CHAPTER - 7 | ALTERNATING CURRENT प्रत्यावर्ती धारा

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

Q 1 : What is the frequency of the AC Mains in India?
a. 60 Hz b. 50 Hz
c. 40 Hz d. 30 Hz

Q 1 : भारत में आपूर्ति की प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति क्या होती है ?
a. 60 Hz b. 50 Hz
c. 40 Hz d. 30 Hz

Ans : - b.

Q 2 : An alternating current can be produced by
a. Choke Coil b. Dynamo
c. Electric Motor d. Transformer

Q 2 : प्रत्यावर्ती धारा उत्पन्न की जा सकती है
a. चोक कॉइल b. डाइनेमो
c. विद्युत मोटर d. ट्रांसफार्मर

Ans : - b.

Q 3 : The device which converts mechanical energy into electrical energy is:
a Transformer b. Dynamo
c Motor d Choke coil.

Q 3 : वह युक्ति जो यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है :
a ट्रांसफार्मर b डायनेमो
c मोटर d चोक कॉइल।

Ans : - b.

Q 4 : Which of the following circuits exhibits maximum power dissipation?
a. Pure Inductive Circuit
b. Pure Capacitive Circuit
c. Pure Resistive Circuit
d. None of the above

Q 4 : निम्नलिखित में से कौन सा सर्किट अधिकतम शक्ति अपव्यय प्रदर्शित करता है?
a. शुद्ध प्रेरक परिपथ
b. शुद्ध संधारित्र परिपथ
c. शुद्ध प्रतिरोधक परिपथ
d. इनमे से कोई भी नहीं

Ans : - c.

Q 5 : What happens to the inductive reactance when the frequency of the AC supply is increased?
a. Increases b. Decreases
c. Remains the same d. Decreases inversely

Q 5 : प्रत्यावर्ती धारा (A C) आपूर्ति की आवृत्ति बढ़ने पर प्रेरकीय प्रतिघात का क्या होता है?
a. बढ़ती है
b. कम हो जाती है
c. वैसा ही रहता है
d. व्युत्क्रमानुपाती रूप से घटता है

Ans : - a.

Q 6 : What happens to the quality factor of an LCR circuit if the resistance is increased?
a. Increases b. Decreases
c. Remains the same d. None of the above

Q 6 : प्रतिरोध बढ़ने पर LCR सर्किट के विशेषता गुणांक का क्या होता है?
a. बढ़ती है b. कम हो जाती है
c. वैसा ही रहता है d. इनमे से कोई भी नहीं

Ans : - b.

Q 7 : When is the current in a circuit wattless?
a. When the inductance of the circuit is zero.
b. When the resistance of the circuit is zero.
c. When the current is alternating.
d. When both resistance and inductance are zero.

Q 7 : सर्किट में करंट कब वॉटलेस होता है?
a. जब सर्किट का प्रेरकत्व शून्य होता है।
b. जब परिपथ का प्रतिरोध शून्य होता है।
c. जब करंट बदल रहा हो।
d. जब प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व दोनों शून्य हो।

Ans : - b.

Q 8 : Energy dissipated in LCR circuit in :
a. L only b. C only
c. R only d. All of the above

Q 8 : LCR परिपथ में ऊर्जा की क्षती होती है :
a. केवल L के द्वारा b. केवल C के द्वारा
c. केवल R के द्वारा d. ऊपर के सभी के द्वारा

Ans : - c.

Q 9 : What is the ratio of inductive and capacitive reactances in an ac circuit?
a. 1 b. $\omega^2 L$
c. $\omega^2 LC$ d. 0

Q 9 : एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में प्रेरकत्व और संधारित्र प्रतिघात का अनुपात क्या है?
a. 1 b. $\omega^2 L$

© JCERT not to be republished

c. $\omega^2 LC$ d. 0

Ans : - c.

Q 10 : In series resonant LCR circuit:

a. reactance is zero b. current is zero

c. voltage is zero d. None of these

Q 10 : श्रेणी सयोंजित अनुनाद LCR परिपथ में:

a. प्रतिघात शून्य होता है b. धारा शून्य होता है

c. वोल्टेज शून्य होता है d. इनमें से कोई नहीं

Ans : - a.

Q 11 : The no. of turns in the primary coil of a transformer is 200 and the no. of turns in the secondary is 10. If 240 V a.c. is applied to primary, the output from the secondary

a. 6 V b. 12 V

c. 24 V d. 48 V

Q 11 : किसी ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुण्डली में फेरों की संख्या 200 तथा द्वितीयक कुण्डली में फेरों की संख्या 10 है। यदि 240 V a.c. प्राथमिक कुण्डली पर लागू होता है तो द्वितीयक कुण्डली से आउटपुट होगा :

a. 6 V b. 12 V

c. 24 V d. 48 V

Ans : - b.

Q 12 : Transformer works on the principle of:

a. convertor b. self-induction

c. mutual induction d. None of these.

Q 12 : ट्रांसफार्मर किस सिद्धांत पर काम करता है:

a. कनवर्टर b. स्व प्रेरण

c. अन्योन्य प्रेरण d. इनमें से कोई नहीं

Ans : - c.

Q 13 : In pure inductive circuit current

a. lags behind emf by π/2

b. leads the emf by π/2

c. lags behind emf by π

d. leads the emf by π

Q 13 : शुद्ध प्रेरकत्व परिपथ में विद्युत धारा

a. विद्युत वाहक बल से π/2 कोण से पीछे होता है।

b. विद्युत वाहक बल से π/2 कोण से आगे बढ़ाता है।

c. विद्युत वाहक बल से π कोण से पीछे होता है।

d. विद्युत वाहक बल से π कोण से आगे बढ़ाता है।

Ans : - a.

Q 14 : The average power dissipation in pure inductance or capacitance is:

a. $1/2\ LI^2$ b. $3/2CV^2$

c. either (a) or (b) d. Zero

Q 14 : शुद्ध प्रेरकत्व या संधारित्र में औसत शक्ति अपव्यय होता है:

a. $1/2\ LI^2$ b. $3/2CV^2$

c. या तो (a) या (b) d. शून्य

Ans : - d.

Q 15 : Capacitor acts as an infinite resistance for

a. D.C. b. A.C.

c. Both A.C. and D.C. d. neither A.C. nor D.C.

Q 15 : संधारित्र अनंत प्रतिरोध के रूप में कार्य करता है

a. DC में b. ACमें

c. AC और DC दोनों में d. न तो A.C. न ही D.C. में

Ans : - a.

Q 16 : The core of transformer is made laminated because:

a. By doing this the current of high power can be obtained.

b. By doing this the loss of energy can be reduced.

c. Due to this transformer looks good.

d. None of these.

Q 16 : ट्रांसफॉर्मर के कोर को लैमिनेट किया जाता है क्योंकि:

a. ऐसा करने से उच्च शक्ति का करंट प्राप्त किया जा सकता है।

b. ऐसा करने से ऊर्जा की हानि को कम किया जा सकता है।

c. इसके कारण ट्रांसफॉर्मर अच्छा दिखता है।

d. इनमें से कोई नहीं।

Ans : - b.

Q 17 : The peak value of alternating current is I_o. Its root mean square value will be:

a. $I_0/\sqrt{2}$ b. $I_0/2$

c. $I_0/2\pi$ d. None of these.

Q 17 : प्रत्यावर्ती धारा का चरम मान Io है। इसका मूल माध्य वर्ग मान होगा:

a. $I_0/\sqrt{2}$ b. $I_0/2$

c. $I_0/2\pi$ d. इनमें से कोई नहीं।

Ans : - a.

Q 18 : In a step up transformer the number of turns in the primary and secondary coils are respectively N1 and N2 ,then

a. N1> N2 b. N1 < N2

c. N1 = N2 d. N1 =0

Q 18 : एक स्टेप अप ट्रांसफार्मर में प्राथमिक और द्वितीयक कॉइल में घुमावों की संख्या क्रमशः N1 और N2 है तो ,

a. N1> N2 b. N1 < N2

c. N1 = N2 d. N1 =0

Ans : - b.

Q 19 : What is the reactance of a capacitor in a D.C. circuit ?

a. 0 b. Infinity

c. 1 d. None of these

Q 19 : D.C. परिपथ में संधारित्र की प्रतिघात क्या है?

a. 0 b. अनन्त

c. 1 d. इनमें से कोई नहीं।

Ans : - b.

© JCERT not to be republished

Q 20 : The transformation ratio of step up transformer is:

a. Equal to 1 b. Less than 1

c. Greater than 1 d. Not certain.

Q 20 : स्टेप अप ट्रांसफॉर्मर का परिवर्तन अनुपात है:

a. 1 के बराबर b. 1 से कम

c. 1 से अधिक d. निश्चित नहीं है।

Ans : - c.

Subjective Question (विषयनिष्ठ प्रश्न)

Q 1 : What is alternating current? Define Peak value,Time Period and frequency of Alternating Current.

Ans : - An electric current whose magnitude changes with time and polarity reverses periodically is called alternating current. The current obtained by dynamo and generator is alternating current .

The sinusoidal alternating current (a.c.) is expressed as $I = I_0 \sin \omega t$ ....(1)

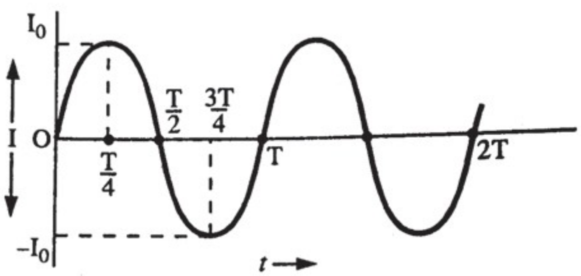
where, I_0 = the maximum value or peak value or amplitude of a.c.

$\omega = 2\pi / T = 2\pi f$ is called angular velocity

T= time period and

f = frequency.

The variation of a.c. with time is shown in figure.



(i) Amplitude or peak value: "The maximum value of alternating current in any direction is called its amplitude or peak value".

In expression of ac, $I = I_0 \sin \omega t$ I_0 is amplitude or peak or maximum value of alternating current.

(ii) Time-period : The time taken by alternating current to complete its one cycle is called its time-period. If angular velocity of coil is ω then time-period $T = 2\pi/\omega$

(iii) Frequency: Number of cycles completed by alternating current in one second is called its frequency. If frequency of ac is f and time-period is T, then $f = 1/T$

Q 1 : प्रत्यावर्ती धारा क्या है? प्रत्यावर्ती धारा के शिखर मान या आयाम , आवर्त काल और आवृत्ति को परिभाषित करें।

उत्तर : - एक विद्युत धारा जिसका परिमाण समय के साथ बदलता है और ध्रुवीयता आवर्ती रूप से परिवर्तित होती है, उसे प्रत्यावर्ती धारा कहा जाता है। डायनेमो और जनरेटर द्वारा प्राप्त धारा प्रत्यावर्ती धारा होती है।

साइनुसोइडल प्रत्यावर्ती धारा (a.c.) को इस के रूप में व्यक्त किया जाता है। $I = I_0 \sin \omega t$ ......(1)

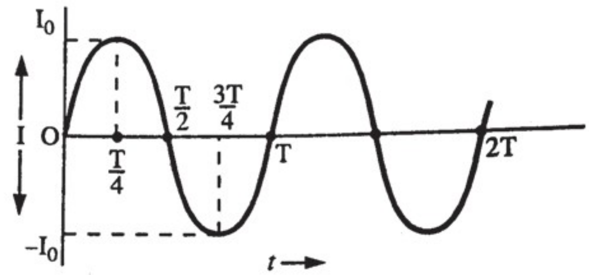
जहां, I_0= प्रत्यावर्ती धारा का शिखर मान या आयाम है

$\omega = 2\pi / T = 2\pi f$. कोणीय वेग हैं

T= आवर्त काल और

f = आवृत्ति।

प्रत्यावर्ती धारा के मान की भिन्नता समय के साथ चित्र में दिखाया गया है।



(i) आयाम या शिखर मान: किसी भी दिशा में प्रत्यावर्ती धारा के अधिकतम मान को उसका आयाम या शिखर मान कहा जाता है। प्रत्यावर्ती धारा $I = I_0 \sin \omega t$ में I_0= प्रत्यावर्ती धारा का शिखर मान या आयाम है।

(ii) आवर्त काल : प्रत्यावर्ती धारा को अपना एक चक्र पूरा करने में लगने वाले समय को आवर्तकाल कहते हैं। यदि कुंडली का कोणीय वेग ω है तो आवर्त काल, $T = 2\pi/\omega$

(iii) आवृत्ति (Frequency) : प्रत्यावर्ती धारा द्वारा एक सेकण्ड में पूरे किये गये चक्रों की संख्या को उसकी आवृत्ति कहते हैं। यदि प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति f है और समय-अवधि T है, तो $f=1/T$

Q 2 : What is the frequency of alternating current supply in India? What is the frequency of direct current?

Ans : - The frequency of alternating current supply in India is 50Hz and the frequency of direct current is 0Hz

Q 2 : भारत में आपूर्ति की प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति क्या है ? दिष्ट धारा की आवृत्ति क्या है ?

उत्तर : - भारत में प्रत्यावर्ती धारा आपूर्ति की आवृत्ति 50Hz है और दिष्ट धारा की आवृत्ति 0Hz है।

Q 3 : Why is the use of a.c. voltage preferred over d.c. voltage? Give two reasons.

Ans : - 1. A.C. voltage can be easily increased or decreased

2. A.C. voltage can be easily converted into D.C.

Q 3 : A.C. का उपयोग D.C. से अधिक पसंदीदा वोल्टेज के रूप में क्यों किया जाता है? दो कारण दीजिए।

उत्तर : - 1. प्रत्यावर्ती धारा को आसानी से बढ़ाया या घटाया जा सकता है।

2. प्रत्यावर्ती धारा को आसानी से D.C में बदला जा सकता है।

Q 4 : Write differences between AC and DC

Ans : -

Alternating Current	Direct Current
In AC the flow of current changes its direction forward and backward periodically.	It flows in a single direction steadily
The frequency of AC is dependent upon the country. But, generally, the frequency is 50 Hz or 60 Hz.	DC has zero frequency.
Electrons in AC keep changing their directions – backward and forward.	Electrons only move in one direction.
AC is easy to be transferred over longer distances without much energy loss.	DC cannot be transferred over a very long distance. It loses electric power.

Q 4 : प्रत्यावर्ती धारा और दिष्ट धारा में अंतर लिखिए।

उत्तर : -

प्रत्यावर्ती धारा	दिष्ट धारा
प्रत्यावर्ती धारा में समय-समय पर धारा के प्रवाह की दिशा आगे और पीछे बदलती रहती है।	दिष्ट धारा एक ही दिशा में लगातार बहती है
प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति देश पर निर्भर है। लेकिन, आम तौर पर, आवृत्ति 50 Hz या 60 Hz होती है।	दिष्ट धारा में शून्य आवृत्ति होती है।
प्रत्यावर्ती धारा में इलेक्ट्रॉन अपनी दिशा आगे और पीछे बदलते रहते हैं।	इलेक्ट्रॉन केवल एक दिशा में गति करते हैं।
प्रत्यावर्ती धारा को लंबी दूरी तक बिना ज्यादा ऊर्जा हानि के स्थानांतरित करना आसान है।	दिष्ट धारा को बहुत लंबी दूरी पर स्थानांतरित नहीं किया जा सकता है। यह विद्युत शक्ति खो देता है।

Q 5 : Define mean or average value of alternating current. Derive an expression for the average value of alternating current.

Ans : - Mean or average value of alternating current is that value of steady current which sends the same amount of charge through a circuit in a certain time interval as is sent by an alternating current through the same circuit in half cycle.

Derivation of Expression for mean value of a.c.

Let an alternating current be represented by, $I = I_0 \sin \omega t$

The charge sent by the alternating current I in time dt is given by,

$dq = Idt = I_0 \sin \omega t\, dt$ (since $I = dq/dt$)

Therefore, the charge sent by a.c. in the first half cycle (i.e. t = 0 to t = T/2) is given by,

$$\int dq = \int_0^{T/2} I_0 \sin\omega t dt$$

$$q = I_0 \int_0^{T/2} \sin\omega t dt = I_0 \left[\frac{-\cos\omega t}{\omega}\right]_0^{T/2}$$

$$= -\frac{I_0}{\omega}[\cos\omega t]_0^{T/2}$$

$$= -\frac{I_0}{(2\pi/T)}\left[\cos\frac{2\pi}{T}t\right]_0^{T/2} \qquad (\because \omega = 2\pi/T)$$

$$q = -\frac{I_0 T}{2\pi}\left[\cos\frac{2\pi}{T}\times\frac{T}{2} - \cos 0\right]$$

$$= -\frac{I_0 T}{2\pi}[\cos\pi - \cos 0]$$

$$= -\frac{I_0 T}{2\pi}[-1 - 1] \quad (\because \cos\pi = -1 \text{ and } \cos 0 = 1)$$

So, $q = \frac{I_0 T}{\pi}$ ....(i)

Let I_{av} be the mean or average value of a.c. over positive half cycle, then the charge sent by it in time T/2 is given by

$q = I_{av} \times \frac{T}{2}$ ....(ii)

According to definations, equation (i) = equation (ii)

So,

$$I_{av} \times \frac{T}{2} = \frac{I_0 T}{\pi}$$

$$\text{or,} \quad I_{av} = \frac{2I_0}{\pi} = 0.637 I_0$$

Mean value of an a.c. over half cycle is 63.7% of its peak value.

Q 5 : प्रत्यावर्ती धारा के माध्य या औसत मान को परिभाषित कीजिए। प्रत्यावर्ती धारा के औसत मान के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर : - विद्युत् धारा का नियत मान जो किसी परिपथ में किसी निश्चित समयान्तराल में आवेश की उतनी ही मात्रा प्रदान करता है जितनी उसी परिपथ में प्रत्यावर्ती विद्युत् धारा के अर्द्धचक्र द्वारा प्रदान की जाती है, प्रत्यावर्ती धारा का माध्य या औसत मान कहलाता है।

प्रत्यावर्ती धारा का माध्य या औसत मान के लिए व्यंजक की व्युत्पत्ति:

मान लीजिए कि एक प्रत्यावर्ती धारा को $I = I_0 \sin \omega t$ द्वारा निरूपित किया जाता है

प्रत्यावर्ती धारा I द्वारा अल्प समय अन्तराल dt में भेजा गया आवेश इस प्रकार दिया जाता है,

$dq = Idt = I_0 \sin \omega t\, dt$ (चुकी $I = dq/dt$)

इसलिए, पहले आधे चक्र में (यानी t= 0 से t = T/2)में प्रत्यावर्ती धारा. द्वारा भेजा गया आवेष इस प्रकार दिया जा सकता हैं।

© JCERT not to be republished

$$\int dq = \int_0^{T/2} I_0 \sin\omega t dt$$

$$q = I_0 \int_0^{T/2} \sin\omega t dt = I_0 \left[\frac{-\cos\omega t}{\omega}\right]_0^{T/2}$$

$$= -\frac{I_0}{\omega}[\cos\omega t]_0^{T/2}$$

$$= -\frac{I_0}{(2\pi/T)}\left[\cos\frac{2\pi}{T}t\right]_0^{T/2} \qquad (\because \omega = 2\pi/T)$$

$$q = -\frac{I_0 T}{2\pi}\left[\cos\frac{2\pi}{T}\times\frac{T}{2} - \cos 0\right]$$

$$= -\frac{I_0 T}{2\pi}[\cos\pi - \cos 0]$$

$$= -\frac{I_0 T}{2\pi}[-1-1] \quad (\because \cos\pi = -1 \text{ and } \cos 0 = 1)$$

अतः $q = \frac{I_0 T}{\pi}$ ....(i)

मान की Iav प्रत्यावर्ती धारा के धनात्मक आधे चक्र का माध्य या औसत मान है तो T/2 समय में इसके द्वारा प्रदान किया गया आवेश इस प्रकार दिया जाता है।

$q = I_{av} \times \frac{T}{2}$ ....(ii)

परिभाषाओं के अनुसार, समीकरण (i) = समीकरण (ii)

इसलिए,

$$I_{av} \times \frac{T}{2} = \frac{I_0 T}{\pi}$$

or, $$I_{av} = \frac{2I_0}{\pi} = 0.637 I_0$$

प्रत्यावर्ती धारा के धनात्मक आधे चक्र का माध्य या औसत मान इसके शिखर (चरम) मान का 63.7% होता है।

Q 6 : What is the average value of A.C. for a complete cycle ?

Ans : - The mean or average value of A.C. over a complete cycle is zero.

Q 6 : किसी पूर्ण चक्र में प्रत्यावर्ती धारा का औसत मान क्या होता है ?

उत्तर : - एक पूरे चक्र में प्रत्यावर्ती धारा का माध्य या औसत मान शून्य होता है।

Q 7 : Define Root Mean Square value of alternating current. Derive an expression for the r.m.s. value of alternating current.

Ans : - The root mean square value of alternating current is defined as that steady (constant) current which produces the same amount of heat in a conductor in a certain time interval as is produced by the A.C. in the same conductor during the time period T (i.e. full cycle).It is represented by Irms.

Derivation of Expression for r.m.s. value of a.c.

Let an alternating current $I = I_0 \sin \omega t$ flow through a conductor of resistance R for time dt. Then, heat produced in the conductor is given by,

$dH = I^2 R\, dt = (I_0^2 \sin^2 \omega t) R dt$

Or, $dH = I_0^2 R \sin^2 \omega t\, dt$

Now heat produced in the conductor, when current flows for time period T (i.e. from t = 0 to t = T) is given by,

$$\int dH = \int_0^T I_0^2 R \sin^2 wt dt$$

or, $$H = I_0^2 R \int_0^T \sin^2 wt dt$$

Since $$\sin^2\omega t = \left(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}\right)$$

$$\therefore \quad H = I_0^2 R \int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2} dt$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2}\int_0^T (1-\cos 2\omega t) dt$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2}\left[\int_0^T dt - \int_0^T (\cos 2\omega t) dt\right]$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2}\left[[t]_0^T - \left[\frac{\sin 2\omega t}{2\omega}\right]_0^T\right]$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2}\left[(T-0) - \frac{1}{2\omega}\left[\sin 2\times\frac{2\pi}{T}\right]_0^T\right] \quad \left(\because \omega = \frac{2\pi}{T}\right)$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2}\left[T - \frac{1}{2\omega}\left(\sin 2\times\frac{2\pi}{T} - \sin 0\right)\right]$$

or, $$H = \frac{I_0^2 R}{2} T \quad (\because \sin 4\pi = \sin 0 = 0) \quad ....eqn(1)$$

Let Irms be the r.m.s. value of a.c. which flows through the conductor of resistance R for time T.

So, Heat produced in the conductor,

$H = I^2_{rms} RT$ ....(ii)

According to the definition of r.m.s. value of a.c.; equation (i) =equation (ii)

$$\text{So, } I^2_{rms} RT = \frac{I_0^2 RT}{2}$$

$$\text{or, } I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707 I_0$$

Q 7 : प्रत्यावर्ती धारा के वर्ग-माध्य-मूल मान को परिभाषित कीजिए। प्रत्यावर्ती धारा के वर्ग-माध्य-मूल (r.m.s.) मान के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर : - प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग माध्य मूल मान उस स्थिर धारा के बराबर होता है जो किसी चालक में किसी निश्चित समय अन्तराल में उतनी ऊष्मा उत्पन्न करती है जितनी कि उसी चालक में आवर्तकाल T (अर्थात् पूर्ण चक्र) के दौरान उत्पन्न होती है। इसे Irms. द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

प्रत्यावर्ती धारा के वर्ग-माध्य-मूल (r.m.s.) मान के लिए व्यंजक

माना की प्रत्यावर्ती धारा $I = I_0 \sin \omega t$ प्रतिरोध R के एक चालक के माध्यम से प्रवाहित हो रही हो तो चालक में अल्प समय dt में उत्पन्न ऊष्मा इस प्रकार दी जाती है,

$dH = I^2 R\, dt = (I_0^2 \sin^2 \omega t) R dt$

या, $dH = I_0^2 R \sin^2 \omega t\, dt$

अब चालक में उत्पन्न ऊष्मा जब धारा आवर्तकाल T (अर्थात्

© JCERT not to be republished

t = 0 tसे t = T तक)के लिए प्रवाहित हो तो इस प्रकार दी जा सकती है,

$$\int dH = \int_0^T I_0^2 R \sin^2 wt dt$$

$$\text{or,} \quad H = I_0^2 R \int_0^T \sin^2 wt dt$$

$$\text{Since } \sin^2\omega t = \left(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}\right)$$

$$\therefore \quad H = I_0^2 R \int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2} dt$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} \int_0^T (1-\cos 2\omega t) dt$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} \left[\int_0^T dt - \int_0^T (\cos 2\omega t) dt\right]$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} \left[[t]_0^T - \left[\frac{\sin 2\omega t}{2\omega}\right]_0^T\right]$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} \left[(T-0) - \frac{1}{2\omega}\left[\sin 2 \times \frac{2\pi}{T}\right]_0^T\right] \quad \left(\because \omega = \frac{2\pi}{T}\right)$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} \left[T - \frac{1}{2\omega}\left(\sin 2 \times \frac{2\pi}{T} - \sin 0\right)\right]$$

$$\text{or,} \quad H = \frac{I_0^2 R}{2} T \quad (\because \sin 4\pi = \sin 0 = 0) \quad ....(i)$$

माना की Irms प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग माध्य मूल मान है जो T समय के लिए R प्रतिरोध के चालक में से प्रवाहित होता है।

अतः चालक में उत्पन्न ऊष्मा, $H = I^2_{rms} RT$ ....(ii)

प्रत्यावर्ती धारा के वर्ग माध्य मूल मान की परिभाषा के अनुसार; समीकरण (i) =समीकरण (ii)

$$I^2_{rma} RT = \frac{I_0^2 RT}{2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707 I_0$$

स्पष्ट है कि प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग माध्य मूल मान इसके शिखर मान का 70.7% होता है।

Q 8 : The instantaneous current flowing from an ac source is I = 5 sin 314 t. What is the rms value of current?

Ans : - The rms value of current is

$$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}}, \text{ since } I_0 = 5$$

Q 8 : एक A C स्रोत से बहने वाली तात्कालिक धारा I = 5 sin 314 t है। विद्युत धारा का rms मान क्या होगा ?

उत्तर : - धारा का rms मान होगा

$$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}}, \text{ since } I_0 = 5$$

Q 9 : The root mean square value of alternating electromotive force is 180V value. What will be its peak value?

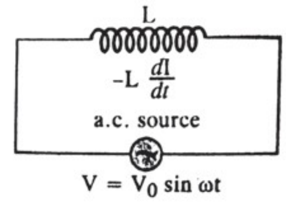
Ans : - Eo = √2 Erms =1.414 x 180 =254.52 V (since Erms=Eo /√2)

Q 9 : प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल का वर्ग माध्य मूल मान 180V मान है। इसका शिखर (चरम) मान क्या होगा ?

उत्तर : - Eo = √2 Erms =1.414 x 180 =254.52 V (चूँकि Erms=Eo /√2)

Q 10 : An alternating e.m.f. is applied across an inductor. Show mathematically that the current in it lags behind the applied e.m.f. by a phase angle of π/ 2 .

Ans : - Consider an alternating source connected to an ideal inductor of inductance L as shown in figure. Such a circuit is known as a purely inductive circuit.



The alternating voltage across the inductor is given by, V = Vo sinωt ....(i)

The induced e.m.f. across the inductor = - LdI/dt which opposes the growth of current in the circuit.

As there is no potential drop across the circuit, so,

$$V + \left(-L\frac{dI}{dt}\right) = 0 \text{ or } L\frac{dI}{dt} = V \text{ or } \frac{dI}{dt} = \frac{V}{L}$$

Using equation (i), we get,

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_0}{L}\sin\omega t \quad \text{or} \quad dI = \frac{V_0}{L}\sin\omega t dt$$

Integrating both sides, we get,

$$\int dI = \int \frac{V_0}{L}\sin\omega t dt = \frac{V_0}{L}\int \sin\omega t dt$$

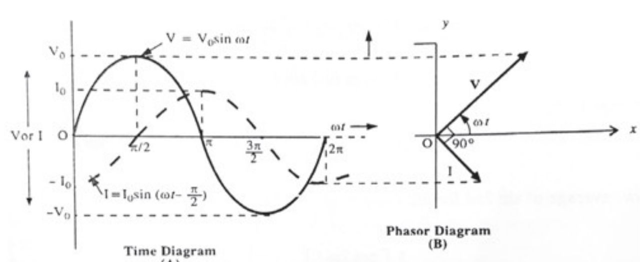
$$I = \frac{V_0}{L}\left(-\frac{\cos\omega t}{\omega}\right) = \frac{V_0}{L\omega}(-\cos\omega t)$$

$$(-\cos\omega t) = \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{and peak value, } I_0 = \frac{V_0}{L\omega}$$

Or, $I = I_0 \sin(\omega t - \pi/2)$ ....(ii)

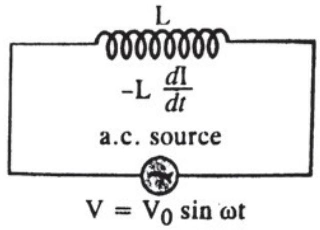
Comparison of eqn. (i) and (ii) shows that in this case the current lags behind the voltage by an angle of π/2.



© JCERT not to be republished

Q 10 : एक प्रेरक पर एक प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल (e.m.f.) लगाया जाता है। गणितीय रूप से प्रदर्शित करें कि इसमें धारा कार्यरत विद्युत वाहक बल (e.m.f.) से π/2 के कला कोण से पीछे है।

उत्तर :- माना की एक प्रत्यावर्ती स्रोत एक आदर्श प्रेरक L से चित्र में दर्शाए अनुसार जुड़ा हैं। ऐसे परिपथ को शुद्ध रूप से प्रेरकत्व परिपथ के रूप में जाना जाता है।



आरोपित प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल इस प्रकार दिया जाता है, $V = V_0 \sin\omega t$ .... (i)

प्रेरकत्व के सिरों पर प्रेरित विद्युत वाहक बल = - LdI/dt जो परिपथ में धारा की वृद्धि का विरोध करता है।

चूंकि परिपथ के सिरों पर कोई विभव पतन नहीं होता है, इसलिए,

$$V + \left(-L\frac{dI}{dt}\right) = 0 \text{ or } L\frac{dI}{dt} = V \text{ or } \frac{dI}{dt} = \frac{V}{L}$$

समीकरण (i) का उपयोग करके, हम प्राप्त करते हैं,

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_0}{L}\sin\omega t \quad \text{or} \quad dI = \frac{V_0}{L}\sin\omega t dt$$

दोनों तरफ समाकलन करने पर हम पाते हैं की ,

$$\int dI = \int \frac{V_0}{L}\sin\omega t dt = \frac{V_0}{L}\int \sin\omega t dt$$

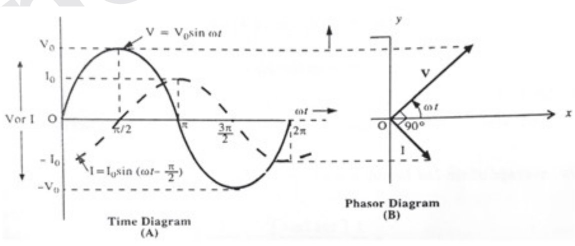
$$I = \frac{V_0}{L}\left(-\frac{\cos\omega t}{\omega}\right) = \frac{V_0}{L\omega}(-\cos\omega t)$$

$$(-\cos\omega t) = \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{and peak value, } I_0 = \frac{V_0}{L\omega}$$

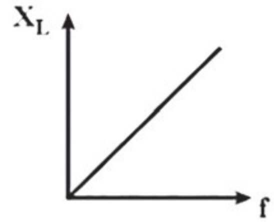
या, $I = I_0 \sin(\omega t - \pi/2)$ ....(ii)

समीकरण। (i) और (ii) की तुलना यह दर्शाती है की विद्युत वाहक बल से धारा π/2 के कोण से पीछे है।



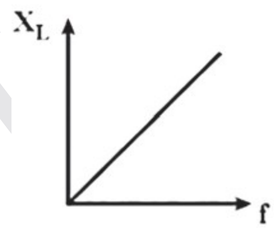
Q 11 : What is inductive reactance ? Draw a graph showing the variation of inductive reactance with the frequency of the a.c. source.

Ans :- The opposition offered by the inductor to the flow of current is called Inductive reactance. It is given by X_L=WL



Q 11 : प्रेरणिक प्रतिघात क्या है? प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति के साथ प्रेरणिक प्रतिघात की भिन्नता को दर्शाने वाला एक ग्राफ बनाएं।

उत्तर :- प्रेरक द्वारा धारा के प्रवाह में आरोपित अवरोध प्रेरणिक प्रतिघात कहते हैं। यह X_L=WL द्वारा दिया जाता है।



Q 12 : What is the reactance of inductance in a direct current circuit?

Ans :- Since, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

And f = 0 for direct current

Therefore, $X_L = 0$

Q 12 : किसी दिष्ट धारा परिपथ में प्रेरकत्व का प्रतिघात क्या होता है ?

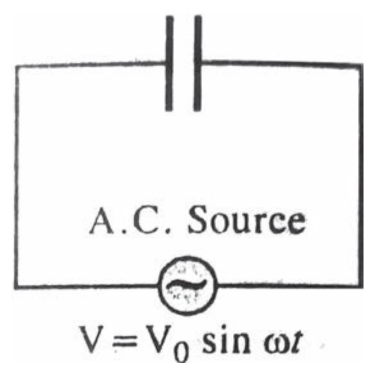
उत्तर :- चूँकि, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

और दिष्ट धारा के लिए f = 0

इसलिए, $X_L = 0$

Q 13 : An alternating e.m.f. is applied across a capacitor. Show mathematically that the current in it leads the applied e.m.f. by a phase angle of π/ 2 .

Ans :- Consider an Alternating source connected to a capacitor as shown in Figure. Such a circuit is known as a purely capacitive circuit. The capacitor is periodically charged and discharged when alternating voltage is applied to it.



The alternating voltage applied across the capacitor

© JCERT not to be republished

is given by

$V = V_0 \sin\omega t$ ....(i)

Let q be the charge on the capacitor at any instant. Then potential difference across the capacitor,

$V_c = q/C$ ....(ii)

Since $V_c = V$

So, $\frac{q}{C} = V = V_0 \sin\omega t$ (using eqn (i) and (ii))

So, $q = V_0 C \sin\omega t$

Since, $I = \frac{dq}{dt} = \frac{d(V_0 C \sin\omega t)}{dt}$

$= V_0 C\omega \cos\omega t = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{C\omega}\right)} \cos\omega t$

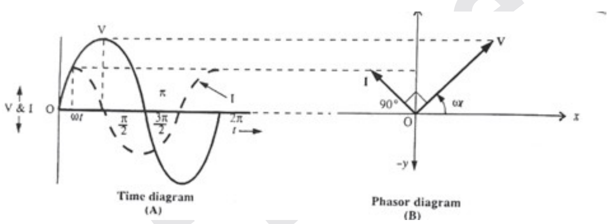
Since, $\cos\omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

So, $I = I_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ ....eqn (iii)

where $I_0 = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{C\omega}\right)} = \frac{V_0}{X_c}$ = the peak value of A.C.

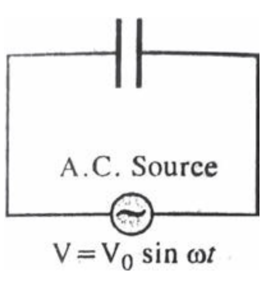
and $X_c = \left(\frac{1}{C_w}\right)$ = capacitive reactance

Comparison of equations (i) and (iii) shows that current leads the e.m.f. by an angle π/ 2 in a purely capacitive a.c. circuit. Time diagram and the phasor diagram for the same is shown in figure below.



Q 13 : एक संधारित्र के सिरों पर एक प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल (e.m.f.) कार्यरत है। गणितीय रूप से प्रदर्शित करें कि इसमें धारा कार्यरत विद्युत वाहक बल (e.m.f.) से π/2 के कला कोण से आगे रहती है।

उत्तर :- माना की एक प्रत्यावर्ती स्रोत एक आदर्श संधारित्र C से चित्र में दर्शाए अनुसार जुड़ा हैं । ऐसे परिपथ को शुद्ध रूप से संधारित्र युक्त परिपथ के रूप में जाना जाता है। आरोपित प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल द्वारा संधारित्र को समय-समय पर चार्ज और डिस्चार्ज किया जाता है।



संधारित्र पर आरोपित प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल इस प्रकार दिया जाता है, $V = V_0 \sin\omega t$ .... (i)

माना की q किसी समय पर संधारित्र पर आवेश है।

संधारित्र के सिरों पर विभवांतर

$V_c = q/C$ ....(ii)

Since $V_c = V$

So, $\frac{q}{C} = V = V_0 \sin\omega t$ (using eqn (i) and (ii))

So, $q = V_0 C \sin\omega t$

Since, $I = \frac{dq}{dt} = \frac{d(V_0 C \sin\omega t)}{dt}$

$= V_0 C\omega \cos\omega t = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{C\omega}\right)} \cos\omega t$

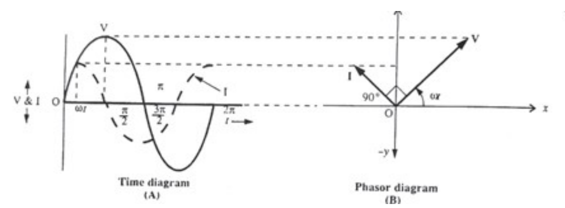
Since, $\cos\omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

So, $I = I_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ ....eqn (iii)

where $I_0 = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{C\omega}\right)} = \frac{V_0}{X_c}$ = the peak value of A.C.

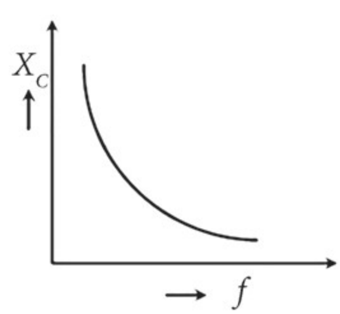
and $X_c = \left(\frac{1}{C_w}\right)$ = capacitive reactance

समीकरणों (i) और (iii) की तुलना से पता चलता है कि प्रत्यावर्ती धारा प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल से π/2 कोण से आगे रहती है विशुद्ध रूप से संधारित्र प्रत्यावर्ती परिपथ में समय आरेख और उसी के लिए कालांक आरेख नीचे चित्र में दिखाया गया है।



Q 14 : What is capacitive reactance? Draw a graph showing the variation of capacitive reactance with the frequency of applied alternating voltage.

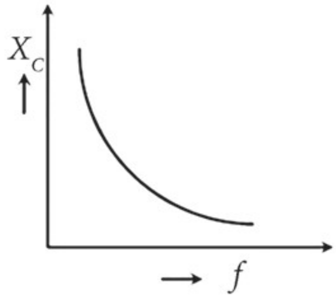
Ans :- The capacitive reactance is the effective opposition offered by a capacitor to the flow of current in the circuit. It is given by Xc=1/(Cw)



© JCERT not to be republished

Q 14 : संधारित्र प्रतिघात क्या है? प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति के साथ संधारित्र प्रतिघात की भिन्नता को दर्शाने वाला एक ग्राफ बनाएं।

उत्तर : - संधारित्र द्वारा धारा के प्रवाह में आरोपित अवरोध संधारित्र प्रतिघात कहते हैं। यह Xc=1/(Cw) द्वारा दिया जाता है।



Q 15 : What is the phase relation between current and voltage when (i) an inductor and (ii) a capacitor are present in the circuit?

Ans : - (i) In case of an inductor, the voltage leads the current by an angle of π/2.

(ii) In the case of a capacitor, the voltage lags behind the current by an angle of π/2.

Q 15 : धारा तथा वोल्टता में क्या कला सम्बन्ध होता है जब परिपथ में (i) प्रेरकत्व तथा (ii) संधारित्र लगा हो ?

उत्तर : - (i) प्रेरकत्व की स्थिति में वोल्टता धारा से π/2 कोण से आगे रहती है।

(ii) संधारित्र की स्थिति में, वोल्टता धारा से π/2 कोण से पीछे रहती है।

Q 16 : What is the unit of reactance?

Ans : - Ohm(Ω)

Q 16 : प्रतिघात का मात्रक क्या होता है ?

उत्तर : - ओम (Ω)

Q 17 : What is the reactance of a capacitor in a DC circuit?

Ans : - Since, X_c = 1/CW =1/ (C2πf), and f = 0 for direct current

Therefore, X_c =∞ (infinity)

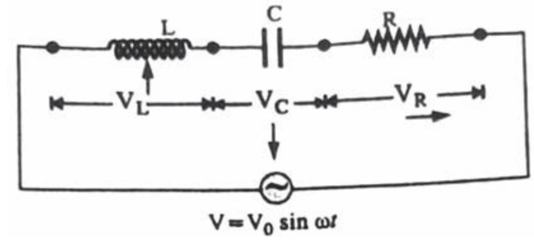
Q 17 : दिष्ट धारा परिपथ में संधारित्र का प्रतिघात क्या होता है ?

उत्तर : - चूँकि, X_c = 1/CW =1/ (C2πf), और दिष्ट धारा के लिए f = 0

इसलिय , X_c =∞ (अनन्त)

Q 18 : Using a phasor diagram, derive the expression for impedance of an a.c. circuit containing L-C-R in series. What is meant by resonance of this circuit and find the expression for resonant frequency.

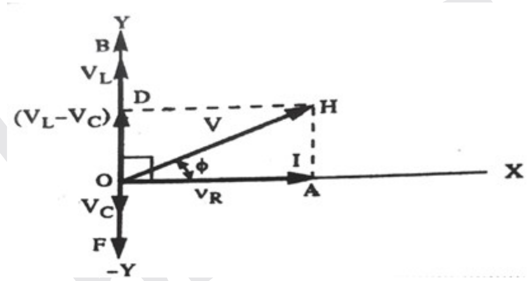
Ans : - A circuit containing inductor of pure inductance (L), capacitor of pure capacitance (C) and resistor of resistance (R), all joined in series across an a.c. supply, is shown in figure.



Let V be the r.m.s. value of the applied alternating e.m.f. to the LCR circuit.

Let I be the r.m.s. value of current flowing through all the circuit elements.

Phasor Diagram:



The potential difference across inductor,

$V_L = I X_L$ ....(i)

This potential difference or voltage leads current I by an angle of π/2. so V_L is represented by OB perpendicular to the direction of I.

The potential difference across conductor C,

$V_C = I X_C$ ....(ii)

This potential difference or voltage lags behind the current I by an angle of π/2. so V_C is represented by OF perpendicular to the direction of I.

The potential difference across R,

$V_R = IR$ ....(iii)

This potential difference or voltage is in phase with the current. Since V_R and I are in phase, so V_R is represented by OA in the direction of I.

Since V_L and V_C are in opposite phases, their resultant (V_L-V_C) is represented by OD (Here $V_L > V_C$).

The resultant of V_R and $(V_L - V_C)$ is given by OH. The magnitude of OH is given by

© JCERT not to be republished

$$OH = \sqrt{(OA^2 + OD^2)} = \sqrt{V^2_R + (V_L - V_C)^2}$$

$$\text{or, } V = \sqrt{V^2_R + (V_L - V_C)^2}$$

Using equation (i), (ii) and (iii), we get

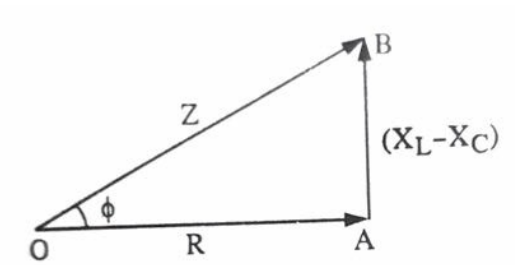
$$V = \sqrt{(I^2R^2 + (IX_L - IX_C)^2)}$$

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

$$\text{or, } \frac{V}{I} = \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)}$$

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

Where Z is the total effective opposition offered by LCR circuit to A.C. called impedance of the circuit. Impedance (Z) of LCR circuit can be represented diagrammatically by Impedance triangle as shown in figure below.



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

$$= \sqrt{\left(R^2 + \left(LW - \frac{1}{CW}\right)^2\right)}$$

Electrical Resonance is said to take place in a series LCR circuit, When the circuit allows maximum current for a given frequency of the source of A.C. supply for which capacitive reactance becomes equal to the inductive reactance.

$$\text{since, } I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)}}$$

From this equation it is clear that current I will be maximum if the impedance (Z) of the circuit is minimum.

So, For electrical resonance,

$$X_L = X_L$$

$$\text{or, } L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$$

$$\text{or, } \omega^2{}_0 = \frac{1}{LC}$$

$$\text{or, } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

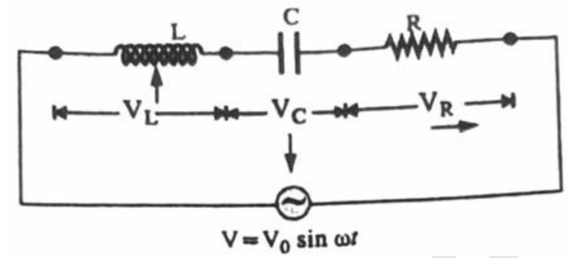
$$\text{or, } 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{or, } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

At this particular frequency (fo), the current amplitude in LCR circuit becomes maximum This frequency (fo) is known as the resonant frequency and the phenomenon is called electrical resonance.

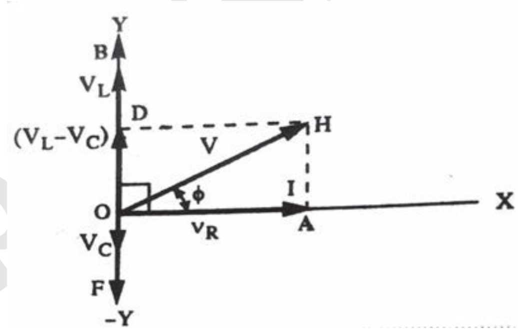
Q 18 : कालांक चित्र का प्रयोग करते हुए LCR श्रेणी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ की प्रतिबाधा के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। इस परिपथ के अनुनाद से क्या तात्पर्य है तथा अनुनादी आवृत्ति के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

उत्तर :- किसी परिपथ में शुद्ध प्रेरण कुण्डली (L), C धारिता के संधारित्र तथा R प्रतिरोध को श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। माना LCR परिपथ में प्रवाहित प्रत्यावर्ती विद्युत् वाहक बल का वर्ग माध्य मूल V है।



माना परिपथ के सभी अवयवों में से प्रवाहित होने वाली धारा का वर्ग माध्य मूल मान I है।

चरण आरेखः



प्रेरकत्व के सिरों पर विभवान्तर, $V_L = I X_L$ ....(i)

यह विभवान्तर, धारा I से π/2 कोण से आगे रहता है।अतः VL को धारा I की दिशा के लम्बवत OB द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

संधारित्र के सिरों पर विभवान्तर , $V_C = I X_C$ ....(ii)

यह विभवान्तर, धारा I से π/2 कोण से पीछे रहता है।अतः VC को धारा I की दिशा के लम्बवत OF द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

प्रतिरोध के सिरों पर विभवांतर , $V_R = IR$ ....(iii)

यह विभवान्तर, धारा I के साथ सामान कला में है। चूँकि V_R और I सामान कला में हैं, इसलिए V_R को धारा I की दिशा में OA द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

चूँकि V_L और V_C विपरीत कला में हैं, इसलिए इनके परिणामी (V_L-V_C) को OD द्वारा दर्शाया गया है

(यहाँ V_L>V_C) I

V_R और (V_L - V_C) का परिणामी विभवान्तर OH द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

$$OH = \sqrt{(OA^2 + OD^2)} = \sqrt{V^2_R + (V_L - V_C)^2}$$

$$\text{or, } V = \sqrt{V^2_R + (V_L - V_C)^2}$$

Using equation (i), (ii) and (iii), we get

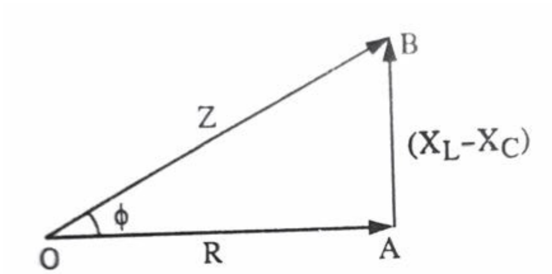
$$V = \sqrt{(I^2R^2 + (IX_L - IX_C)^2)}$$

$$= I\sqrt{\left(R^2+\left(X_L - X_C\right)^2\right)}$$

$$\text{or, } \frac{V}{I} = \sqrt{\left(R^2+\left(X_L - X_C\right)^2\right)}$$

$$\text{or, } Z = \sqrt{\left(R^2+\left(X_L - X_C\right)^2\right)}$$

जहाँ Z LCR परिपथ द्वारा प्रत्यावर्ती धारा की विपरीत प्रभावी अवरोध है , जिसे परिपथ का प्रतिबाधा कहा जाता है। LCR परिपथ के प्रतिबाधा (Z) को प्रतिबाधा त्रिभुज द्वारा आरेखीय रूप से दर्शाया जा सकता है जैसा कि नीचे चित्र में दिखाया गया है।



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

$$= \sqrt{\left(R^2+\left(LW - \frac{1}{CW}\right)^2\right)}$$

यदि किसी LCR श्रेणी परिपथ में किसी दी गई आवृत्ति की प्रत्यावर्ती सप्लाई के लिए संधारित्र प्रतिघात तथा प्रेरणिक प्रतिघात का मान बराबर हो तथा परिपथ में प्रवाहित धारा अधिकतम हो तो इस स्थिति को विद्युतीय अनुनाद (electrical resonance) कहा जाता है l

$$\text{since, } I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{\left(R^2+\left(X_L - X_C\right)^2\right)}}$$

इस समीकरण से यह स्पष्ट है कि धारा I अधिकतम होगा यदि परिपथ का प्रतिबाधा (Z) न्यूनतम हो l

इसलिए, विद्युत अनुनाद के लिए संधारित्र प्रतिघात तथा प्रेरणिक प्रतिघात का मान बराबर होगा ,

$$X_L = X_L$$

$$\text{or, } L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$$

$$\text{or, } \omega^2_0 = \frac{1}{LC}$$

$$\text{or, } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{or, } 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{or, } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

इस विशेष आवृत्ति (fo)पर, LCR परिपथ में धारा अधिकतम हो जाता है। इस आवृत्ति (fo) को अनुनादी आवृत्ति के रूप में जाना जाता है और इस घटना को विद्युत अनुनाद कहा जाता है।

Q 19 : Give the phase difference between the applied ac voltage and the current in an LCR circuit at resonance.

Ans :- The applied ac voltage and the current in an LCR circuit at resonance are in phase.Hence phase difference = 0.

Q 19 : अनुनाद पर एक LCR परिपथ में लागू प्रत्यावर्ती वोल्टेज और धारा के बीच कला अंतर बताएं l

उत्तर :- अनुनाद पर एक LCR सर्किट में प्रत्यावर्ती वोल्टेज और धारा सामान कला में होते हैं। इसलिए कालांतर शून्य होता हैं।

Q 20 : What is the phase difference between the voltage across the inductor and the capacitor in an LCR circuit?

Ans :- The phase difference is 180°.

Q 20 : एक LCR परिपथ में प्रेरक और संधारित्र के वोल्टेज के बीच का कला अंतर क्या है?

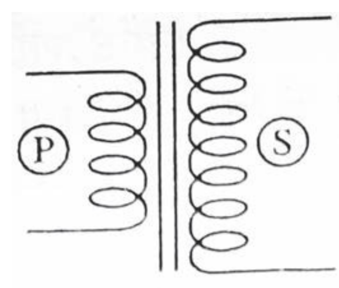
उत्तर :- कला अंतर 180 ° होता है।

Q 21 : Describe the principle, construction and working of a transformer. Why is the core of the transformer laminated?

Ans :- Transformer is a device used to convert low alternating voltage at higher current into high alternating voltage at lower current and vice-versa. In other words, a transformer is an electrical device used to increase or decrease alternating voltage.

Types of Transformers

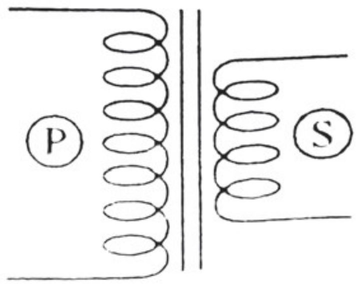
(i) Step-up transformer: The transformer which converts low alternating voltage at higher current into a high alternating voltage at lower current is called step-up transformer. In other words, a step up transformer gives increased alternating voltage output. Symbol of the step-up transformer is shown in figure(A).



(A)

(ii) Step-down transformer: The transformer which converts high alternating voltage at lower current into a low alternating voltage at higher current is called step-down transformer. In other words, a step down transformer gives decreased alternating voltage output. Symbol of the step down transformer is shown in figure(B).

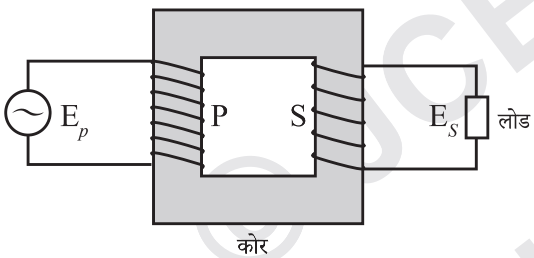
© JCERT not to be republished



(B)

Principle: A transformer is based on the principle of mutual induction. An e.m.f. is induced in a coil, when a changing current flows through its nearby coil.

Construction: It consists of two separate coils of insulated wire wound on the same iron core. One of the coils connected to a.c. input is called primary (P) and the other winding giving output is called secondary (S) winding or coil as shown in figure below.



The primary coil is connected to a source of alternating voltage (Ep). The primary coil along with a source of alternating voltage is called the primary circuit. The output alternating voltage (Es) is taken across the secondary coil and the load is connected to this winding. The secondary coil along with load is called a secondary circuit.

Theory: When an alternating source of e.m.f. Ep, is connected to the primary coil, an alternating current flows through it. Due to the flow of alternating current in the primary coil, an alternating magnetic field is produced and hence changing magnetic flux is linked with the coils. This changing magnetic flux induces an alternating e.m.f. in the secondary coil (Es). Let Np and Nş be the number of turns in the primary and secondary coils respectively. The iron core is capable of coupling the whole of the magnetic flux Φ produced by the turns of the primary coil with the secondary coil.

According to Faraday's law of electromagnetic induction, the induced e.m.f. in the primary coil,

$$E_P = -N_P \frac{d\phi}{dt} \text{ ....(i)}$$

The induced e.m.f. in the secondary coil,

$$E_S = -N_S \frac{d\phi}{dt} \text{ ....(ii)}$$

Dividing (ii) by (i), we get,

$$\frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$\text{or, } \frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P} = K$$

$$\text{Where, } K = \frac{E_S}{E_P} = \text{Turn Ratio or Transformation Ratio}$$

Case(i): K< 1 for step down transformer.

In this case Ns < Np and Es < Ep

i.e. output alternating voltage< Input alternating voltage.

Case(ii): K> 1 for step up transformer.

In this case Ns > Np and Es > Ep

i.e. output alternating voltage is greater than the input alternating voltage.

For an ideal transformer (in which there are no energy losses),

Output power = Input power ... (iii)

Let I_p and I_s be the current in the primary and secondary coils respectively.

Then, Input power = $E_p I_p$

Output power = $E_s I_s$;

From equation (iii),

$$E_S I_S = E_P I_P$$

$$\text{or, } \frac{E_S}{E_P} = \frac{I_P}{I_S} \text{ ....eqn (iv)}$$

$$\text{or, } E \alpha \frac{1}{I}$$

Eqn. (iv) shows that for the same power transfer, voltage increases with the decrease in current and vice-versa Thus, whatever is gained in voltage ratio is lost in the current ratio and vice-versa.

So, a step-up transformer increases the alternating voltage by decreasing the alternating current and step-down transformer decreases the alternating voltage by increasing the alternating current,

For a transformer, efficiency,

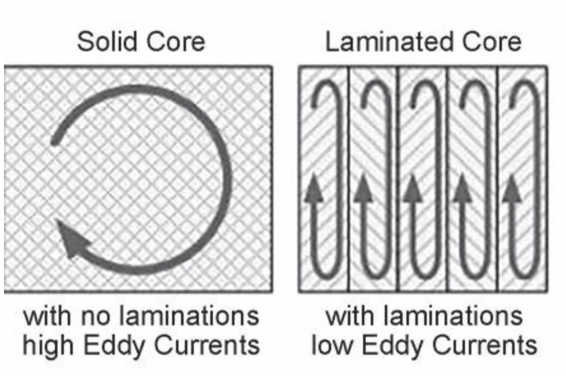
$$\eta = \frac{\text{Output Power}}{\text{Input Power}} = \frac{E_S I_S}{E_P I_P}$$

For an ideal transformer, efficiency η is 100%. But in a real transformer, the efficiency varies from 90-99%. This indicates that there are some energy losses in the transformer.

When a changing magnetic flux links with the iron core of the transformer, eddy currents are set up. These eddy currents in the iron core produce heat which leads to the wastage of energy. This energy loss is reduced by using laminated iron cores. Eddy currents are reduced in a laminated core because

© JCERT not to be republished

their paths are broken as compared to solid core.

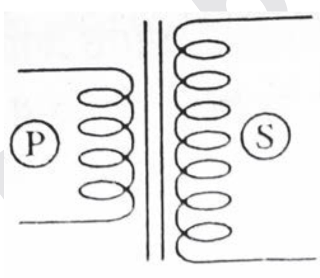


Q 21 : किसी ट्रॉसफॉर्मर के सिद्धान्त, बनावट तथा कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए। ट्राँसफॉर्मर की क्रोड को पटलित क्यों किया जाता है?

उत्तर :- ट्राँसफॉर्मर ऐसी विद्युत् युक्ति है जिसकी सहायता से उच्च धारा की निम्न प्रत्यावर्ती वोल्टता को निम्न धारा की उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता में तथा निम्न धारा की उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता को उच्च धारा की निम्न प्रत्यावर्ती वोल्टता में परिवर्तित किया जा सकता है। अर्थात , ट्रांसफॉर्मर प्रत्यावर्ती वोल्टता को बढ़ाने अथवा घटाने में प्रयुक्त की जाने वाली युक्ति है।

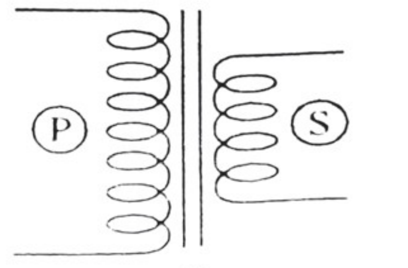
ट्रांसफॉर्मरों के प्रकार (Types of transformers)

(i) उच्चायी ट्रॉसफॉर्मर ((Step-up transformer) : वह ट्रांसफॉर्मर जो उच्च धारा की निम्न प्रत्यावर्ती वोल्टता को निम्न धारा की उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता में परिवर्तित करने में प्रयुक्त होता है, उच्चायी ट्रांसफार्मर कहलाता है। अर्थात, उच्चायी ट्राँसफॉर्मर आवर्धित प्रत्यावर्ती वोल्टता निर्गत करता है। उच्चायी ट्रांसफॉर्मर को चित्र(A) में सांकेतिक रूप में दर्शाया गया है।



(A)

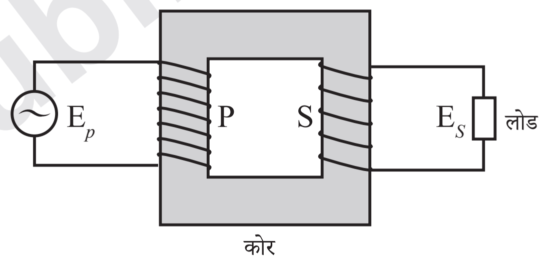
(ii) अपचायी ट्रांसफॉर्मर (Step-down transformer): वह ट्रांसफॉर्मर जो निम्न धारा की उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता को उच्च धारा की निम्न प्रत्यावर्ती वोल्टता में परिवर्तित करने में प्रयुक्त होता है, अपचायी ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। अर्थात , अपचायी ट्रांसफॉर्मर कम मान की प्रत्यावर्ती वोल्टता निर्गत करता है। अपचायी ट्रांसफॉर्मर को चित्र(B) में सांकेतिक रूप में दर्शाया गया है।



(B)

सिद्धान्त (Principle) : ट्राँसफॉर्मर अन्योन्य प्रेरण के सिद्धान्त पर आधारित युक्ति है। जब किसी कुण्डली में धारा परिवर्तित होती है तो इसके निकट स्थित कुण्डली में विद्युत् वाहक बल उत्पन्न होता है।

बनावट (Construction) : ट्रांसफॉर्मर में विद्युत् रोधित तारो से बनी दो अलग-अलग कुण्डलियों को एक ही लोहे की क्रोड पर लपेटा जाता है। एक कुण्डली को प्रत्यावर्ती धारा निवेश (Input) से जोड़ा जाता है। इसे प्राथमिक (Primary) कुण्डली (P) कहते हैं तथा जो कुण्डली निर्गत (Output) प्रदान करती है वह द्वितीयक (Secondary) कुण्डली (S) कहलाती है।



प्राथमिक कुण्डली को प्रत्यावर्ती वोल्टता (Ep) के स्रोत से जोड़ा जाता है। प्राथमिक कुण्डली तथा प्रत्यावर्ती वोल्टता के स्त्रोत से बने परिपथ को प्राथमिक परिपथ कहा जाता है। द्वितीयक कुण्डली से निर्गत प्रत्यावर्ती वोल्टता (Es) प्राप्त की जाती है तथा इसे लोड (Load) से जोड़ा जाता है। द्वितीयक कुण्डली तथा लोड से बने परिपथ को द्वितीयक परिपथ कहा जाता है।

व्याख्या (Theory) : जब Ep विद्युत् बाहक बल युक्त किसी प्रत्यावर्ती स्त्रोत को प्राथमिक कुण्डली से जोड़ा जाता है तो इसमें प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है। प्राथमिक कुण्डली में प्रवाहित होने वाली प्रत्यावर्ती धारा के कारण प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है तथा इसलिए कुण्डलियों में परिवर्ती चुम्बकीय फ्लक्स सम्बद्ध रहता है। यह परिवर्ती चुम्बकीय फ्लक्स द्वितीयक कुण्डली में प्रत्यावर्ती विद्युत् वाहक बल (Es) प्रेरित करता है। माना Np तथा Ns क्रमशः प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में फेरों की संख्या है। लोहे की क्रोड प्राथमिक कुण्डली के फेरों द्वारा जनित चुम्बकीय फ्लक्स Φ को पूर्णतः द्वितीयक कुण्डली से सम्बद्ध कराती है।

फैराडे के विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त के अनुसार, प्राथमिक कुण्डली में प्रेरित विद्युत् वाहक बल,

$$E_P = -N_P \frac{d\phi}{dt} \quad \text{.............(i)}$$

द्वितीयक कुंडली मे प्रेरित विद्युत् वाहक बल,

© JCERT not to be republished

$$E_S = -N_S \frac{d\phi}{dt} \text{ ....(ii)}$$

समीकरण (ii) में समीकरण (i) से भाग देने पर हम पाते हैं,

$$\frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$\text{or,} \frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P} = K$$

$$\text{Where, } K = \frac{E_S}{E_P} = \text{Turn Ratio or Transformation Ratio}$$

Case(i): अपचायी ट्रांसफॉर्मर के लिए K < 1 होगा इस स्थिति में

$N_S < N_P$ तथा $E_S < E_P$

अर्थात्, निर्गत प्रत्यावर्ती वोल्टता < निवेशी प्रत्यावर्ती वोल्टता

Case(ii): उच्चायी ट्रॉसफॉर्मर के लिए K >1 होगा इस स्थिति में

$N_S > N_P$ तथा $E_S > E_P$

अर्थात्, निर्गत प्रत्यावर्ती वोल्टता > निवेशी प्रत्यावर्ती वोल्टता

किसी आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लिए (जिसमें कोई ऊर्जा हानि नहीं होती),

निर्गत शक्ति =निवेशी शक्ति...................(iii)

माना I_p तथा I_s क्रमशः प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में प्रवाहित होने वाली धारा है।

तो निर्गत शक्ति = $E_S I_S$

निवेशी शक्ति = $E_P I_P$

समीकरण (iii) से,

$$E_S I_S = E_P I_P$$

$$\text{or,} \frac{E_S}{E_P} = \frac{I_P}{I_S} \text{ ....eqn (iv)}$$

$$\text{or, } E \alpha \frac{1}{I}$$

उपर्युक्त समीकरण दर्शाती है कि समान शक्ति स्थानान्तरण के लिए, धारा घटाने पर वोल्टता बढ़ती है तथा धारा बढ़ने पर वोल्टता घटती है।

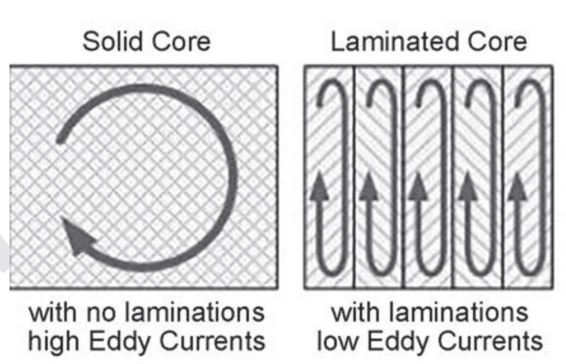
अतः वोल्टता अनुपात में जितना लाभ होता है, धारा अनुपात में उतनी ही हानि होती है तथा इसका विपरीत भी सत्य है। इसलिए उच्चायी ट्रॉसफॉर्मर प्रत्यावर्ती धारा को घटाते हुए प्रत्यावर्ती वोल्टता को बढ़ाता है तथा अपचायी ट्रांसफॉर्मर प्रत्यावर्ती धारा को बढ़ाते हुए प्रत्यावर्ती वोल्टता को घटाता है।

किसी ट्रांसफॉर्मर के लिए, दक्षता (efficiency),

$$\eta = \frac{\text{Output Power}}{\text{Input Power}} = \frac{E_S I_S}{E_P I_P}$$

किसी आदर्श ट्रान्सफॉर्मर के लिए, दक्षता η = 100% होती है। परन्तु किसी व्यावहारिक ट्रांसफॉर्मर के लिए, दक्षता 90 से 99% तक होती है। यह दर्शाता है कि ट्रांसफॉर्मरों में कुछ ऊर्जा हानि होती है।

जब ट्राँसफॉर्मर की लौह क्रोड से परिवर्ती चुम्बकीय फ्लक्स सम्बद्ध किया जाता है तो भंवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। ये भंवर धाराएँ लोहे की क्रोड में ऊष्मा उत्पन्न करती हैं जिससे ऊर्जा की हानि होती है। इस ऊर्जा हानि को पटलित लौह क्रोड (laminated iron core) के उपयोग द्वारा कम किया जा सकता है। पटलित क्रोड में भंवर धाराएँ कम हो जाती हैं क्योंकि ठोस क्रोड के स्थान पर पटलित क्रोड में इनके पथ टूट जाते हैं।



Q 22. Explain various energy losses in the transformer.

Ans :- The various energy losses in a transformer are as follows.

(i) Copper losses: Energy lost in windings of the transformer is known as copper loss. Primary and secondary coils of a transformer are generally made of copper wires. These copper wires have resistance (R). When current (I) flows through these wires, power loss (I^2R) takes place. This loss appears as the heat produced in the primary and secondary coils. Copper losses can be reduced by using thick wires for the windings.

(ii) Flux leakage losses: In the actual transformer, the coupling between primary and secondary coils is not perfect. It means the magnetic flux linked with the primary coil is not equal to the magnetic flux linked with the secondary coil. So a certain amount of electrical energy supplied to the primary coil is wasted,

(iii) Iron losses. These are grouped as below:

(a) Eddy Current losses. When a changing magnetic flux links with the iron core of the transformer, eddy currents are set up. These eddy currents in the iron core produce heat which leads to the wastage of energy. This energy loss is reduced by using laminated iron cores. Eddy currents are reduced in a laminated core because their paths are broken as compared to solid core.

(b) Hysteresis Losses. When alternating current passes through the primary coil of the transformer, the iron core of the transformer is magnetized and demagnetised over a complete cycle. Some energy is lost in magnetizing and demagnetising the iron core. The energy loss in a complete cycle is equal to the area of the hysteresis loop.

This energy loss can be minimized by using suitable material having a narrow hysteresis loop for the core of a transformer.

© JCERT not to be republished

(iv) Losses due to Vibration of core. A transformer produces humming noise due to magnetostriction effects. Some electrical energy is lost in the form of mechanical energy to produce vibration in the core.

Q 22 : ट्रांसफार्मर में होने वाली विभिन्न ऊर्जा हानियों को समझाइए।

उत्तर :- किसी ट्राँसफॉर्मर में होने वाले विभिन्न ऊर्जा हानि निम्न हैं।

(i) ताम्रिक हानि (Copper Losses) : ट्राँसफॉर्मर के घेरों में होने वाली ऊर्जा हानि को ताम्रिक हानि कहते हैं। ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियाँ सामान्यतः तांबे की तारों की बनी होती हैं। इन तांबे की तारों का प्रतिरोध (R) होता है। जब इन तारों से धारा (I) प्रवाहित होती है, तो शक्ति हानि (I^2R) होती है। यह हानि प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में ऊष्मा उत्सर्जन के रूप में देखी जा सकती हैं। ताम्रिक हानि को मोटे तार प्रयुक्त करके कम किया जा सकता है।

(ii) फ्लक्स हानि (Flux Losses) : व्यावहारिक ट्रांसफॉर्मर में, प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में युग्मन (Coupling) सही नहीं होता अर्थात् प्राथमिक कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स द्वितीयक कुण्डली से पूर्णतः सम्बद्ध नहीं होता अतः प्राथमिक कुण्डली को प्रदान की गई विद्युत् ऊर्जा का कुछ भाग नष्ट हो जाता है।

(iii) लौह हानि (Iron Losses) :

(a) भंवर धारा हानि (Eddy currents losses) : जब ट्राँसफॉर्मर की लौह क्रोड से परिवर्ती चुम्बकीय फ्लक्स सम्बद्ध किया जाता है तो भंवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। ये भंवर धाराएँ लोहे की क्रोड में ऊष्मा उत्पन्न करती हैं जिससे ऊर्जा की हानि होती है। इस ऊर्जा हानि को पटलित लौह क्रोड (laminated iron core) के उपयोग द्वारा कम किया जा सकता है। पटलित क्रोड में भंवर धाराएँ कम हो जाती हैं क्योंकि ठोस क्रोड के स्थान पर पटलित क्रोड में इनके पथ टूट जाते हैं।

(b) शैथिल्य हानि (Hysteresis Losses) : जब ट्राँसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्डली में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है तो ट्रांसफॉर्मर की लोह क्रोड पूर्ण चक्र में चुम्बकित तथा अचुम्बकित होती रहती हैं। लौह क्रोड को चुम्बकित तथा अचुम्बकित करने में कुछ ऊर्जा की हानि होती है। एक पूर्ण चक्र में होने वाली ऊर्जा हानि शैथिल्य पाश (Hysteresis loop)क्षेत्रफल के बराबर होता है।

(iv) क्रोड के कम्पन के कारण हानि (Losses due to vibration of core) :

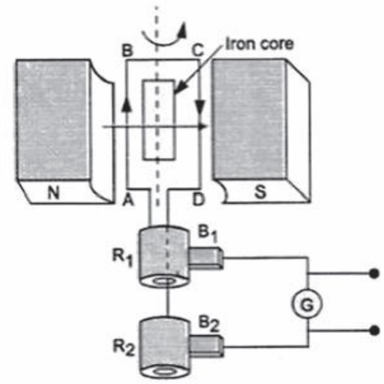
चुम्बकीय आकारान्तर प्रभाव (magnetostriction effect) के कारण ट्राँसफॉर्मर कलकल ध्वनि (humming noise) उत्पन्न करता है। क्रोड में कम्पन उत्पन्न करने के लिए कुछ विद्युत् ऊर्जा की यांत्रिक ऊर्जा के रूप में हानि हो जाती है।

Q 23. Describe the principle, construction and working of an A.C. generator with the help of a labeled diagram .

Ans :- An electrical machine used to convert mechanical energy into electrical energy is known as A.C. generator/alternator.

Principle: It works on the principle of electromagnetic induction i.e., when a coil is rotated in uniform magnetic field, an induced e.m.f. is produced in it.

Construction: The main components of a.c. generator are given below:



(i) Armature: Armature coil (ABCD) consists of a large number of turns of insulated copper wire wound over a soft iron core.

(ii) Strong field magnet: A strong permanent magnet or an electromagnet whose poles (N an S) are cylindrical in shape used as a field magnet. The armature coil rotates between the pole pieces of the field magnet. The uniform magnetic field provided by the field magnet is perpendicular to the axis of rotation of the coil.

(iii) Slip Rings: The two ends of the armature coil are connected to two brass slip rings R1and R2. These rings rotate along with the armature coil.

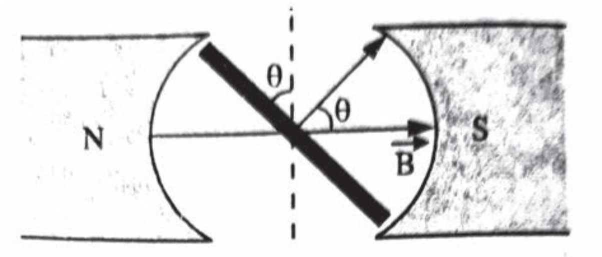
(iv) Brushes: Two carbon brushes (B_1 and B_2), are pressed against the slip rings. The brushes remain fixed while slip rings rotate along with the armature. These brushes are connected to the load through which the output is obtained.

Working: When the armature coil ABCD rotates in the magnetic field provided by the strong field magnet, it cuts the magnetic lines of force. The magnetic flux linked with the coil changes due to the rotation of the armature and hence induced e.m.f. is set up in the coil. The direction of the induced e,m.f. or the current in the coil is determined by the Fleming's right hand rule.

The current flows out through the brush B1 in one direction of half of the revolution and through the brush B2 in the next half revolution in the reverse direction. This process is repeated. Therefore, e.m.f. produced is of alternating nature.

Theory: Consider the plane of the coil to be perpendicular to the magnetic field B.

Let the coil be rotated anti-clockwise with a constant angular velocity ω as shown in figure below.



Then the angle between the normal to the coil and at any instant t is given by

$\theta=\omega t$ ....(i)

So,The component of the magnetic field normal to the plane of the coil = B $\cos\theta$ = B $\cos\omega t$. Magnetic flux linked with a single turn of the coil = (B $\cos\omega t$)A, where A is the area of the coil.

If the coil has n turns, then the total magnetic flux linked with the coil is given by

$\Phi=n(B\cos\omega t)A=nBA\cos\omega t$ ....(ii)

According to Faraday's laws of electromagnetic induction, the induced e.m.f. produced in the coil is given by

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=\frac{d(nBA\cos\omega t)}{dt}=nBA(\omega\sin\omega t)$$

$$\text{or, } \varepsilon = nBA\omega\sin\omega t \text{ ....eqn(iii)}$$

This is the expression for the induced e.m.f. produced in the coil at any instant t.

Induced e.m.f. will be maximum (i.e.$\varepsilon=\varepsilon_0$) if $\sin\omega t$ = 1.

From eqn. (iii), we get a maximum value of e.m.f.

$\varepsilon_0=nBA\omega$ ....(iv)

Substituting the value of eqn. (iv) in eqn. (iii), we get,

$\varepsilon=\varepsilon_0 \sin\omega t$ ....(v)

Instantaneous current in the circuit is given by,

$$I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{\varepsilon_0}{R}\sin\omega t \text{ ....eqn(vi)}$$

where R is the resistance of the circuit.

When the coil is rotated from its position at right angle to the magnetic field through 180°, the induced e.m.f. and the current increases from zero to maximum (ε_0) and then decreases from maximum to zero in the same direction. When the coil is further rotated through the next 180°, the e.m.f. and current rises from zero to maximum and then decreases from maximum to zero in the opposite direction. Current supplied by an a.c. generator is sinusoidal like its e.m.f.

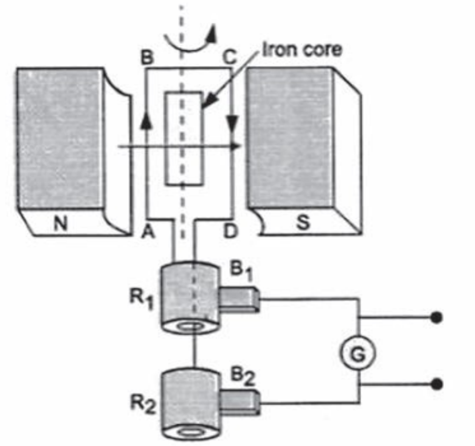
i.e., $I = I_0\sin\omega t$

Q 23 : नामांकित आरेख की सहायता से प्रत्यावर्ती धारा जनित्र के सिद्धांत, संरचना और कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए।

उत्तर :-यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित करने वाली विद्युत् मशीन को प्रत्यावर्ती धारा जनित्र कहते हैं।

सिद्धान्त (Principle) : यह विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण (electromagnetic induction) के सिद्धान्त पर कार्य करता है। अर्थात् जब किसी कुण्डली को समरूप (uniform) चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाया जाता है तो इसमें प्रेरित विद्युत् वाहक बल उत्पन्न होता है।

बनावट (Construction) : प्रत्यावर्ती धारा जनित्र के प्रमुख घटक निम्न हैं।



(i) आर्मेचर (Armature): आर्मेचर कुण्डली (ABCD) को कच्चे लोहे के क्रोड पर विद्युत् रोधी तांबे की तार के बहुत से फेरों को लपेट कर बनाया जाता है।

(ii) शक्तिशाली क्षेत्र चुम्बक (Strong field magnet) : बेलनाकार ध्रुवों (N तथा S) वाली किसी शक्तिशाली स्थायी चुम्बक अथवा विद्युत् चुम्वक को क्षेत्र चुम्बक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। आर्मेचर कुण्डली क्षेत्र चुम्वक के ध्रुव खण्डों (Pole pieces) के मध्य घूर्णन करती है। क्षेत्र चुम्बक से उत्पन्न समांगी चुम्बकीय क्षेत्र कुण्डली के घूर्णन अक्ष के लम्बवत् होता है।

(iii) सर्पीवलय (Slip Rings): आर्मेचर कुण्डली के दोनों सिरों को पीतल (Bass) की दो सर्पीवलय R1, तथा R2 से जोड़ा जाता है। ये सर्पीवलय आमेचर कुण्डली के साथ घूर्णन करते हैं।

(iv) बुश (Brushes) : दो कार्बन बुश (B1 तथा B2) सर्पीवलय के सम्पर्क में रहते हैं। सर्पीवलयों के घूर्णन के समय ब्रुश स्थाई अवस्था में रहते है। सर्पीवलयों के घूर्णन के समय बुश स्थाई अवस्था में रहते हैं। ये बुश लोड से सम्बद्ध रहते हैं जिससे निर्गत प्राप्त किया जाता है।

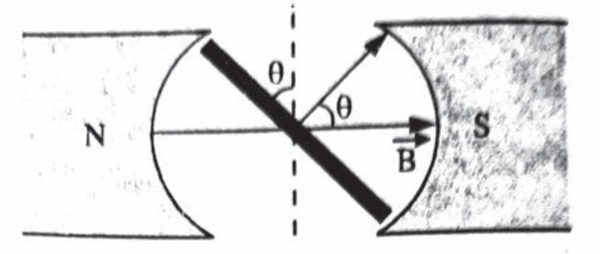
कार्यप्रणाली (Working) : जब आर्मेचर कुण्डली ABCD शक्तिशाली क्षेत्र चुम्बक द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र में घूर्णन करती है तो यह चुम्बकीय बल रेखाओं को काटती है। आर्मेचर के घूर्णन के कारण कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स परिवर्तित होता है तथा इसलिए कुण्डली में प्रेरित विद्युत् बाहक बल उत्पन्न होता है। कुण्डली में प्रेरित विद्युत् वाहक बल अथवा धारा की दिशा फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियम (Fleming's right hand rule) से निर्धारित की जाती है।

पहले अर्द्धचक्र में धारा ब्रुश B1से एक दिशा में प्रवाहित होती है तथा दूसरे अर्द्धचक्र में धारा बुश B2 से विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है। यह प्रक्रिया लगातार चलती रहती है। अतः उत्पन्न होने वाली धारा प्रत्यावर्ती होती है।

सिद्धान्तः एक कुण्डली के तल की कल्पना कीजिए जो चुम्बकीय क्षेत्र B के लम्बवत् है। माना कुण्डली को वामावर्त

© JCERT not to be repu

दिशा में, कोणीय वेग ω से घुम रही है,



तब किसी क्षण 't' पर कुण्डली के अभिलम्ब तथा B के मध्य कोण का परिमाण निम्नवत् होगा

$\theta = \omega t$ ....(i)

कुण्डली के तल के लम्बवत् चुम्बकीय क्षेत्र के घटक का मान = B cosθ = B cosωt.

कुण्डली के एक लपेट (turn) से जुड़ा हुआ चुम्बकीय फ्लक्स = (B cosωt)A जहाँ A. कुण्डली का क्षेत्रफल है। यदि कुण्डली में n लपेट है तब कुण्डली से जुड़ा हुआ चुम्बकीय फ्लक्स निम्नवत् होगी।

$\Phi = n(B\cos\omega t)A = nBA\cos\omega t$ ....(ii)

फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के अनुसार कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित e.m.f. निम्नवत् होगा।

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{d(nBA\cos\omega t)}{dt} = nBA(\omega\sin\omega t)$$

$$\text{or, } \varepsilon = nBA\omega\sin\omega t \text{ ....eqn(iii)}$$

यह कुण्डली में किसी क्षण 't' पर उत्पन्न प्रेरित e.m.f. के परिमाण के लिए व्यंजक है।

प्रेरित e.m.f. का परिमाण महत्तम होगा (अर्थात्, $\varepsilon = \varepsilon_o$) यदि sinωt = 1; अतः समीकरण (iii) से e.m.f. का महत्तम मान निम्नवत होगा।

$\varepsilon_o = nBA\omega$ ....(iv)

समीकरण (iv) का मान समीकरण (iii) में प्रतिस्थापित करने पर,

$\varepsilon = \varepsilon_o \sin\omega t$ ....(v)

परिपथ में तत्क्षणिक धारा निम्न सम्बन्ध से दि जा सकती हैं।

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_0}{R}\sin\omega t \text{ ....eqn(vi)}$$

जहाँ R, परिपथ का प्रतिरोध है।

जब कुण्डली समकोण से प्रक्रमित होकर 180° तक होती है तब प्रेरित e.m.f. का मान शून्य से महत्तम (ε_o) तक उसी दिशा में बढ़ता है तथा इसके बाद महत्तम से शून्य तक उसी दिशा में घटता है। जब कुण्डली पुनः 180° तक परिक्रमित होती है तब em.f. तथा धारा शून्य से अधिकतम् तब बढ़ती है और इसके बाद अधिकतम् से शून्य तक विपरीत दिशा में घटती है।प्रत्यावर्ती धारा जनित्र द्वारा की गई धारा की आपूर्ति e.m.f. के सामान ज्या वक्रीय (sinusoidal) होती हैं।

i.e., $I = I_0 \sin\omega t$

Q 24 : Find the expression for power of an A.C. circuit containing L,C and R in series. What will be the power of a circuit having (i) only R (ii) only L and (iii) only C?

Ans :- Power dissipated in an a.c. circuit is the product of r.m.s. value of voltage and component of current in phase with r.m.s. voltage.

Let in a series LCR circuit, the phase difference between current and voltage be Φ. The instantaneous values of voltage and current in LCR circuit are given by

$$V = V_o\sin\omega t \quad \text{and} \quad I = I_o\sin(\omega t + \phi)$$

So, Instantaneous power input to LCR circuit is given by

$$P_i = VI = V_oI_o\sin\omega t\sin(\omega t + \phi)$$

$$= V_oI_o\sin\omega t[\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi]$$

$$\text{since, } \sin(A+B) = \sin A\sin B + \cos A\sin B$$

$$= V_oI_o[\sin^2\omega t\cos\phi + \sin\omega t\cos\omega t\sin\phi]$$

$$= V_oI_o\left[\sin^2\omega t\cos\phi + \frac{2\sin\omega t\cos\omega t}{2}\sin\phi\right]$$

$$= V_oI_o\left[\sin^2\omega t\cos\phi + \frac{\sin 2\omega t}{2}\sin\phi\right] \text{.............eqn(i)}$$

$$\text{since} \quad \sin 2A = 2\sin A\cos A$$

The average power over a complete cycle of a.c. through LCR circuit is given by

$$\frac{\int_0^T P_i\,dt}{T} \text{ ....eqn(ii)}$$

Using equation (i) in equation (ii), we get

$$P = \frac{V_0I_0}{T}\int_0^T\left[\sin^2\omega t\cos\phi + \frac{\sin 2\omega t\sin\phi}{2}\right]dt$$

$$= \frac{V_0I_0}{T}\left[\int_0^T\sin^2\omega t\cos\phi\,dt + \int_0^T\frac{\sin 2\omega t\sin\phi}{2}dt\right]$$

$$= \frac{V_0I_0}{T}\left[\cos\phi\int_0^T\sin^2\omega t\,dt + \frac{\sin\phi}{2}\int_0^T\frac{\sin 2\omega t}{2}dt\right]$$

........eqn(iii)

$$\text{since, } \int_0^T\sin^2\omega t\,dt = \int_0^T\frac{1-\cos 2\omega t}{2}dt$$

$$= \frac{1}{2}\left[\int_0^T dt - \int_0^T\cos 2\omega t\,dt\right]$$

$$= \frac{1}{2}[T-0] = \frac{T}{2}$$

$$\text{and } \int_0^T\sin 2\omega t\,dt = 0$$

So equation (iii) can be written as,

$$P = \frac{V_oI_o}{T}\left\{\cos\phi\times\frac{T}{2} + \frac{\sin\phi}{2}\times 0\right\}$$

$$= \frac{V_oI_oT}{2T}\cos\phi = \frac{V_oI_o}{2}\cos\phi$$

$$\text{or, } P = \frac{V_o}{\sqrt{2}}\times\frac{I_o}{\sqrt{2}}\cos\phi = V_{rms}I_{rms}\cos\phi$$

© JCERT not to be republished

Here, $\cos\Phi$ is called power factor.

P is called True Power and $V_{rms}I_{rms}$ is called apparent power or virtual power.

Case(i) : A.C. circuit having resistor only

In such a circuit, phase angle $\Phi = 0$.

True power dissipated

$P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi = P=V_{rms}I_{rms}\cos 0 = P=V_{rms}I_{rms}$

So, True Power=Apparent power

Case(ii) : A.C. Circuit having pure inductor only

In such a circuit, the angle between voltage and current is $\Phi = \pi/2$

i.e. Power dissipated $P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi$

$P=V_{rms}I_{rms}\cos\pi/2 = 0$

Thus, no power loss takes place in a circuit having pure inductor only.

Case(iii) : A.C. circuit having pure capacitor only

In such a circuit, the angle between voltage and current is $\Phi = \pi/2$

i.e. Power dissipated $P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi$

$\Rightarrow P=V_{rms}I_{rms}\cos\pi/2 = 0$

Thus, no power loss takes place in a circuit having pure capacitor only.

Q 24 : LCR श्रेणी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में शक्ति के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। शक्ति क्या होगी जब परिपथ में (i) केवल R (ii) केवल L और (iii) केवल C जुड़ा है ?

उत्तर :- माना LCR श्रेणी परिपथ में धारा तथा वोल्टता में कलान्तर Φ है। LCR परिपथ में वोल्टता तथा धारा का तात्क्षणिक मान इस प्रकार दिया जाता है।

$$V = V_o\sin\omega t \quad \text{and} \quad I = I_o\sin(\omega t + \phi)$$

LCR परिपथ में निवेशित तात्क्षणिक शक्ति इस प्रकार दी जा सकती है।

$$P_i = VI = V_oI_o\sin\omega t\sin(\omega t + \phi)$$
$$= V_oI_o\sin\omega t[\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi]$$
$$\text{since, } \sin(A+B) = \sin A\sin B + \cos A\sin B$$
$$= V_oI_o[\sin^2\omega t\cos\phi + \sin\omega t\cos\omega t\sin\phi]$$
$$= V_oI_o\left[\sin\omega t\cos\phi + \frac{2\sin\omega t\cos\omega t}{2}\sin\phi\right]$$
$$= V_oI_o\left[\sin^2\omega t\cos\phi + \frac{\sin 2\omega t}{2}\sin\phi\right] \text{.............eqn (i)}$$
$$\text{since} \quad \sin 2A = 2\sin A\cos A$$

LCR परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा के एक पूर्ण चक्र की औसत शक्ति इस प्रकार दी जाती है।

समीकरण (iii) को इस प्रकार से लिखा जा सकता हैं।

$$\frac{\int_0^T P_i\,dt}{T} \text{ ....eqn (ii)}$$

Using equation (i) in equation (ii), we get

$$P = \frac{V_oI_o}{T}\int_0^T\left[\sin^2\omega t\cos\phi + \frac{\sin 2\omega t\sin\phi}{2}\right]dt$$
$$= \frac{V_oI_o}{T}\left[\int_0^T \sin^2\omega t\cos\phi\,dt + \int_0^T \frac{\sin 2\omega t\sin\phi}{2}dt\right]$$
$$= \frac{V_oI_o}{T}\left[\cos\phi\int_0^T \sin^2\omega t\,dt + \frac{\sin\phi}{2}\int_0^T \frac{\sin 2\omega t}{2}dt\right]$$
........eqn (iii)

$$\text{since, } \int_0^T \sin^2\omega t\,dt = \int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2}dt$$
$$= \frac{1}{2}\left[\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2\omega t\,dt\right]$$
$$= \frac{1}{2}[T - 0] = \frac{T}{2}$$
$$\text{and } \int_0^T \sin 2\omega t\,dt = 0$$

$$P = \frac{V_oI_o}{T}\left\{\cos\phi \times \frac{T}{2} + \frac{\sin\phi}{2} \times 0\right\}$$
$$= \frac{V_oI_oT}{2T}\cos\phi = \frac{V_oI_o}{2}\cos\phi$$
$$\text{or, } P = \frac{V_o}{\sqrt{2}} \times \frac{I_o}{\sqrt{2}}\cos\phi = V_{rms}I_{rms}\cos\phi$$

यहाँ राशि $\cos\Phi$ को शक्ति गुणांक कहते हैं।

P को वास्तविक शक्ति और $V_{rms}I_{rms}$ = आभासी शक्ति कहा जाता है।

Case 1. केवल प्रतिरोध युक्त प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में, $\Phi = 0$. होता है।

अर्थात्, व्यय हुई शक्ति, = $P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi$

$P=V_{rms}I_{rms}\cos 0$

$\Rightarrow P=V_{rms}I_{rms}$

Case 2. केवल शुद्ध प्रेरकत्व युक्त प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में, वोल्टता तथा धारा में कला कोण $\Phi = \pi/2$ होता है।

अर्थात्, व्यय हुई शक्ति, $P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi$

$P=V_{rms}I_{rms}\cos\pi/2 = 0$

अतः केवल प्रेरकत्व युक्त परिपथ में कोई शक्ति हानि नहीं होती है।

Case 3. केवल शुद्ध संधारित्र युक्त प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में वोल्टता तथा धारा के मध्य कला कोण $\Phi = \pi/2$ होता है।

अर्थात्, व्यय हुई शक्ति, $P=V_{rms}I_{rms}\cos\Phi$

$P=V_{rms}I_{rms}\cos\pi/2 = 0$

अतः केवल संधारित्र युक्त परिपथ में कोई शक्ति नहीं होती है।

© JCERT not to be republished