भौतिक विज्ञान, कक्षा 12 अध्याय.7, प्रत्यावर्ती धारा

प्रत्यावर्ती धारा की परिभाषा

प्रत्यावर्ती उस धारा को कहते है, जिसका परिमाण तथा दिशा समय के साथ परिवर्तित होते हैं. तथा एक निश्चित समयान्तराल के बाद अपने प्रारम्भिक मान को प्राप्त कर लेते हैं।

प्रत्यावर्ती धारा की समीकरण

$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$

प्रत्यावर्ती धारा से सम्बधित महत्वपूर्ण परिभाषाऐं

शिखर मान–धारा का अधिकतम मान । इसे i_0 से प्रदर्शित करते हैं।

वर्गमाध्यमूल मान–धारा के वर्ग के औसत मान का वर्गमूल इसे i_{rms}से प्रदर्शित करते हैं।

$i_{rms} = i_0/\sqrt{2}$

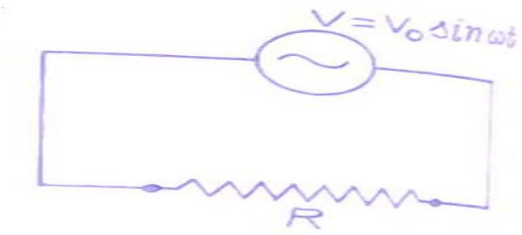
औसत मान–एक पूरे चक्र के लिए प्रत्यावर्ती धारा का औसत मान शून्य। तथा आधे चक्र के लिए –

$(i_{av})_{1/2cycle} = 2i_0 / \pi$

विभिन्न प्रकार के प्रत्यावर्ती धारा परिपथ

1 – प्रतिरोध परिपथ

1 –परिपथ आरेख



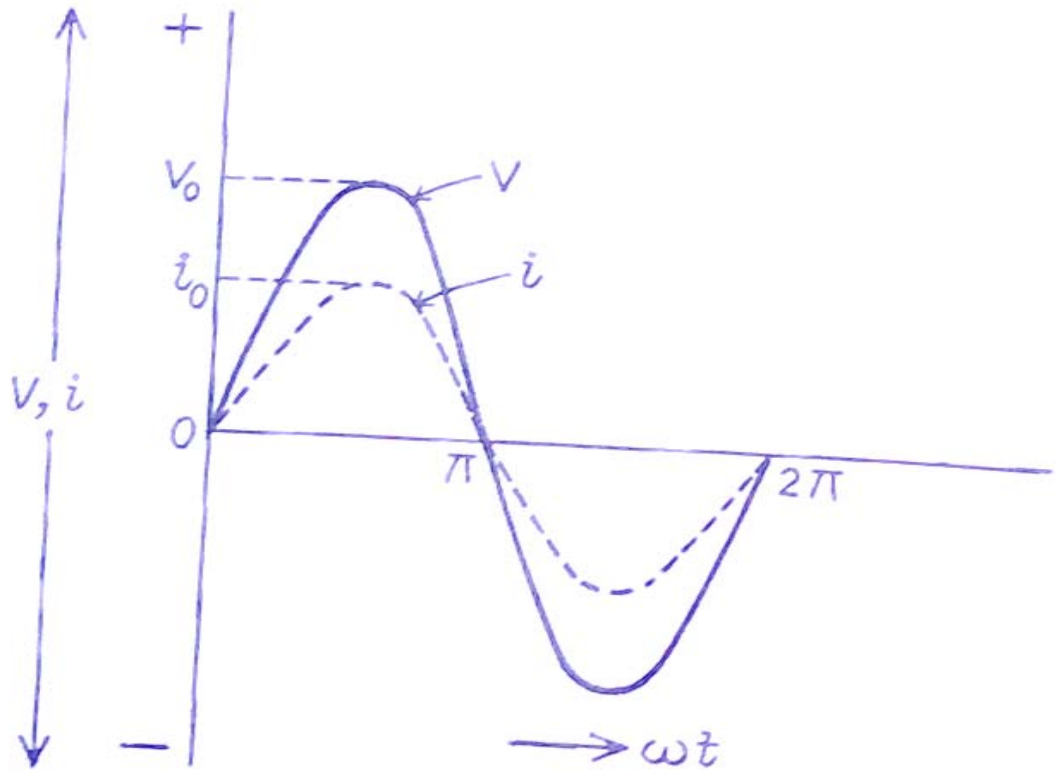
2– धारा तथा वोल्टेज समान कला में होते हैं।

3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

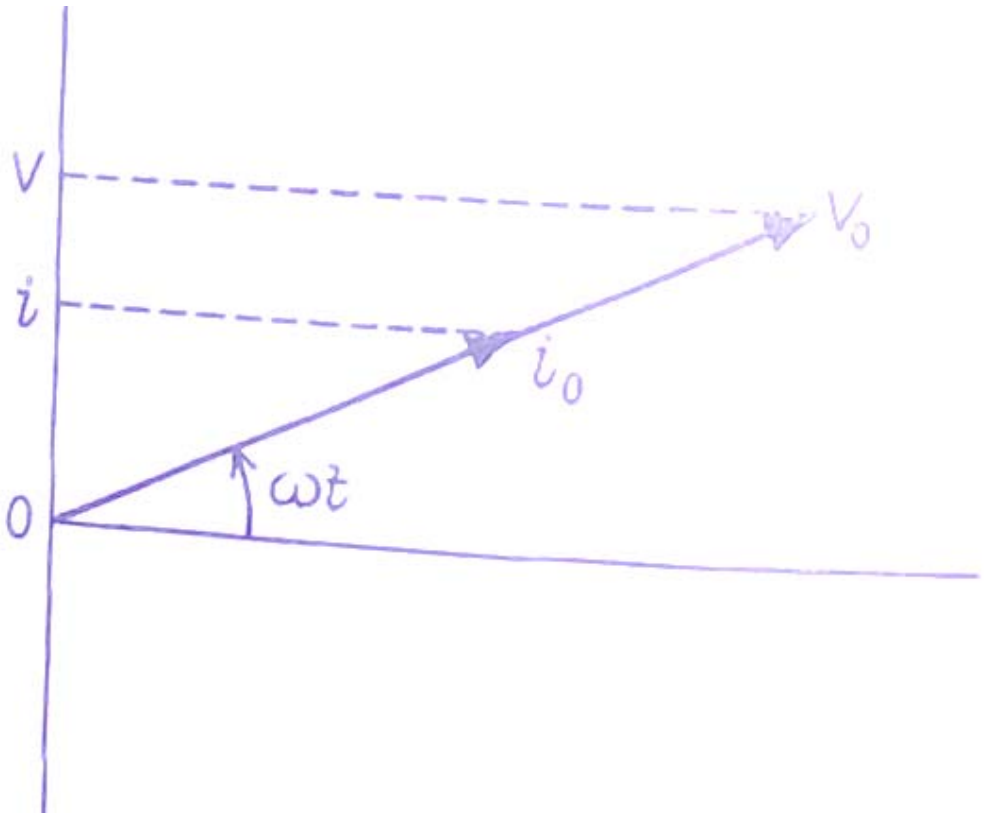
$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$ तथा

$V = V_0 \text{ Sin } \omega t$

4– तंरग रूप में धारा तथा वोल्टेज को निम्नवत प्रदर्शित किया जाता है।



5– कला संमजक आरेख



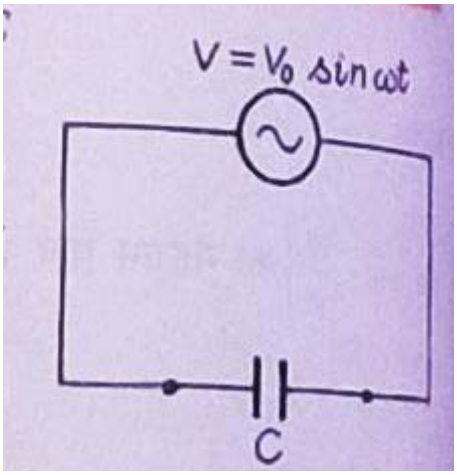
6– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रतिरोध कहते हैं।

$$R = V/i$$

प्रतिरोध का मात्रक ओम (**Ω**) होता है।

2 – धारिता परिपथ

1– परिपथ आरेख



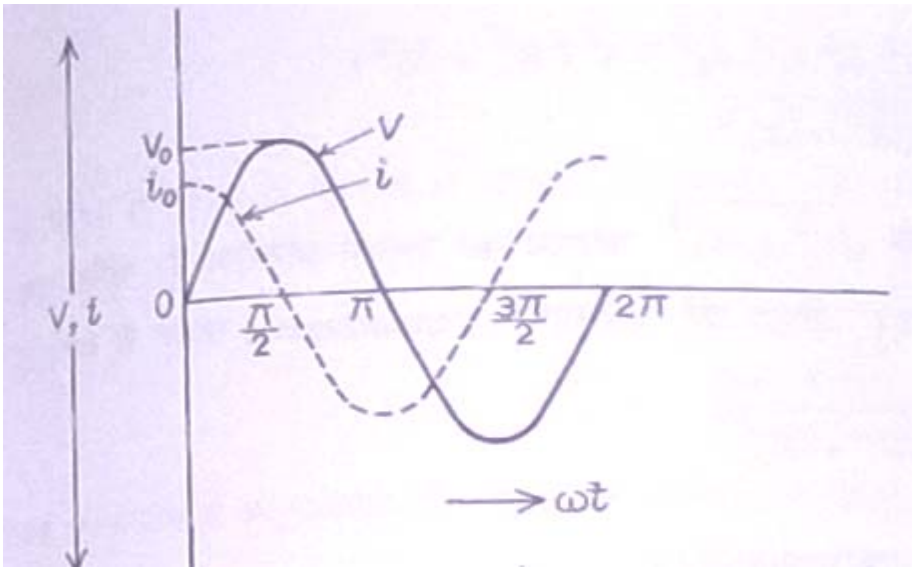
2– धारा तथा वोल्टेज मैं 90^0 का कलांतर होता है। वोल्टेज धारा से कला में 90^0 पश्चगामी होता हैं।

3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

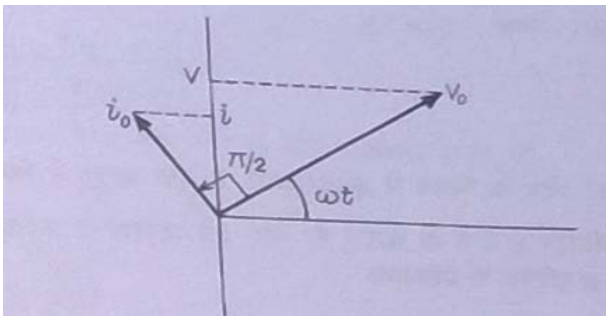
$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$ अथवा $i = i_0 \text{ Sin } (\omega t + \pi/2)$

$V = V_0 \text{ Sin } (\omega t - \pi/2)$ $V = V_0 \text{ Sin } \omega t$

4– तंरग रूप में धारा तथा वोल्टेज को निम्नवत प्रदर्शित किया जाता है।



5– कला संमजक आरेख



6– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को धारितीय प्रतिघात कहते हैं। इसे X_Cसे प्रदर्शित करते हैं।

$$X_C = V/i$$

$$= 1/\omega C$$

धारितीय प्रतिघात का मात्रक ओम (**Ω**) होता है।

3 – प्रेरकत्व परिपथ :

1– परिपथ आरेख

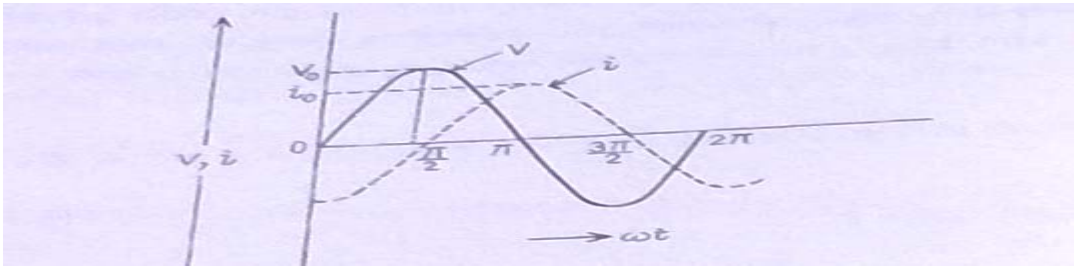
2– धारा तथा वोल्टेज मैं 90 का कलांतर होता है वोल्टेज धारा से कला में 90^0 अग्रगामी होता हैं।

3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

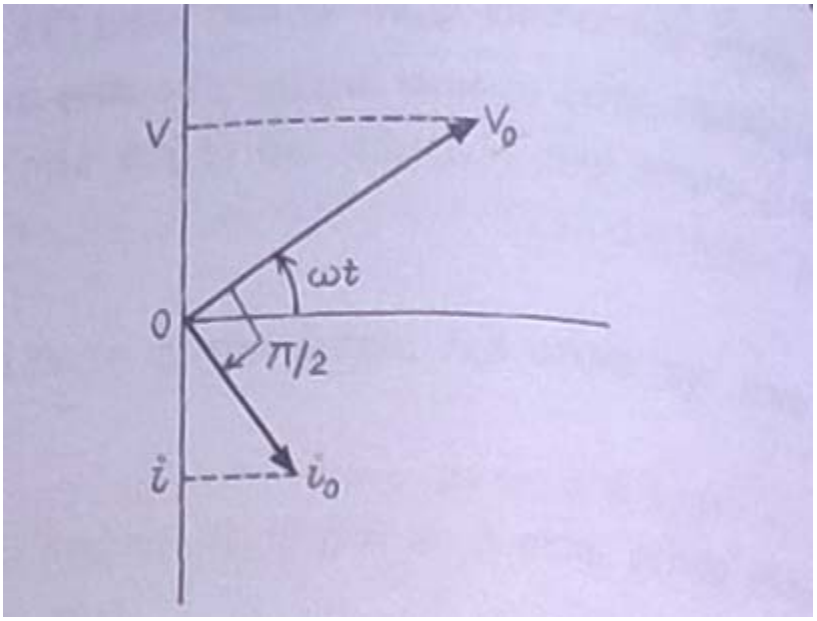
$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$ अथवा $i = i_0 \text{ Sin } (\omega t - \pi/2)$

$V = V_0 \text{ Sin } (\omega t + \pi/2)$ $V = V_0 \text{ Sin } \omega t$

4– कला सम्बन्ध दर्शाने के लिए तंरग रूप निम्नवत प्रदर्शित किया जाता है।



5– कला सम्बन्ध दर्शाने के लिए कला संमजक आरेख निम्नवत होता है।



6– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रेरण प्रतिघात कहते हैं। इसे X_L से प्रदर्शित करते हैं।

$X_L = V/i$

$= \omega L$

प्रेरण प्रतिघात का मात्रक ओम (**Ω**) होता है।

4 – प्रेरकत्व एंव प्रतिरोध परिपथ (श्रेणी क्रम)

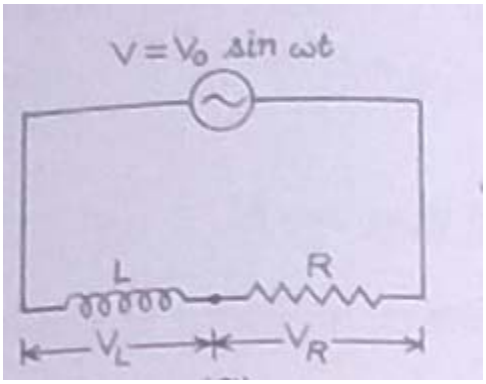
इस परिपथ में वोल्टेज के लिए दो समीकरण होंगे –

1– प्रेरकत्व के लिए (वोल्टेज V_L धारा से कला में 90^0 अग्रगामी)

2– प्रतिरोध के लिए(धारा तथा वोल्टेज V_R समान कला में)

अतः परिपथ का परिणामी वोल्टेज ज्ञात करने की आवश्यकता होती है। जिसे हम कलासंमजक आरेख से ज्ञात करते हैं।

1– परिपथ आरेख



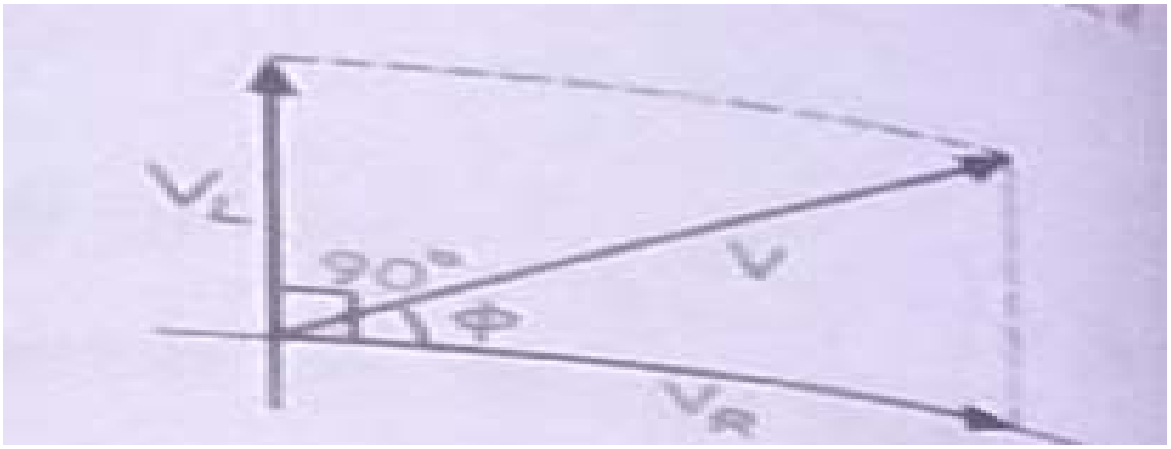
3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

$$i = i_0 \text{ Sin } \omega t \qquad \sim$$

$$V_R = V_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_L = V_0 \text{ Sin } (\omega t + \pi/2)$$

4– कला संमजक आरेख



अतः परिणामी वोल्टेज $V = \sqrt{(V_L^2 + V_R^2)}$

$$= \sqrt{\{(iX_L)^2 + (iR)^2\}}$$

$$= i\sqrt{\{(X_L)^2 + (R)^2\}}$$

5– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रतिबाधा कहते हैं। इसे Z से प्रदर्शित करते हैं।

$$Z = V/i$$

अतः प्रतिबाधा $Z = V/i = \sqrt{(X_L^2+R^2)}$

प्रतिबाधा का मात्रक ओम (**Ω**) होता है।

5 – धारिता एंव प्रतिरोध परिपथ (श्रेणी क्रम) :

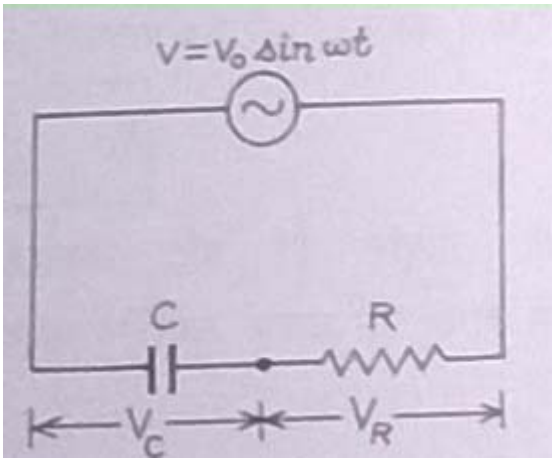
इस परिपथ में भी वोल्टेज के लिए दो समीकरण होंगे –

1– धारिता के लिए (वोल्टेज V_C धारा से कला में 90^0 पश्चगामी)

2– प्रतिरोध के लिए(धारा तथा वोल्टेज V_R समान कला में)

अतः परिपथ का परिणामी वोल्टेज ज्ञात करने की आवश्यकता होती है। जिसे हम कलासंमजक आरेख से ज्ञात करते हैं।

1– परिपथ आरेख



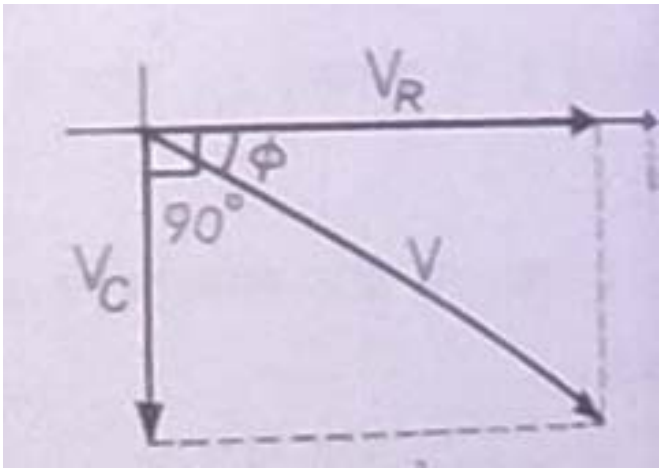
3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

$$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_R = V_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_C = V_0 \text{ Sin } (\omega t - \pi/2)$$

4– कला संमजक आरेख



अतः परिणामी वोल्टेज $V = \sqrt{(V_C^2 + V_R^2)}$

$= \sqrt{\{(iX_C)^2 + (iR)^2\}}$

$= i\sqrt{(X_C^2 + R^2)}$

5– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रतिबाधा कहते हैं। इसे Z से प्रदर्शित करते हैं।

$Z = V/i$

अतः प्रतिबाधा $Z = V/i = \sqrt{(X_C^2 + R^2)}$

प्रतिबाधा का मात्रक ओम ($\boldsymbol{\Omega}$) होता है।

6 – प्रेरकत्व एंव धारिता परिपथ (श्रेणी क्रम) :

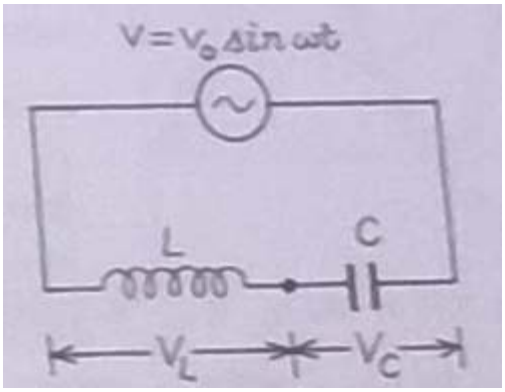
इस परिपथ में भी वोल्टेज के लिए दो समीकरण होंगे –

1– धारिता के लिए (वोल्टेज V_C धारा से कला में 90^0 पश्चगामी)

2– प्रेरकत्व के लिए (वोल्टेज V_L धारा से कला में 90^0 अग्रगामी)

अतः परिपथ का परिणामी वोल्टेज ज्ञात करने की आवश्यकता होती है। जिसे हम कलासंमजक आरेख से ज्ञात करते हैं।

1– परिपथ आरेख



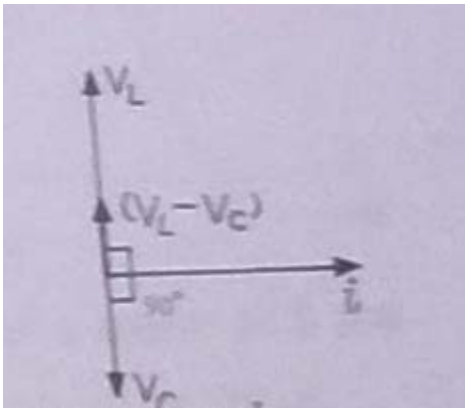
3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

$$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_L = V_0 \text{ Sin } (\omega t + \pi/2)$$

$$V_C = V_0 \text{ Sin } (\omega t - \pi/2)$$

4– कला संमजक आरेख



अतः परिणामी वोल्टेज

$$V = V_L - V_C \quad (V_L > V_C) \quad \text{OR} \quad V_C - V_L \quad (V_L < V_C)$$

$$= i (X_L \sim X_C)$$

5– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रतिबाधा कहते हैं। इसे Z से प्रदर्शित करते हैं।

$$Z = V/i$$

अतः प्रतिबाधा

$$Z = (X_L \sim X_C)$$

प्रतिबाधा का मात्रक ओम (**Ω**) होता है।

यदि

$$X_L = X_C$$

$$Z = 0$$

यह आदर्श स्थिति है। ब्यवहार में परिपथ में कुछ न कुछ प्रतिरोध अवश्य होता है। अतः प्रतिबाधा का मान परिपथ के प्रतिरोध के बराबर होता है। अतः प्रतिबाधा शून्य (अथवा न्यूनतम) होने के कारण परिपथ में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है। इस प्रकार के परिपथ को अनुनादी परिपथ कहते हैं।

चूंकिअनुनादी परिपथ के लिए–

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = 1/\omega C$$

$$\omega^2 = 1/LC$$

अतः $\omega = \sqrt{(1/LC\ )}$ इसे कोणीय अनुनादी आवृति कहते हैं।

चूंकि $\omega = 2\pi n$

अतः अनुनादी आवृति

$$n = \sqrt{(1/LC\ )}/2\pi$$

7 – प्रेरकत्व , धारिता एंव प्रतिरोध परिपथ (श्रेणी क्रम) :

इस परिपथ में वोल्टेज के लिए तीन समीकरण होंगी –

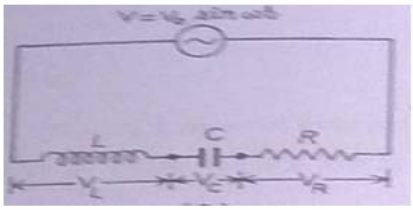
1– प्रतिरोध के लिए(धारा तथा वोल्टेज V_R समान कला में)

2– धारिता के लिए (वोल्टेज V_C धारा से कला में 90^0 पश्चगामी)

3– प्रेरकत्व के लिए (वोल्टेज V_L धारा से कला में 90^0 अग्रगामी)

अतः परिपथ का परिणामी वोल्टेज ज्ञात करने की आवश्यकता होती है। जिसे हम कलासंमजक आरेख से ज्ञात करते हैं।

1– परिपथ आरेख



3– धारा तथा वोल्टेज के समीकरण निम्नवत होते हैं।

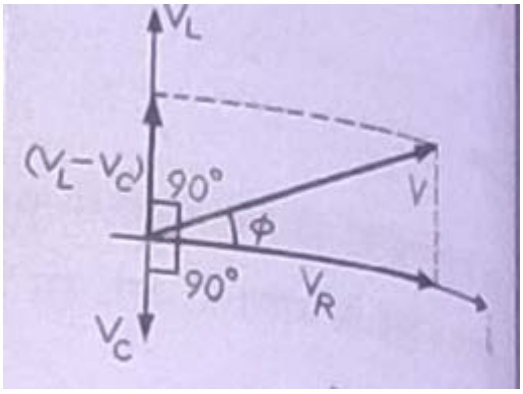
$$i = i_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_R = V_0 \text{ Sin } \omega t$$

$$V_L = V_0 \text{ Sin } (\omega t + \pi/2)$$

$$V_C = V_0 \text{ Sin } (\omega t - \pi/2)$$

4– कला संमजक आरेख



अतःपरिपथ का परिणामी वोल्टेज

$$V = \sqrt{\{(V_L - V_C)2 + V_R^2\}}$$

$$= i\sqrt{\{(X_L - X_C)2 + R^2\}}$$

5– धारा तथा वोल्टेज के अनुपात को प्रतिबाधा कहते हैं। इसे Z से प्रदर्शित करते हैं।

$$Z = V/i$$

प्रतिबाधा का मात्रक ओम ($\mathbf{\Omega}$) होता है।

अतः प्रतिबाधा

$$Z = \sqrt{\{(X_L - X_C)2 + R^2\}}$$

अनुनाद की स्थिति में –

$$X_L = X_C$$

अतः प्रतिबाधा

$$Z = R$$

ब्यवहार में LC परिपथ भी LCR परिपथ ही होता है।

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में औसत शक्ति :

प्रत्येक प्रकार के प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में धारा तथा वोल्टेज में कलान्तर होता है। कलासमंजक आरेख में इसे Φ से प्रदर्शित किया गया है। अतः सभी के लिए एक ब्यापक सूत्र ज्ञात किया जा सकता है।

माना– $i = i_0 \text{ Sin } \omega t$ तथा $V = V_0 \text{ Sin } (\omega t + \Phi)$

अतः शक्ति

$$P = VI$$

$$= V_0 \text{ Sin } (\omega t + \Phi) \times i_0 \text{ Sin } \omega t \text{ ---------- (1)}$$

समी0 1 को 2 से गुणा तथा भाग करने पर

$$P = V_0 \, i_0 \, 2 \text{ Sin } (\omega t + \Phi) \text{ Sin } \omega t \ / 2$$

$2\text{SinASinB} = \text{Cos}(A-B) - \text{Cos}(A+B)$ से

$$P = (V_0 \, i_0 /2) \times [\text{Cos } \Phi - \text{Cos}(2\omega t + \Phi)] \text{ ---------- (2)}$$

समी0 2 के दांए पक्ष में केवल $\text{Cos}(2\omega t + \Phi)$ ही समय के साथ परिवर्तनीय है। अतः केवल इसी का औसत मान लिया जायेगा। $\text{Cos}(2\omega t + \Phi)$ का औसत मान शून्य होता है।

अतः औसत शक्ति –

$$(P)_{av} = (V_0 \, i_0 /2) \times \text{Cos } \Phi \text{ ---------- (3)}$$

समी0 3 को निम्नवत लिखा जा सकता है–

$$(P)_{av} = (V_0/\sqrt{2})\times(i_0 /\sqrt{2}) \text{ Cos } \Phi$$

अतः

$$(P)_{av} = V_{rms}\ i_{rms} \text{ Cos } \Phi$$

अलग–अलग प्रकार के प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में धारा तथा वोल्टेज में कलान्तर Φ अलग–अलग होता है। अतः Cos Φ का मान भी अलग–अलग होगा। परिणामतः अलग–अलग प्रकार के प्रत्यावर्ती धारा परिपथों के लिए $(P)_{av}$का मान भी अलग–अलग होगा। किसी भी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में $(P)_{av}$के मान को तय करने वाला गुणांक Cos Φ परिपथ का शक्ति गुणांक कहलाता है।

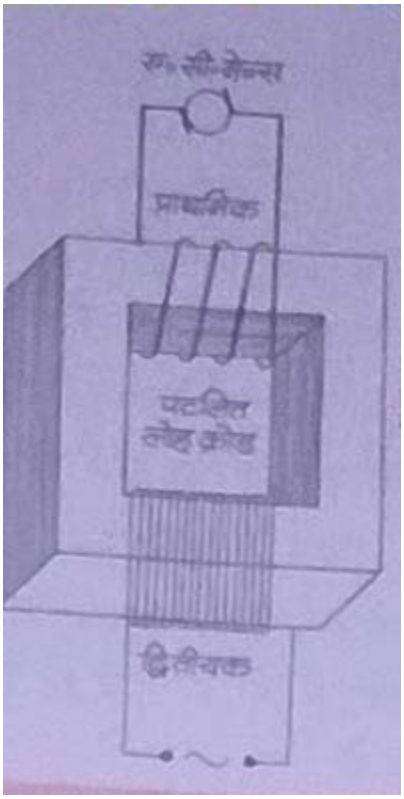
प्रत्यावर्ती धारा परिपथों के प्रतिरोध के कारण यह शक्ति क्षय हो जाती है।अतः शक्ति क्षय के लिए भी यही सूत्र प्रयोग में लाया जायेगा।

वाटहीन धारा :

यदि किसी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में औसत शक्ति क्षय शून्य हो तो परिपथ में प्रवाहित होने वाली धारा को वाटहीन धारा कहते हैं।सैद्धान्तिक रूप से प्रतिरोधहीन प्रत्यावर्ती धारा परिपथों में बहने वाली धारा वाटहीन धारा ही होती है।

ट्रांसफार्मर :

ट्रांसफार्मर अन्योन्य प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करने वाली वह युक्ति है।जो प्रत्यावर्ती धारा के वोल्टेज को परिवर्तित करने में प्रयुक्त होती है।



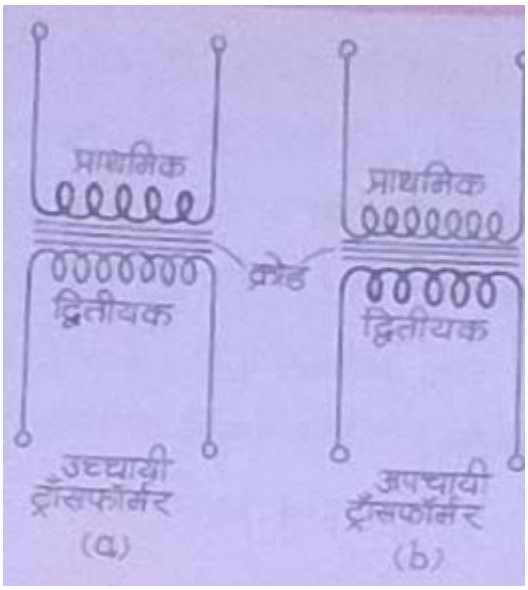
ट्रांसफार्मर दो प्रकार के होते हैं।

1– उच्चायी ट्रांसफार्मर

यह निम्न वोल्टेज की प्रबल प्रत्यावर्ती धारा को उच्च वोल्टेज की निर्बल प्रत्यावर्ती धारा में परिवर्तित कर देता है।इसकी प्राथमिक कुण्डली में द्वितीयक कुण्डली की तुलना में कम फेरे होते हैं।

2– अपचायी ट्रांसफार्मर

यह उच्च वोल्टेज की निर्बल प्रत्यावर्ती धारा को निम्न वोल्टेज की प्रबल प्रत्यावर्ती धारा में परिवर्तित कर देता है। है।इसकी प्राथमिक कुण्डली में द्वितीयक कुण्डली की तुलना में अधिक फेरे होते हैं।



ट्रांसफार्मर का परिणमन अनुपात :

किसी ट्रांसफार्मर की द्वितीयक कुण्डली में फेरों की संख्या तथा प्राथमिक कुण्डली में फेरों की संख्या के अनुपात को ट्रांसफार्मर का परिणमन अनुपात कहते हैं।

माना किसी ट्रांसफार्मर प्राथमिक कुण्डली में फेरों की संख्या N_P तथा द्वितीयक कुण्डली में फेरों की संख्या N_S है।अतः

प्राथमिक कुण्डली में प्रेरित वि0वा0ब0$e_P = -N_P d\Phi_B/dt$ ---------- (1)

द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित वि0वा0ब0$e_S = -N_S d\Phi_B/dt$ ---------- (2)

अतः

$$e_S/e_P = N_S/N_P$$

अतः परिणमन अनुपात –

$r = e_S/e_P = N_S/N_P$

यदि प्राथमिक परिपथ का प्रतिरोध उपेक्षणीय हो तथा द्वितीयक परिपथ खुला हो तो –

$E_S/e_P = V_S/V_P$

अतः

$r = e_S/e_P = V_S/V_P = N_S/N_P$

ट्रांसफार्मर की दक्षता :

निर्गत शक्ति तथा निवेशी शक्ति के अनुपात को ट्रांसफार्मर की दक्षता कहते हैं।

ट्रांसफार्मर की दक्षता = निर्गत शक्ति / निवेशी शक्ति

$= V_S i_S/V_P i_P$

आदर्श ट्रांसफार्मर के लिए निर्गत शक्ति तथा निवेशी शक्ति का मान बराबर होता है।ब्यवहार में $V_S i_S < V_P i_P$

अतः ट्रांसफार्मर की दक्षता सदैव 1 से कम होती हैं। अतः दक्षता प्रतिशत 100 से कम होता है।

ट्रांसफार्मर में उर्जा हानि :

1– ताम्रिक हानि –प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में प्रयुक्त तांबे के तारों में उष्मा के रूप में। इस हानि को कुण्डली के चारों ओर तेल प्रवाहित करके कम किया जाता है।

2– भंवर धाराओं के कारण हानि –क्रोड में परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के कारण भंवर धारायें उत्पन्न हो जाती हैं।जिससे उर्जा की उष्मा के रूप में हानि होती है।इस हानि को लोहे की क्रोड पटलित बनाकर कम किया जाता है।

3–शैथिल्य हानि –क्रोड के बार बार चुम्बकित तथा विचुम्बकित होने के कारण उर्जा की उष्मा के रूप में हानि होती है। इस हानि को कम करने के लिए क्रोड ऐसी मिश्र धातु की बनाते हैं जिसके लिए शैथिल्य लूप का क्षेत्रफल कम हो।

4–फ्लक्स क्षरण –प्राथमिक कुण्डली में उत्पन्न पूर्ण रूप से द्वितीयक कुण्डली से नहीं गुजरता है। प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों को एक दूसरे के उपर लपेटकर इस हानि को कम किया जाता है।