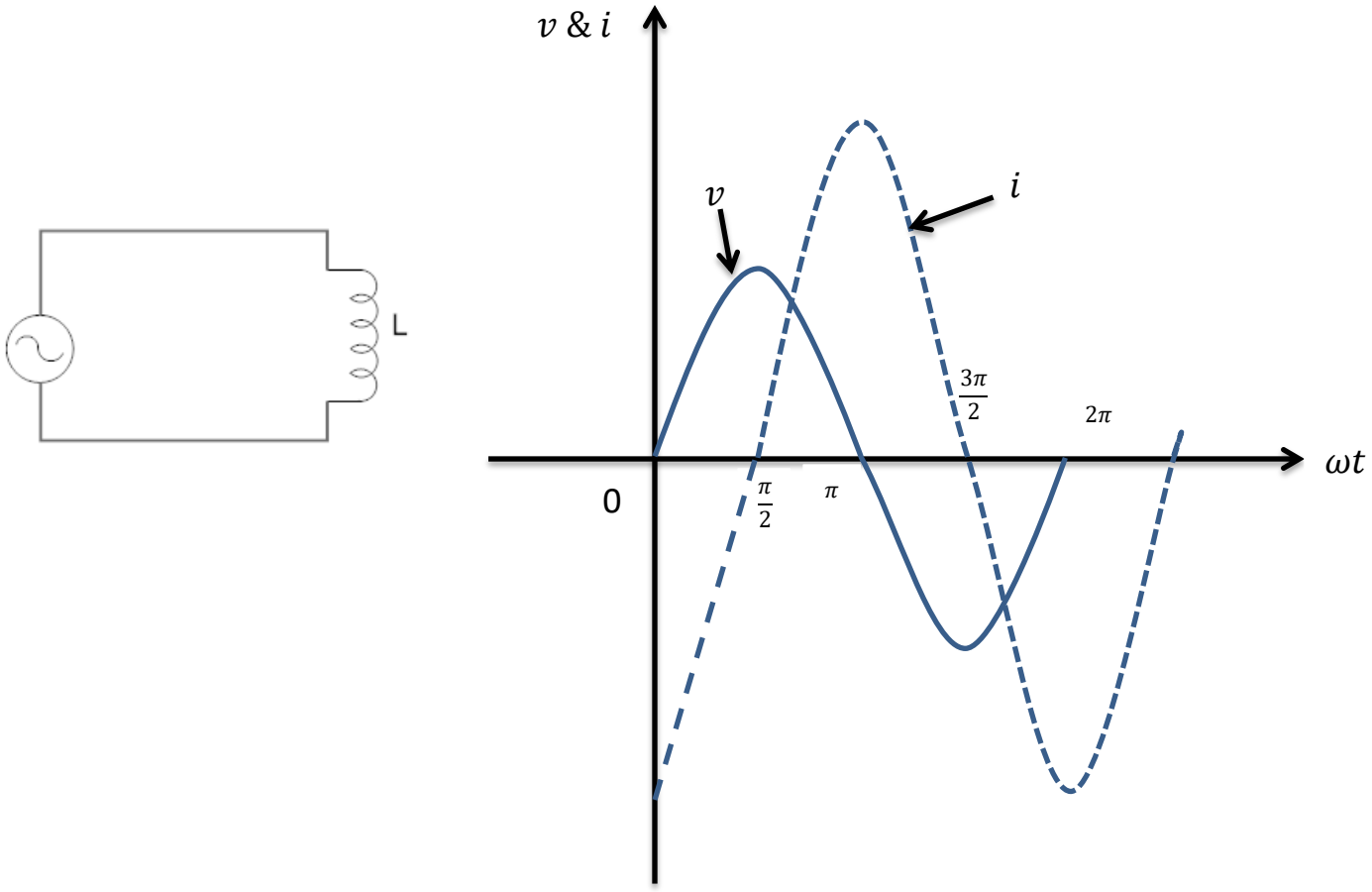
وهنا ايضا نجد ان الفولتية المسلطة على المحث تختلف في الطور عن التيار المار فية . فمن مقارنة دالة الفولتية في المعادلة (35) مع دالة التيار المتمثلة في المعادلة (43) يتضح ان التيار **يتخلف (Lag)** عن الفولتية بزاوية قدرها 90 درجة اي ربع مدة الدورة .

اما الكمية ωL في المعادلة (42) والتي تقوم مقام R في قانون اوم فهي تمثل مقاومة الملف للتيار الكهربائي المتناوب وتدعى **بالرادة الحثية (Inductive reactance) ويرمز لها بالرمز X_L .**

وعلية فان

$$\boldsymbol{X_L = \omega L = 2\pi f L} \quad \text{.....} \quad (44)$$

وبهذا تنشأ في الملف اعاقة لمرور التيار المتناوب ناتجة عن الرادة الحثية . وبالاضافة الى ذلك يمتلك الملف عادة مقاومة لمرور التيار سواءً اكان متناوباً ام مستمر . الا انه اهملنا هذه المقاومة لتوضيح دور الرادة الحثية وتأثيرها على التيار .



الشكل (20)

وهكذا يتبين من المعادلة (44) ان الدائرة الحثية تتناسب طردياً مع حثية الملف ومع تردد الفولتية المسلطة .ويمكن كتابة المعادلة (42) بصيغة مشابهة لقانون اوم كما هو ات

$$I_0 = \frac{V_0}{X_L} \qquad \text{.....} \qquad (45)$$