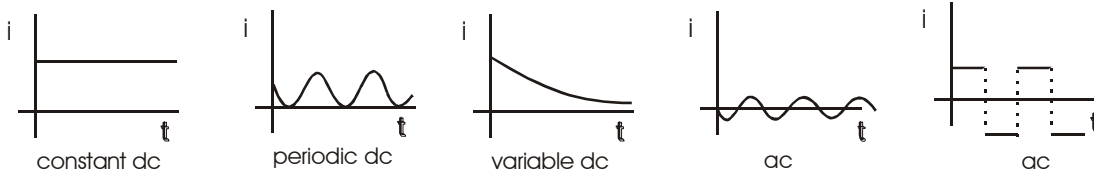


ALTERNATING CURRENT



1. AC AND DC CURRENT :

A current that changes its direction periodically is called alternating current (AC). If a current maintains its direction constant it is called direct current (DC).



If a function suppose current, varies with time as $i = I_m \sin (\omega t + \phi)$, it is called sinusoidally varying function. Here I_m is the peak current or maximum current and i is the instantaneous current. The factor $(\omega t + \phi)$ is called phase. ω is called the angular frequency, its unit rad/s. Also $\omega = 2\pi f$ where f is called the frequency, its unit s^{-1} or Hz. Also frequency $f = 1/T$ where T is called the time period.

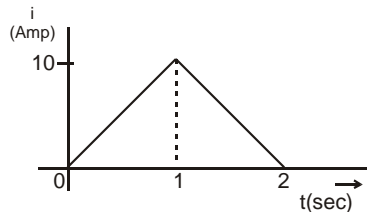
2. AVERAGE VALUE :

Average value of a function, from t_1 to t_2 , is defined as $\langle f \rangle = \frac{\int_{t_1}^{t_2} f dt}{t_2 - t_1}$. We can find the value of $\int_{t_1}^{t_2} f dt$

graphically if the graph is simple. It is the area of f - t graph from t_1 to t_2 .

Solved Example

Example 1. Find the average value of current shown graphically, from $t = 0$ to $t = 2$ sec.



Solution : From the $i - t$ graph, area from $t = 0$ to $t = 2$ sec $= \frac{1}{2} \times 2 \times 10 = 10$ Amp. sec.

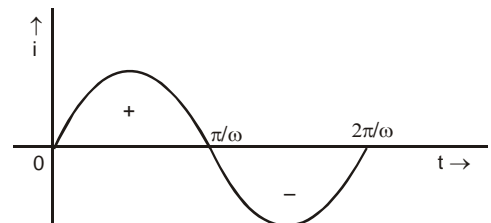
$$\therefore \text{Average Current} = \frac{10}{2} = 5 \text{ Amp.}$$

Example 2. Find the average value of current from $t = 0$ to $t = \frac{2\pi}{\omega}$ if the current varies as $i = I_m \sin \omega t$.

$$\text{Solution : } \langle i \rangle = \frac{\int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} I_m \sin \omega t dt}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{I_m}{\omega} \left(1 - \cos \omega \frac{2\pi}{\omega} \right) = 0.$$

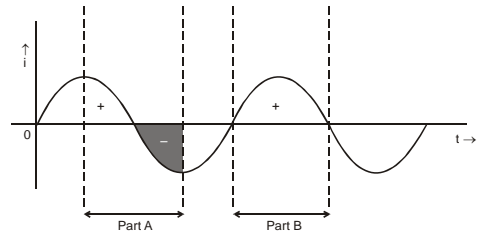
It can be seen graphically that the area of $i - t$ graph of one cycle is zero.

$$\therefore \langle i \rangle \text{ in one cycle} = 0.$$



Example 3. Show graphically that the average of sinusoidally varying current in half cycle may or may not be zero.

Solution : Figure shows two parts A and B, each half cycle.
In part A we can see that the net area is zero
 $\therefore \langle i \rangle$ in part A is zero.
In part B,
area is positive hence in this part $\langle i \rangle \neq 0$.



Example 4. Find the average value of current $i = I_m \sin \omega t$ from (i) $t = \frac{\pi}{\omega}$ to $t = \frac{\pi}{2\omega}$ (ii) $t = \frac{3\pi}{2\omega}$ to $t = \frac{3\pi}{\omega}$.

Solution : (i) $\langle i \rangle = \frac{\int_0^{\frac{\pi}{\omega}} I_m \sin \omega t dt}{\frac{\pi}{\omega}} = \frac{I_m \left(1 - \cos \omega \frac{\pi}{\omega} \right)}{\frac{\pi}{\omega}} = \frac{2I_m}{\pi}$ (ii) $\langle i \rangle = \frac{\int_{\frac{3\pi}{2\omega}}^{\frac{3\pi}{\omega}} I_m \sin \omega t dt}{\frac{\pi}{\omega}} = 0$.

Example 5. Current in an A.C. circuit is given by $i = 2\sqrt{2} \sin(\pi t + \pi/4)$, then the average value of current during time $t = 0$ to $t = 1$ sec is:

Solution : $\langle i \rangle = \frac{\int_0^1 i dt}{1} = 2\sqrt{2} \int_0^1 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right) dt = \frac{4}{\pi}$ **Ans.**



3. ROOT MEAN SQUARE VALUE :

Root Mean Square Value of a function, from t_1 to t_2 , is defined as $f_{rms} = \sqrt{\frac{\int_{t_1}^{t_2} f^2 dt}{t_2 - t_1}}$.

Solved Example

Example 6. Find the rms value of current from $t = 0$ to $t = \frac{2\pi}{\omega}$ if the current varies as $i = I_m \sin \omega t$.

Solution : $i_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} I_m^2 \sin^2 \omega t dt}{\frac{2\pi}{\omega}}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Example 7. Find the rms value of current $i = I_m \sin \omega t$ from (i) $t = 0$ to $t = \frac{\pi}{\omega}$ (ii) $t = \frac{\pi}{2\omega}$ to $t = \frac{3\pi}{2\omega}$.

Solution : (i) $i_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^{\frac{\pi}{\omega}} I_m^2 \sin^2 \omega t dt}{\frac{\pi}{\omega}}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
(ii) $\langle i \rangle = \sqrt{\frac{\int_{\frac{\pi}{2\omega}}^{\frac{3\pi}{2\omega}} I_m^2 \sin^2 \omega t dt}{\frac{\pi}{\omega}}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Note:

- The r m s values for one cycle and half cycle (either positive half cycle or negative half cycle) is same.
- From the above two examples note that for sinusoidal functions **rms value** (Also called **effective value**) = $\frac{\text{peak value}}{\sqrt{2}}$ or $I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Example 8. Find the effective value of current $i = 2 \sin 100 \pi t + 2 \cos (100 \pi t + 30^\circ)$.

Solution : The equation can be written as $i = 2 \sin 100 \pi t + 2 \sin (100 \pi t + 120^\circ)$
 so phase difference $\phi = 120^\circ$ $I_m)_{\text{res}} = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \phi}$
 $= \sqrt{4 + 4 + 2 \times 2 \times 2 \left(-\frac{1}{2}\right)} = 2$, so effective value or rms value = $2 / \sqrt{2} = \sqrt{2} \text{ A}$

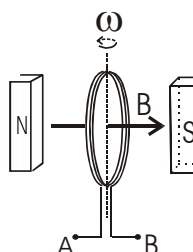


4. AC SINUSOIDAL SOURCE :

Figure shows a coil rotating in a magnetic field. The flux in the coil changes as $\phi = NBA \cos (\omega t + \phi)$.

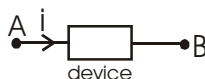
Emf induced in the coil, from Faraday's law is $\frac{-d\phi}{dt} = N B A \omega \sin (\omega t + \phi)$. Thus the emf between the

points A and B will vary as $E = E_0 \sin (\omega t + \phi)$. The potential difference between the points A and B will also vary as $V = V_0 \sin (\omega t + \phi)$. The symbolic notation of the above arrangement is $A \text{---} \text{---} B$. We do not put any + or – sign on the AC source.



5. POWER CONSUMED OR SUPPLIED IN AN AC CIRCUIT:

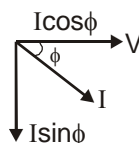
Consider an electrical device which may be a source, a capacitor, a resistor, an inductor or any combination of these. Let the potential difference be $V = V_A - V_B = V_m \sin \omega t$. Let the current through it be $i = I_m \sin(\omega t + \phi)$. Instantaneous power P consumed by the device = $V i = (V_m \sin \omega t) (I_m \sin(\omega t + \phi))$



$$\text{Average power consumed in a cycle} = \frac{\int_0^{2\pi} P dt}{2\pi} = V_m I_m \cos \phi = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \cos \phi = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos \phi.$$

Here $\cos \phi$ is called **power factor**.

Note : $I \sin \phi$ is called “wattless current”.



Solved Examples

Example 9. When a voltage $v_s = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 15^\circ)$ is applied to an AC circuit the current in the circuit is found to be $i = 2 \sin(\omega t + \pi/4)$ then average power consumed in the circuit is
 (A) 200 watt (B) $400\sqrt{2}$ watt (C) $100\sqrt{6}$ watt (D) $200\sqrt{2}$ watt

Solution : $P_{av} = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} \cos(30^\circ) = 100\sqrt{6}$ watt



6. SOME DEFINITIONS :

The factor $\cos \phi$ is called Power factor.

$I_m \sin \phi$ is called wattless current.

Impedance Z is defined as $Z = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_{rms}}{I_{rms}}$

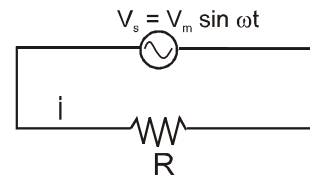
ωL is called inductive reactance and is denoted by X_L . $\frac{1}{\omega C}$ is called capacitive reactance and is denoted by X_C .

7. PURELY RESISTIVE CIRCUIT:

Writing KVL along the circuit,

$$V_s - iR = 0$$

or $i = \frac{V_s}{R} = \frac{V_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$



⇒ We see that the phase difference between potential difference across resistance, V_R and i_R is 0.

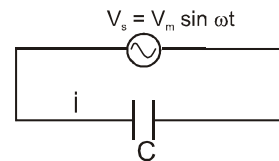
$$I_m = \frac{V_m}{R} \Rightarrow I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} ; <P> = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

8. PURELY CAPACITIVE CIRCUIT:

Writing KVL along the circuit, $V_s - \frac{q}{C} = 0$

$$\text{or } i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CV)}{dt} = \frac{d(CV_m \sin \omega t)}{dt}$$

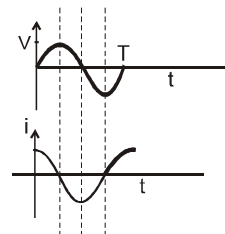
$$= CV_m \omega \cos \omega t = \frac{V_m}{1/\omega C} \cos \omega t = \frac{V_m}{X_C} \cos \omega t = I_m \cos \omega t.$$



$X_C = \frac{1}{\omega C}$ and is called capacitive reactance. Its unit is ohm Ω .

From the graph of current versus time and voltage versus time $\frac{T}{4}$, it is clear that current attains its peak value at a time before the time at which voltage attains its peak value.

Corresponding to $\frac{T}{4}$ the phase difference



$= \omega \Delta t = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$. i_c leads v_c by $\pi/2$. Diagrammatically (phasor diagram) it is represented as



Since $\phi = 90^\circ$, $<P> = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = 0$

Solved Examples

Example 10. An alternating voltage $E = 200\sqrt{2} \sin(100t)$ V is connected to a $1\mu\text{F}$ capacitor through an ac ammeter (it reads rms value). What will be the reading of the ammeter?

Solution : Comparing $E = 200\sqrt{2} \sin(100t)$ with $E = E_0 \sin \omega t$ we find that,

$$E_0 = 200\sqrt{2} \text{ V and } \omega = 100 \text{ (rad/s)}$$

$$\text{So, } X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 10^4 \Omega$$

And as ac instruments reads rms value, the reading of ammeter will be,

$$I_{\text{rms}} = \frac{E_{\text{rms}}}{X_C} = \frac{E_0}{\sqrt{2}X_C} \left[\text{as } E_{\text{rms}} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \right]$$

$$\text{i.e. } I_{\text{rms}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2} \times 10^4} = 20\text{mA Ans.}$$



9. PURELY INDUCTIVE CIRCUIT:

Writing KVL along the circuit,

$$V_s - L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow L = \frac{di}{dt} V_m \sin \omega t$$


$$\int L di = \int V_m \sin \omega t dt \Rightarrow i = -\frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t + C$$

$$\langle i \rangle = 0 \quad C = 0$$

$$\therefore i = -\frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t \Rightarrow I_m = \frac{V_m}{X_L}$$




From the graph of current versus time and voltage versus time $\frac{T}{4}$, it is clear that voltage attains its peak value at a time before the time at which current attains its peak value. Corresponding to $\frac{T}{4}$ the phase

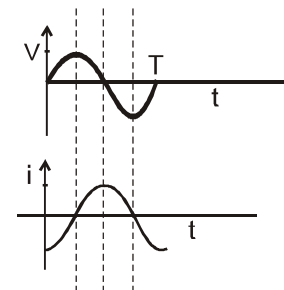
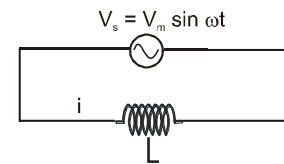
$$\text{difference} = \omega \Delta t = \frac{2\pi}{T} \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}.$$

Diagrammatically (phasor diagram) it is represented as . i_L lags behind v_L by $\pi/2$. Since $\phi = 90^\circ$,

$$\langle P \rangle = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos \phi = 0$$

Summary :

AC source connected with	ϕ		Z	Phasor Diagram
Pure Resistor	0	V_R is in same phase with i_R	R	
Pure Inductor	$\pi/2$	V_L leads i_L	X_L	
Pure Capacitor	$\pi/2$	V_C lags i_C	X_C	



10. RC SERIES CIRCUIT WITH AN AC SOURCE :

$$\text{Let } i = I_m \sin(\omega t + \phi) \Rightarrow V_R = iR = I_m R \sin(\omega t + \phi)$$

$$V_C = (I_m X_C) \sin(\omega t + \phi - \frac{\pi}{2}) \Rightarrow V_S = V_R + V_C$$

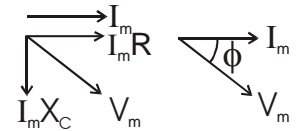
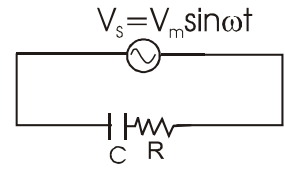
$$\text{or } V_m \sin(\omega t + \phi) = I_m R \sin(\omega t + \phi) + I_m X_C \sin(\omega t + \phi - \frac{\pi}{2})$$

$$V_m = \sqrt{(I_m R)^2 + (I_m X_C)^2 + 2(I_m R)(I_m X_C) \cos \frac{\pi}{2}}$$

$$\text{OR } I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

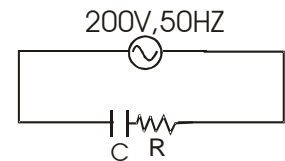
Using phasor diagram also we can find the above result.

$$\tan \phi = \frac{I_m X_C}{I_m R} = \frac{X_C}{R}$$



Solved Examples

Example 11. In an RC series circuit, the rms voltage of source is 200V and its frequency is 50 Hz. If $R = 100 \Omega$ and $C = \frac{100}{\pi} \mu F$, find



- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| (i) Impedance of the circuit | (ii) Power factor angle |
| (iii) Power factor | (iv) Current |
| (v) Maximum current | (vi) voltage across R |
| (vii) voltage across C | (viii) max voltage across R |
| (ix) max voltage across C | (x) $\langle P \rangle$ |
| (xi) $\langle P_R \rangle$ | (xii) $\langle P_C \rangle$ |

Solution : $X_C = \frac{10^6}{\frac{100}{\pi}(2\pi 50)} = 100 \Omega$

(i) $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{100^2 + (100)^2} = 100\sqrt{2} \Omega$

(ii) $\tan \phi = \frac{X_C}{R} = 1 \therefore \phi = 45^\circ$

(iii) Power factor $= \cos \phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$

(iv) Current $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{200}{100\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ A}$

(v) Maximum current $= I_{rms} \sqrt{2} = 2 \text{ A}$

(vi) voltage across R $= V_{R,rms} = I_{rms} R = \sqrt{2} \times 100 \text{ Volt}$

(vii) voltage across C $= V_{C,rms} = I_{rms} X_C = \sqrt{2} \times 100 \text{ Volt}$

(viii) max voltage across R $= \sqrt{2} V_{R,rms} = 200 \text{ Volt}$

(ix) max voltage across C $= \sqrt{2} V_{C,rms} = 200 \text{ Volt}$

(x) $\langle P \rangle = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = 200 \times \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 200 \text{ Watt}$

(xi) $\langle P_R \rangle = I_{rms}^2 R = 200 \text{ W}$

(xii) $\langle P_C \rangle = 0$

Example 12. In the above question if $V_s(t) = 220\sqrt{2} \sin(2\pi 50 t)$, find (a) $i(t)$, (b) v_R and (c) $v_C(t)$

Solution : (a) $i(t) = I_m \sin(\omega t + \phi) = 2 \sin(2\pi 50 t + 45^\circ)$
 (b) $V_R = i_R \cdot R = i(t) R = 2 \times 100 \sin(100 \pi t + 45^\circ)$
 (c) $V_C(t) = i_C X_C$ (with a phase lag of 90°) $= 2 \times 100 \sin(100 \pi t + 45 - 90)$

Example 13. An ac source of angular frequency ω is fed across a resistor R and a capacitor C in series. The current registered is I . If now the frequency of source is changed to $\omega/3$ (but maintaining the same voltage), the current in the circuit is found to be halved. Calculate the ratio of reactance to resistance at the original frequency ω .

Solution : According to given problem,

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{[R^2 + (1/C\omega)^2]^{1/2}} \quad \dots(1)$$

$$\text{and, } \frac{I}{2} = \frac{V}{[R^2 + (3/C\omega)^2]^{1/2}} \quad \dots(2)$$

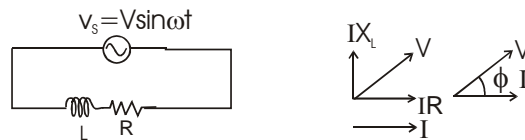
Substituting the value of I from Equation (1) in (2),

$$4\left(R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}\right) = R^2 + \frac{9}{C^2\omega^2} \quad \text{i.e., } \frac{1}{C^2\omega^2} = \frac{3}{5}R^2$$

$$\text{So that, } \frac{X}{R} = \frac{(1/C\omega)}{R} = \frac{\left(\frac{3}{5}R^2\right)^{1/2}}{R} = \sqrt{\frac{3}{5}} \quad \text{Ans.}$$



11. LR SERIES CIRCUIT WITH AN AC SOURCE :



$$\text{From the phasor diagram } V = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L)^2} = IZ \Rightarrow \tan \phi = \frac{IX_L}{IR} = \frac{X_L}{R}$$

Solved Examples

Example 14. A $\frac{9}{100\pi}$ H inductor and a 12 ohm resistance are connected in series to a 225 V, 50 Hz ac source. Calculate the current in the circuit and the phase angle between the current and the source voltage.

Solution : Here $X_L = \omega L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times \frac{9}{100\pi} = 9 \Omega$

$$\text{So, } Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{12^2 + 9^2} = 15 \Omega$$

$$\text{So (a) } I = \frac{V}{Z} = \frac{225}{15} = 15 \text{ A} \quad \text{Ans.}$$

$$\text{and (b) } \phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{9}{12}\right) = \tan^{-1} 3/4 = 37^\circ$$

i.e., the current will lag the applied voltage by 37° in phase. **Ans.**

Example 15. When an inductor coil is connected to an ideal battery of emf 10 V, a constant current 2.5 A flows. When the same inductor coil is connected to an AC source of 10 V and 50 Hz then the current is 2A. Find out inductance of the coil.

Solution : When the coil is connected to dc source, the final current is decided by the resistance of the coil .

$$\therefore r = \frac{10}{2.5} = 4 \Omega$$

When the coil is connected to ac source, the final current is decided by the impedance of the coil.

$$\therefore Z = \frac{10}{2} = 5 \Omega$$

$$\text{But } Z = \sqrt{(r)^2 + (X_L)^2} \quad X_L^2 = 5^2 - 4^2 = 9$$

$$X_L = 3 \Omega$$

$$\therefore \omega L = 2 \pi f L = 3$$

$$\therefore 2\pi 50 L = 3 \quad \therefore L = 3/100\pi \text{ Henry}$$

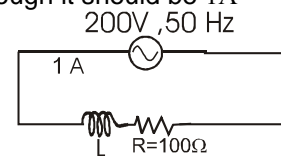
Example 16. A bulb is rated at 100 V, 100 W, it can be treated as a resistor .Find out the inductance of an inductor (called choke coil) that should be connected in series with the bulb to operate the bulb at its rated power with the help of an ac source of 200 V and 50 Hz.

Solution : From the rating of the bulb , the resistance of the bulb is $R = \frac{V_{rms}^2}{P} = 100 \Omega$

For the bulb to be operated at its rated value the rms current through it should be 1A

$$\text{Also, } I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$

$$\therefore 1 = \frac{200}{\sqrt{100^2 + (2\pi 50 L)^2}} \quad ; L = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \text{ H}$$



Example 17. A choke coil is needed to operate an arc lamp at 160 V (rms) and 50 Hz. The arc lamp has an effective resistance of 5 Ω when running of 10 A (rms). Calculate the inductance of the choke coil. If the same arc lamp is to be operated on 160 V (dc), what additional resistance is required? Compare the power losses in both cases.

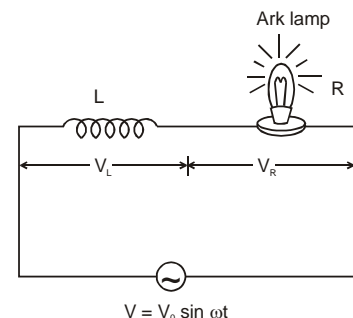
Solution : As for lamp $V_R = IR = 10 \times 5 = 50 \text{ V}$, so when it is connected to 160 V ac source through a choke in series,

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2,$$

$$V_L = \sqrt{160^2 - 50^2} = 152 \text{ V}$$

$$\text{and as, } V_L = IX_L = I\omega L = 2\pi f L I$$

$$\text{So, } L = \frac{V_L}{2\pi f I} = \frac{152}{2 \times \pi \times 50 \times 10} = 4.84 \times 10^{-2} \text{ H Ans.}$$



Now the lamp is to be operated at 160 V dc; instead of choke if additional resistance r is put in series with it,

$$V = I(R + r), \text{ i.e., } 160 = 10(5 + r) \quad \text{i.e., } r = 11 \Omega$$

Ans.

In case of ac, as choke has no resistance, power loss in the choke will be zero while the bulb will consume,

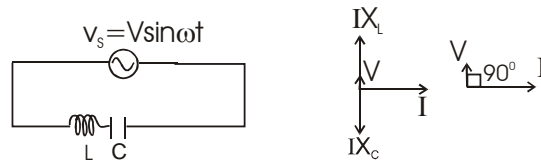
$$P = I^2 R = 10^2 \times 5 = 500 \text{ W}$$

However, in case of dc as resistance r is to be used instead of choke, the power loss in the resistance r will be.

$$P_L = 10^2 \times 11 = 1100 \text{ W}$$

while the bulb will still consume 500 W, i.e., when the lamp is run on resistance r instead of choke more than double the power consumed by the lamp is wasted by the resistance r.

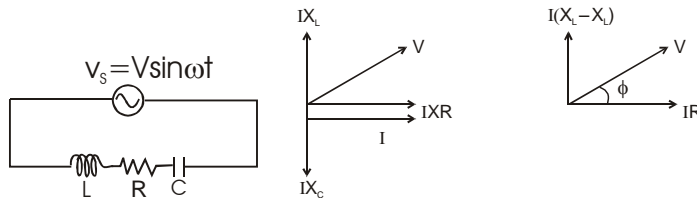
12. LC SERIES CIRCUIT WITH AN AC SOURCE :



From the phasor diagram $V = I|(X_L - X_C)| = IZ$

$$\phi = 90^\circ$$

13. RLC SERIES CIRCUIT WITH AN AC SOURCE :



From the phasor diagram

$$V = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I\sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2} = IZ \quad Z = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{I(X_L - X_C)}{IR} = \frac{(X_L - X_C)}{R}$$

13.1 Resonance :

Amplitude of current (and therefore I_{rms} also) in an RLC series circuit is maximum for a given value of V_m and R , if the impedance of the circuit is minimum, which will be when $X_L - X_C = 0$. This condition is called **resonance**.

So at resonance: $X_L - X_C = 0$.

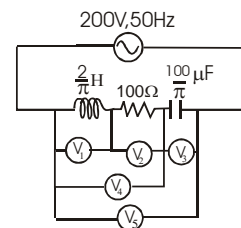
$$\text{or } \omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{or } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \text{ Let us denote this } \omega \text{ as } \omega_r.$$



Solved Examples

Example 18. In the circuit shown in the figure, find :

- the reactance of the circuit .
- impedance of the circuit
- the current
- readings of the ideal AC voltmeters (these are hot wire instruments and read rms values).



Solution : (a) $X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times \frac{2}{\pi} = 200\Omega$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{100}{\pi} \times 10^{-6}} = 100\Omega$$

\therefore The reactance of the circuit $X = X_L - X_C = 200 - 100 = 100 \Omega$

Since $X_L > X_C$, the circuit is called inductive.

(b) impedance of the circuit $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\Omega$

(c) the current $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{200}{100\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ A}$

(d) readings of the ideal voltmeter

$V_1: I_{rms}X_L = 200\sqrt{2} \text{ Volt}$

$V_2: I_{rms}R = 100\sqrt{2} \text{ Volt}$

$V_3: I_{rms}X_C = 100\sqrt{2} \text{ Volt}$

$V_4: I_{rms}\sqrt{R^2 + X_L^2} = 100\sqrt{10} \text{ Volt}$

$V_5: I_{rms}Z = 200 \text{ Volt}$, which also happens to be the voltage of source.



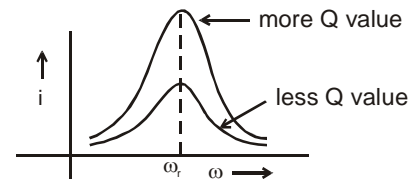
13.2 Q VALUE (QUALITY FACTOR) OF LCR SERIES CIRCUIT (NOT IN IIT SYLLABUS) :

Q value is defined as $\frac{X_L}{R}$ where X_L is the inductive reactance of the circuit, at resonance. More Q value implies more sharpness of I v/s ω curve.

Quality factor : $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$

$Q = \frac{\text{Resonance freq.}}{\text{Band width}} = \frac{\omega_R}{\Delta\omega} = \frac{f_R}{f_2 - f_1}$

where f_1 & f_2 are half power frequencies.



14. TRANSFORMER

A transformer changes an alternating potential difference from one value to another of greater or smaller value using the principle of mutual induction. Two coils called the primary and secondary windings, which are not connected to one another in any way, are wound on a complete soft iron core. When an alternating voltage E_P is applied to the primary, the resulting current produces a large alternating magnetic flux which links the secondary and induces an emf E_S in it. It can be shown that for an ideal transformer

$$\frac{E_s}{E_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} ;$$

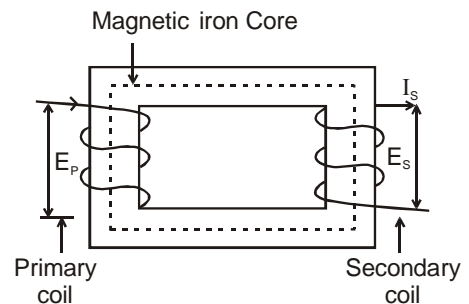
$$\frac{N_s}{N_p} = \text{turns ratio of the transformer.}$$

E_s , N and I are the emf, number of turns and current in the coils.

$N_s > N_p \Rightarrow E_s > E_p \rightarrow \text{step up transformer.}$

$N_s < N_p \Rightarrow E_s < E_p \rightarrow \text{step down transformer.}$

Note : Phase difference between the primary and secondary voltage is π .



15. ENERGY LOSSES IN TRANSFORMER

Although transformers are very efficient devices, small energy losses do occur in them due to four main causes.

15.1. RESISTANCE OF THE WINDINGS :

The copper wire used for the windings has resistance and so I^2R heat losses occur.

15.2. EDDY CURRENT :

Eddy current is induced in a conductor when it is placed in a changing magnetic field or when a conductor is moved in a magnetic field and/or both. Any imagined circuit within the conductor will change its magnetic flux linkage and the subsequent induced emf. will drive current around the circuit. Thus the alternating magnetic flux induces eddy currents in the iron core and causes heating. The effect is reduced by **laminating** the core, i.e., the core is made of thin sheets of iron with insulating sheets between them so that the circuits for the eddy currents are broken.

15.3. HYSTERESIS :

The magnetization of the core is repeatedly reversed by the alternating magnetic field. The resulting expenditure of energy in the core appears as heat and is kept to a minimum by using a magnetic material which has a low hysteresis loss.

15.4. FLUX LEAKAGE :

The flux due to the primary may not all link the secondary if the core is badly designed or has air gaps in it. Very large transformers have to be oil cooled to prevent overheating.

Solved Example

Example 19. In a step-up transformer the turns ratio is 10. If the frequency of the current in the primary coil is 50 Hz then the frequency of the current in the secondary coil will be

- (A) 500 Hz (B) 5 Hz (C) 60 Hz (D*) 50 Hz

Solution : Frequency of the current remains same, only magnitudes of current changes in a transformer.

Example 20. A power transformer is used to step up an alternating emf of 220 volt to 11 kv to transmit 4.4 kw of power. If the primary coil has 1000 turns, what is the current in the secondary?

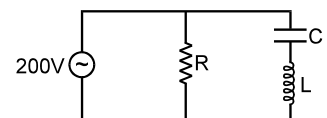
- (A) 4 A (B) 0.4 A (C) 0.04 A (D) 0.2 A

Answer : (C)

Solution : $I_s = P_s/V_s \Rightarrow I_s = \frac{4.4 \times 10^3}{11 \times 10^3} = 0.4A$ **Ans.**

Example 21. In the circuit diagram shown, $X_C = 100\Omega$, $X_L = 200\Omega$ & $R = 100\Omega$. The effective current through the source is:

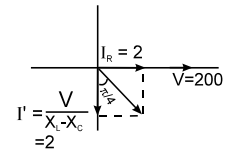
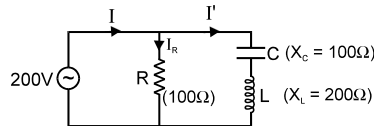
- (A) 2 A (B) $2\sqrt{2}$ A
(C) 0.5 A (D) $\sqrt{0.4}$ A



Solution :

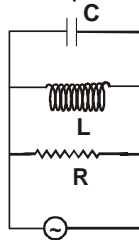
$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{200}{100} = 2A$$

$$I' = \frac{V}{X_L - X_C} = \frac{200}{100} = 2A$$



$$I = \sqrt{I_R^2 + I'^2} = 2\sqrt{2} \text{ Amp.}$$

Example 22. If for above circuit the capacitive reactance is two times of Inductive Reactance, and resistance R is equal to Inductive Reactance then power factor of circuit is.



(A) 1

(B) Zero

(C) $\frac{1}{2}$

(D) $\frac{2}{\sqrt{5}}$

Answer : (D)

Solution : $X_C = 2X_L = 2R$

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right)^2 = \frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{R} \right)^2 = \frac{5}{4R^2}$$

$$Z = \frac{2R}{\sqrt{5}}$$

$$\text{Power factor in parallel combination} = \cos \theta = \frac{Z}{R} = \frac{2}{\sqrt{5}}.$$

Alternate solution:

$$\cos \phi = \frac{I \cos \phi}{\sqrt{I^2 \cos^2 \phi + I^2 \sin^2 \phi}} = \frac{I \cos \phi}{I} = \cos \phi$$

Solved Miscellaneous Problems

Problem 1. The peak voltage in a 220 V AC source is

- (A) 220 V (B) about 160 V (C) about 310 V (D) 440 V

Solution : $V_0 = \sqrt{2} V_{rms} = \sqrt{2} \times 220 \simeq 310 \text{ V}$

Ans. is (C)

Problem 2. An AC source is rated 220V, 50 Hz. The average voltage is calculated in a time interval of 0.01 s. It

- (A) must be zero (B) may be zero (C) is never zero (D) is $(220/\sqrt{2})V$

Solution : May be zero

Ans. is (B)

Problem 3. Find the effective value of current $i = 2 + 4 \cos 100 \pi t$.

Solution :

$$I_{rms} = \left[\int_0^T \frac{(2 + 4 \cos 100 \pi t)^2 dt}{T} \right]^{1/2} = 2\sqrt{3}$$

Problem 4. The peak value of an alternating current is 5 A and its frequency is 60 Hz. Find its rms value. How long will the current take to reach the peak value starting from zero?

Solution : $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} \text{ A}, \quad t = \frac{T}{4} = \frac{1}{240} \text{ s}$

Problem 5. An alternating current having peak value 14 A is used to heat a metal wire. To produce the same heating effect, a constant current i can be used where i is

- (A) 14 A (B) about 20 A (C) 7 A (D) about 10 A

Solution : $I_{RMS} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{14}{\sqrt{2}} \simeq 10$

Ans. is (D)

Problem 6. Find the average power consumed in the circuit if a voltage $v_s = 200\sqrt{2} \sin \omega t$ is applied to an AC circuit and the current in the circuit is found to be $i = 2 \sin (\omega t + \pi/4)$.

Solution : $P = V_{RMS} I_{RMS} \cos \phi = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{\sqrt{2}} \times \cos \frac{\pi}{4} = 200 \text{ W}$

Problem 7. A capacitor acts as an infinite resistance for

- (A) DC (B) AC (C) DC as well as AC (D) neither AC nor DC

Solution : $x_C = \frac{1}{\omega C}$ for DC $\omega = 0$. So, $x_C = \infty$

Ans. is (A)

Problem 8. A $10 \mu\text{F}$ capacitor is connected with an ac source $E = 200\sqrt{2} \sin (100 t) \text{ V}$ through an ac ammeter (it reads rms value). What will be the reading of the ammeter?

Solution : $I_0 = \frac{V_0}{x_C} = \frac{200\sqrt{2}}{1/\omega C}$; $I_{RMS} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 200 \text{ mA}$

Problem 9. Find the reactance of a capacitor ($C = 200 \mu\text{F}$) when it is connected to (a) 10 Hz AC source, (b) a 50 Hz AC source and (c) a 500 Hz AC source.

Solution : (a) $x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \simeq 80\Omega$ for $f = 10 \text{ Hz}$ AC source,
 (b) $x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \simeq 16\Omega$ for $f = 50 \text{ Hz}$ and
 (c) $x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \simeq 1.6\Omega$ for $f = 500 \text{ Hz}$.

Problem 10. An inductor ($L = 200\text{mH}$) is connected to an AC source of peak current. What is the instantaneous voltage of the source when the current is at its peak value?

Solution : Because phase difference between voltage and current is $\pi/2$ for pure inductor.
 So, **Ans.** is zero

Problem 11. An AC source producing emf $E = E_0[\cos(100\pi \text{ s}^{-1})t + \cos(500 \pi \text{ s}^{-1})t]$ is connected in series with a capacitor and a resistor. The current in the circuit is found to be

$i = i_1 \cos[(100 \pi \text{ s}^{-1})t + \phi_1] + i_2 \cos[(500 \pi \text{ s}^{-1})t + \phi_1]$

- (A) $i_1 > i_2$ (B) $i_1 = i_2$ (C) $i_1 < i_2$
 (D) the information is insufficient to find the relation between i_1 and i_2

Solution : Impedance z is given by $z = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2}$

For higher ω , z will be lower so current will be higher. **Ans** is (C)

Problem 12. An alternating voltage of 220 volt r.m.s. at a frequency of 40 cycles/sec is supplied to a circuit containing a pure inductance of 0.01 H and a pure resistance of 6 ohms in series. Calculate (i) the current, (ii) potential difference across the resistance, (iii) potential difference across the inductance, (iv) the time lag, (v) power factor.

Solution : (i) $z = \sqrt{(\omega L)^2 + R^2} = \sqrt{(2\pi \times 40 \times 0.01)^2 + 6^2} = \sqrt{(42.4)}$

$$I_{rms} = \frac{220}{z} = 33.83 \text{ amp.}$$

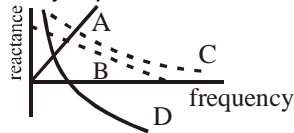
$$(ii) V_{rms} = I_{rms} \times R = 202.98 \text{ volts}$$

$$(iii) \omega L \times I_{rms} = 96.83 \text{ volts}$$

$$(iv) t = T \frac{\phi}{2\pi} = 0.01579 \text{ sec}$$

$$(v) \cos \phi = \frac{R}{Z} = 0.92$$

Problem 13. Which of the following plots may represents the reactance of a series LC combination ?



Answer : (D)

Problem 14. A series AC circuit has resistance of 4Ω and a reactance of 3Ω . The impedance of the circuit is

$$(A) 5\Omega$$

$$(B) 7\Omega$$

$$(C) 12/7 \Omega$$

$$(D) 7/12 \Omega$$

Solution : $Z = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$

Ans. is (A)

Exercise-1

Marked Questions can be used as Revision Questions.

चिह्नित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : SUBJECTIVE QUESTIONS

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

Section (A) : Average, peak and RMS value

खण्ड (A) : औसत, शीर्ष तथा वर्गमाध्य मूल मान

A-1. The household supply of electricity is at 220 V rms value and 50 Hz .Calculate the peak voltage and the minimum possible time in which the voltage can change from the rms value to zero.

Ans. $220\sqrt{2}$ V, 2.5 ms

Sol. $V_0 = \sqrt{2} V_{rms} = 220\sqrt{2}$

$$\Delta V = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{V_0}{\sqrt{2}} = V_0 \sin \omega t$$

$$\Rightarrow 2\pi f \times t = \frac{\pi}{4} \quad t = 2.5 \text{ ms}$$

Hindi घरों में 220 V वर्गमाध्य मूल मान तथा 50 Hz की विद्युत आपूर्ति की जाती है तो शीर्ष विभव ज्ञात करो तथा विभव को वर्गमाध्य मूल मान से शून्य तक परिवर्तित होने में न्यूनतम कितना समय लगेगा।

Ans: $220\sqrt{2}$ V, 2.5 ms

Sol. $V_0 = \sqrt{2} V_{rms} = 220\sqrt{2}$

$$\Delta V = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{V_0}{\sqrt{2}} = V_0 \sin \omega t$$

$$\Rightarrow 2\pi f \times t = \frac{\pi}{4} \quad t = 2.5 \text{ ms}$$

A-2. In a LR circuit discharging current is given by $I = I_0 e^{-t/\tau}$ where τ is the time constant of the circuit find the rms current for the period $t = 0$ to $t = \tau$.

Ans. $\frac{I_0}{e} \sqrt{(e^2 - 1)/2}$

Sol. $I_{rms}^2 = \frac{\int_0^\tau \left(I_0 e^{-t/\tau} \right)^2 dt}{\tau} \Rightarrow I_{rms} = \frac{I_0}{e} \sqrt{(e^2 - 1)/2}$

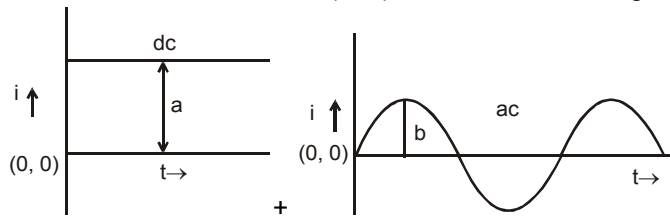
Hindi

A-2. LR परिपथ में प्रवाहित निरावेशन धारा $I = I_0 e^{-t/\tau}$ से व्यक्त की जाती है, जहां τ परिपथ का समय नियतांक है। तो $t = 0$ से $t = \tau$ के लिए वर्गमाध्य मूल धारा ज्ञात करो।

Ans. $\frac{I_0}{e} \sqrt{(e^2 - 1)/2}$

Sol. $I_{rms}^2 = \frac{\int_0^\tau \left(I_0 e^{-t/\tau} \right)^2 dt}{\tau} = \frac{I_0}{e} \sqrt{(e^2 - 1)/2}$

- A-3.** If a direct current of value 'a' ampere is superimposed on an alternating current $I = b \sin \omega t$ flowing through a wire, what is the effective(rms) value of the resulting current in the circuit?

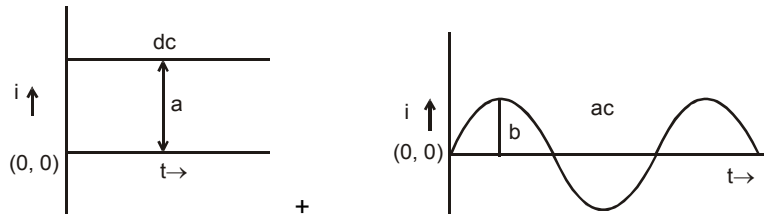


Ans. $I_{\text{eff}} = \left[a^2 + \frac{1}{2} b^2 \right]^{1/2}$

Sol. $I_{\text{rms}} = \left[\frac{\int_0^T (a + b \sin \omega t)^2 dt}{T} \right]^{1/2} = I_{\text{eff}} = \left[a^2 + \frac{1}{2} b^2 \right]^{1/2}$

Hindi

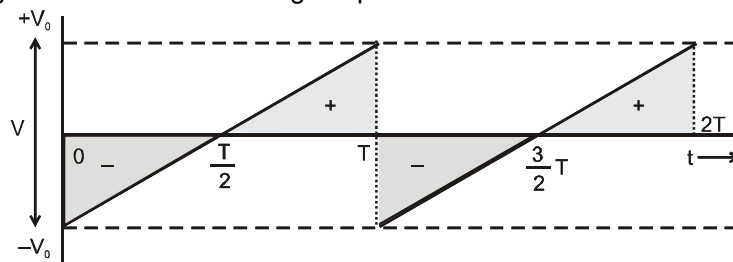
- A-3.** एक तार में प्रवाहित प्रत्यावर्ती धारा $I = b \sin \omega t$ पर 'a' ऐम्पियर वाली दिष्ट धारा अध्यारोपित की जाती है तो परिपथ में परिणामी धारा का प्रभावी (वर्गमाध्य मूल) मान क्या है ?



Ans. $I_{\text{eff}} = \left[a^2 + \frac{1}{2} b^2 \right]^{1/2}$

Sol. $I_{\text{rms}} = \left[\frac{\int_0^T (a + b \sin \omega t)^2 dt}{T} \right]^{1/2} = I_{\text{eff}} = \left[a^2 + \frac{1}{2} b^2 \right]^{1/2}$

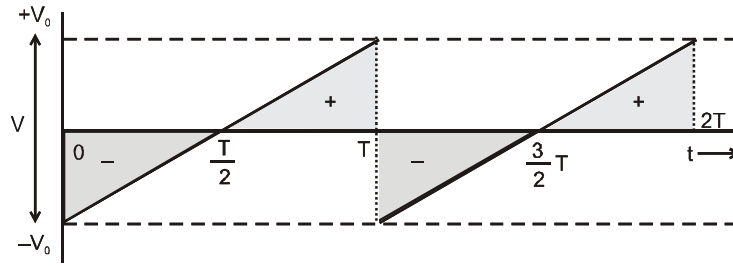
- A-4.** Find the average for the saw-tooth voltage of peak value V_0 from $t=0$ to $t=2T$ as shown in figure.



Ans. 0

Sol. For $t = 0$ to $t = 2T$ here area under the curve is zero so $\langle V \rangle = 0$

A-4. चित्र में दर्शाये, शीर्ष मान V_0 वाले त्रिभुजाकार विभव (आरादात) का $t = 0$ से $t = 2T$ के लिए औसत मान ज्ञात करो –



Ans. 0

Sol. $t = 0$ से $t = 2T$ तक यहाँ वक्र से घिरो क्षेत्रफल शून्य है अतः $\langle V \rangle = 0$

Section (B) : Power consumed in an ac circuit

खण्ड (B) : प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में शक्ति व्यय

B-1. A bulb is designed to operate at 12 volts constant direct current. If this bulb is connected to an alternating current source and gives same brightness. What would be the peak voltage of the source ?

Ans: $12\sqrt{2}$ volts

Sol. $V_0 = V_{rms} \times \sqrt{2} = 12\sqrt{2}$

Hindi

B-1. एक विद्युत बल्ब 12 वोल्ट अचर दिष्ट धारा स्रोत पर कार्य करता है। इस बल्ब को प्रत्यावर्ती स्रोत से जोड़ने पर यह उसी के समान चमक देता है तो स्रोत का शीर्ष विभव क्या होगा?

Ans: $12\sqrt{2}$ volts

Sol. $V_0 = V_{rms} \times \sqrt{2} = 12\sqrt{2}$

B-2. A resistor of resistance 100Ω is connected to an AC source $\varepsilon = (12V) \sin (250 \pi s^{-1})t$. Find the power consumed by the bulb.

Ans: 0.72 W

Sol. $P = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = I_{rms}^2 \times R = \frac{\varepsilon_{rms}^2}{R} = \frac{144}{2 \times 100} = 0.72 \text{ W}$

Hindi

B-2. 100Ω का प्रतिरोध $\varepsilon = (12V) \sin (250 \pi s^{-1})t$ के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़ा है। तो बल्ब द्वारा व्ययित शक्ति ज्ञात करो?

Ans: 0.72 W

Sol. $P = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = I_{rms}^2 \times R = \frac{\varepsilon_{rms}^2}{R} = \frac{144}{2 \times 100} = 0.72 \text{ W}$

B 3. In an ac circuit the instantaneous values of current and applied voltage are respectively $i = 2(\text{Amp}) \sin (250 \pi s^{-1})t$ and $\varepsilon = (10V) \sin [(250 \pi s^{-1})t + \frac{\pi}{3}]$. Find the instantaneous power drawn from the source at

$t = \frac{2}{3} \text{ ms}$ and its average value.

Ans. 10 W, 5 W

Sol. $P = i \varepsilon = [2 \sin 250 \pi t] [10 \sin (250\pi t + \pi/3)]$ at $t = \frac{2}{3} \times 10^{-3} \Rightarrow P = 10 \text{ watt}$

$$< P > = i_{rms} \varepsilon_{rms} \cos \phi = \frac{2}{\sqrt{2}} \times \frac{10}{\sqrt{2}} \times \cos \pi/3$$

Hindi

B 3. प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में धारा तथा आरोपित विभव के तात्क्षणिक मान क्रमशः $i = 2(\text{Amp}) \sin (250 \pi \text{ s}^{-1})t$ तथा $\varepsilon = (10\text{V}) \sin [(250 \pi \text{ s}^{-1})t + \frac{\pi}{3}]$ है। तो $t = \frac{2}{3} \text{ ms}$ समय पर स्रोत द्वारा दी गई तात्क्षणिक शक्ति तथा इसका औसत मान ज्ञात करो।

Ans: 10 W, 5 W

Sol. $P = i \varepsilon = [2 \sin 250 \pi t] [10 \sin (250\pi t + \pi/3)]$ $t = \frac{2}{3} \times 10^{-3} \text{ पर } \Rightarrow P = 10 \text{ watt}$

$$< P > = i_{rms} \varepsilon_{rms} \cos \phi = \frac{2}{\sqrt{2}} \times \frac{10}{\sqrt{2}} \times \cos \pi/3$$

Section (C) : AC source with R, L, C connected in series

खण्ड (C) : R, L, C श्रेणीक्रम के साथ प्रत्यावर्ती धारा स्रोत

C-1. The dielectric strength of air is $3.0 \times 10^6 \text{ V/m}$. A parallel plate air capacitor has area 20 cm^2 and plate separation $\sqrt{2} \text{ mm}$. Find the maximum rms voltage of an AC source which can be safely connected to this capacitor.

Ans. 3.0 kV

Sol. $V_0 = 3 \times 10^6 \times \sqrt{2} \times 10^{-3}$ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = 3 \text{ kV}$

C-1. एक समान्तर वायु पट्ट संधारित्र का क्षेत्रफल 20 cm^2 तथा प्लेटों के मध्य की दूरी $\sqrt{2} \text{ mm}$ है। वायु की परावैद्युत सामर्थ्य $3.0 \times 10^6 \text{ V/m}$ है। संधारित्र को प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ने पर संधारित्र सुरक्षित रहे इसके लिए AC स्रोत का अधिकतम वर्गमाध्य मूल विभव ज्ञात करो।

Ans.: 3.0 kV

Sol. $V_0 = 3 \times 10^6 \times \sqrt{2} \times 10^{-3}$ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = 3 \text{ kV}$

C-2. An electric bulb is designed to consume 55 W when operated at 110 volts. It is connected to a 220 V, 50 Hz line through a choke coil in series. What should be the inductance of the coil for which the bulb gets correct voltage ?

Ans. $\frac{2.2\sqrt{3}}{\pi} = 1.2 \text{ H} = \frac{7\sqrt{3}}{10} \text{ H}$

Sol. $[(\omega L) i_{rms}]^2 + (110)^2 = (220)^2$

here $\omega = 2\pi \times 50$ and $i_{rms} = \frac{55}{110}$

$L = 1.2 \text{ H}$

Hindi

C-2. एक विद्युत बल्ब पर 110 वोल्ट आरोपित करने पर यह 55 W शक्ति व्यय करता है। इसे 220 V, 50 Hz स्रोत से चोक कुण्डली द्वारा श्रेणी में जोड़ा जाता है। बल्ब पर सही विभव प्राप्त करने के लिए कुण्डली का प्रेरकत्व कितना होना चाहिए?

Ans. $\frac{2.2\sqrt{3}}{\pi} = 1.2 \text{ H} = \frac{7\sqrt{3}}{10} \text{ H}$

Sol. $[(\omega L) i_{rms}]^2 + (110)^2 = (220)^2$

जहाँ $\omega = 2\pi \times 50$ तथा $i_{rms} = \frac{55}{110}$

$L = 1.2 \text{ H}$

C 3. A resistor, a capacitor and an inductor ($R = 300 \Omega$, $C = 20 \mu\text{F}$, $L = 1.0 \text{ henry}$) are connected in series with an AC source of, $E_{rms} = 50 \text{ V}$ and $\nu = \frac{50}{\pi} \text{ Hz}$. Find (a) the rms current in the circuit and (b) the rms potential differences across the capacitor, the resistor and the inductor.

Ans: (a) 0.1 A (b) 50 V, 30 V, 10 V (Note that the sum of the rms potential differences across the three elements is greater than the rms voltage of the source.)

Sol. (a) $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z}$ where $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

(b) $V_{R rms} = I_{rms} R = 30$, $V_{L rms} = I_{rms} (\omega L) = 10$

$V_{C rms} = I_{rms} \left(\frac{1}{\omega C}\right) = 50$

Hindi

C 3. एक परिपथ में प्रतिरोध, संधारित्र एवं प्रेरण कुण्डली ($R = 300 \Omega$, $C = 20 \mu\text{F}$, $L = 1.0 \text{ हेनरी}$) श्रेणीक्रम में एक प्रत्यावर्ती स्रोत, $E_{rms} = 50 \text{ V}$ तथा $\nu = \frac{50}{\pi} \text{ Hz}$ से जुड़े हो तो (a) परिपथ में वर्गमाध्य मूल धारा तथा (b) संधारित्र, प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व के सिरों पर वर्गमाध्य मूल विभवान्तर ज्ञात करो।

Ans: (a) 0.1 A (b) 50 V, 30 V, 10 V (नोट: तीनों अवयवों पर वर्गमाध्य मूल विभवान्तर का योग स्रोत के वर्गमाध्य मूल वोल्टेज से अधिक होता है)

Sol. (a) $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z}$ where $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

(b) $V_{R rms} = I_{rms} R = 30$, $V_{L rms} = I_{rms} (\omega L) = 10$

$V_{C rms} = I_{rms} \left(\frac{1}{\omega C}\right) = 50$

C-4. Consider the situation of the previous problem calculate the average electric field energy stored in the capacitor and the average magnetic field energy stored in the inductor coil.

Ans. 25 mJ, 5mJ

Sol. $\langle U_C \rangle = \frac{1}{2} \frac{C \int_0^T V^2 dt}{T} = \frac{1}{2} C V_{rms}^2 = 25 \text{ mJ}$

$\langle U_L \rangle = \frac{1}{2} L I_{rms}^2 = \frac{1}{2} \times (1) \times (0.1)^2 = 5 \text{ mJ}$

Hindi

C-4. उपरोक्त प्रश्न में संधारित्र में संग्रहित औसत विद्युत क्षेत्र ऊर्जा तथा प्रेरण कुण्डली में संग्रहित औसत चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्जा ज्ञात करो।

Ans. 25 mJ, 5mJ

Sol. $\langle U_C \rangle = \frac{1}{2} \frac{C \int_0^T V^2 dt}{T} = \frac{1}{2} C V_{rms}^2 = 25 \text{ mJ}$
 $\langle U_L \rangle = \frac{1}{2} L I_{rms}^2 = \frac{1}{2} \times (1) \times (0.1)^2 = 5 \text{ mJ}$

C-5. A 20 volts 5 watt lamp (lamp to be treated as a resistor) is used on AC mains of 200 volts and $\frac{50}{\pi} \sqrt{11}$ c.p.s. Calculate the (i) capacitance of the capacitor, or inductance of the inductor, to be put in series to run the lamp. (ii) How much pure resistance should be included in place of the above device so that the lamp can run on its rated voltage. (iii) which is more economical (the capacitor, the inductor or the resistor).

Ans. (i) $\frac{125}{33} \mu\text{F}$ or 2.4 H (ii) 720Ω (iii) It will be more economical to use inductance or capacitance in series with the lamp to run it as it consumes no power while there would be dissipation of power when resistance is inserted in series with the lamp.

Sol. (i) $\left[\frac{1}{\omega C} \times I_{rms} \right]^2 + [20]^2 = [200]^2$ where $I_{rms} = \frac{5}{20}$ & $\omega = 2\pi \times \frac{50}{\pi} \sqrt{11}$
or $[(\omega L) I_{rms}]^2 + (20)^2 = 200^2$
(ii) $I_{rms} \times R + 20 = 200$
(iii) does not loss in C and L.

Hindi

C-5. 200 वोल्ट तथा $\frac{50}{\pi} \sqrt{11}$ चक्कर प्रति सैकण्ड आवृत्ति की मुख्य प्रत्यावर्ती धारा से 20 वोल्ट तथा 5 वॉट का लैम्प जुड़ा है (लैम्प शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ रखता है)। तो ज्ञात करो ? (i) लैम्प को कार्य करने के लिए श्रेणीक्रम में जुड़े संधारित्र की धारिता, या कुण्डली का प्रेरकत्व, (ii) उपरोक्त उपकरण के स्थान पर कितना प्रतिरोध जोड़ा जाये जिससे लैम्प स्वयं के अंकित विभव पर कार्य कर सके। (iii) उपरोक्त में से कौनसी व्यवस्था (संधारित्र, प्रेरकत्व या प्रतिरोध) मितव्ययी (कम लागत) होगी।

Ans. (i) $\frac{125}{33} \mu\text{F}$ या 2.4 H (ii) 720Ω (iii) लैम्प के साथ श्रेणी क्रम में प्रेरकत्व अथवा संधारित्र को जोड़कर उपयोग में लेना ज्यादा मितव्ययी होगा क्योंकि इसमें कोई शक्ति क्षय नहीं होगा लेकिन जब लैम्प के साथ प्रतिरोध जोड़ा जाता है तो उसमें शक्ति क्षय होता है।

Sol. (i) $\left[\frac{1}{\omega C} \times I_{rms} \right]^2 + [20]^2 = [200]^2$ where $I_{rms} = \frac{5}{20}$ & $\omega = 2\pi \times \frac{50}{\pi} \sqrt{11}$
या $[(\omega L) I_{rms}]^2 + (20)^2 = 200^2$
(ii) $I_{rms} \times R + 20 = 200$
(iii) does not loss in C and L.
C तथा L में हानी नहीं होती है।

C-6. A circuit has a resistance of 50 ohms and an inductance of $\frac{3}{\pi}$ henry. It is connected in series with a condenser of $\frac{40}{\pi} \mu\text{F}$ and AC supply voltage of 200 V and 50 cycles/sec. Calculate **[16JP120249]**
(i) the impedance of the circuit,
(ii) the p.d. across inductor coil and condenser.
(iii) Power factor

Ans. $Z = 50\sqrt{2} \text{ ohm}$, $V_C = 500\sqrt{2} \text{ volt}$ and $V_L = 600\sqrt{2} \text{ volt}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Sol. (i) $z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

(ii) $V_L = (\omega L) \times \frac{200}{Z} = 600\sqrt{2}$ and $V_C = \frac{1}{\omega C} \times \frac{200}{Z} = 500\sqrt{2}$

(iii) $\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{50}{50\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Hindi

C-6. एक परिपथ में 50 ओम का प्रतिरोध तथा $\frac{3}{\pi}$ हेनरी का प्रेरकत्व है। यह $\frac{40}{\pi} \mu\text{F}$ संधारित्र तथा 200 V, 50 चक्कर /सैकण्ड के प्रत्यावर्ती स्रोत के साथ श्रेणीक्रम में जुड़े है तो गणना करो –

(i) परिपथ की प्रतिबाधा

(ii) प्रेरण कुण्डली तथा संधारित्र के सिरों पर विभवान्तर।

(iii) शक्ति गुणांक

Ans. $Z = 50\sqrt{2} \text{ ohm}$, $V_C = 500\sqrt{2} \text{ volt}$ तथा $V_L = 600\sqrt{2} \text{ volt}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Sol. (i) $z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

(ii) $V_L = (\omega L) \times \frac{200}{Z} = 600\sqrt{2}$ and $V_C = \frac{1}{\omega C} \times \frac{200}{Z} = 500\sqrt{2}$

(iii) $\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{50}{50\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

C-7. A coil draws a current of 1.0 ampere and a power of 100 watt from an A.C. source of 110 volt and $\frac{5\sqrt{22}}{\pi}$ hertz. Find the inductance and resistance of the coil.

Ans. $\sqrt{\frac{21}{22}} \text{ H}$, 100 Ω

Sol. $I_{\text{rms}}^2 \times R = 100$ (1)

$(1)^2 \times R = 100 \Rightarrow R = 100 \Omega$

$V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} Z$ $110 = I_{\text{rms}} Z$ $110 = 1 \times Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ $L = \sqrt{\frac{21}{22}} \text{ H}$

Hindi

C-7. एक कुण्डली 110 volt तथा $\frac{5\sqrt{22}}{\pi}$ हर्टज वाले प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से 1.0 ऐम्पियर की धारा तथा 100 वॉट शक्ति लेती है। तो कुण्डली का प्रेरकत्व तथा प्रतिरोध ज्ञात करो ?

Ans. $\sqrt{\frac{21}{22}} \text{ H}$, 100 Ω

Sol. $I_{\text{rms}}^2 \times R = 100$ (1)

$(1)^2 \times R = 100 \Rightarrow R = 100 \Omega$

$V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} Z$ $110 = I_{\text{rms}} Z$ $110 = 1 \times Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ $L = \sqrt{\frac{21}{22}} \text{ H}$

C-8. An inductor $2/\pi$ Henry, a capacitor $100/\pi$ μF and a resistor 75Ω are connected in series across a source of emf $V = 10 \sin 100 \pi t$. Here t is in second. (a) find the impedance of the circuit. (b) find the energy dissipated in the circuit in 20 minutes.

Ans. 125Ω , 288 J

Sol. (a) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = 125$

(b) $H = I_{\text{rms}}^2 R t = \left[\frac{10/\sqrt{2}}{Z}\right]^2 \times R \times 20 \times 60 = 288$

HINDI

C-8. $V = 10 \sin 100 \pi t$ विद्युत वाहक बल वाले स्रोत से $2/\pi$ हेनरी प्रेरकत्व, $100/\pi$ μF संधारित्र तथा 75Ω प्रतिरोध श्रेणी क्रम में जुड़े हैं यहाँ t सैकण्ड में है तो (a) परिपथ की प्रतिबाधा ज्ञात करो (b) 20 मिनट में परिपथ में क्षयित ऊर्जा ज्ञात करो ?

Ans. 125Ω , 288 J

Sol. (a) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = 125$

(b) $H = R t = \left[\frac{10/\sqrt{2}}{Z}\right]^2 \times R \times 20 \times 60 = 288$

Section (D) : resonance

खण्ड (D) : अनुनाद

D-1. A series circuit consists of a resistance, inductance and capacitance. The applied voltage and the current at any instant are given by

$$E = 141.4 \cos (5000 t - 10^\circ)$$

and $I = 5 \cos (5000 t - 370^\circ)$

The inductance is 0.01 henry. Calculate the value of capacitance and resistance.

Ans. $4 \mu\text{F}$, $R = \frac{141.4}{5} \Omega$

Sol. Here phase difference $\phi = 360^\circ$ & $\omega = 5000$ at Resonance $C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(5000)^2} \times \frac{1}{0.01}$

$$R = \frac{V_0}{I_0} = \frac{141.4}{5}$$

Hindi

D-1. एक श्रेणी परिपथ में प्रतिरोध, प्रेरकत्व तथा संधारित्र जुड़े हैं। किसी क्षण आरोपित विभव तथा धारा को निम्न द्वारा व्यक्त करते हैं

$$E = 141.4 \cos (5000 t - 10^\circ)$$

तथा $I = 5 \cos (5000 t - 370^\circ)$

प्रेरकत्व 0.01 हेनरी हो तो धारिता का मान तथा प्रतिरोध का मान ज्ञात करो।

Ans. $4 \mu\text{F}$, $R = \frac{141.4}{5} \Omega$

Sol. यहाँ कलान्तर $\phi = 360^\circ$ और अनुनाद $C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(5000)^2} \times \frac{1}{0.01}$ पर $\omega = 5000$ है।

$$R = \frac{V_0}{I_0} = \frac{141.4}{5}$$

D-2. An inductance of 2.0 H, a capacitance of 18 μF and a resistance of 10 $\text{k}\Omega$ are connected to an AC source of 20 V with adjustable frequency (a) What frequency should be chosen to maximise the current(RMS) in the circuit? (b) What is the value of this maximum current (RMS) ?

Ans: (a) $\frac{250}{3\pi}$ Hz (b) 2 mA

Sol. (a) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (b) $I_{\text{rms}} (\text{max}) = \frac{20}{R} = \frac{20}{10 \times 10^3} = 2 \text{ mA}.$

Hindi

D-2. एक 2.0 H का प्रेरकत्व, 18 μF का संधारित्र तथा 10 $\text{k}\Omega$ का प्रतिरोध समायोजित आवृत्ति (adjustable frequency) वाले 20 V के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़े हैं तो (a) परिपथ में अधिकतम धारा (RMS) प्रवाहित करने के लिए चयनित आवृत्ति का मान क्या होना चाहिए? (b) अधिकतम धारा (RMS) का मान क्या है ?

Ans: (a) $\frac{250}{3\pi}$ Hz (b) 2 mA

Sol. (a) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (b) $I_{\text{rms}} (\text{max}) = \frac{20}{R} = \frac{20}{10 \times 10^3} = 2 \text{ mA}.$

D-3. An inductor-coil, a capacitor are connected in series with an AC source of rms voltage 24 V. When the frequency of the source is varied a maximum rms current of 6.0 A is observed. If this inductor coil is connected to a DC source of 12 V and having internal resistance 4.0 Ω , what will be the current in steady state?

Ans : 1.5 A

Sol. $R = \frac{24}{6} = 4 \Omega \Rightarrow I = \frac{12}{4 + 4} = 1.5 \text{ Amp}.$

Hindi

D-3. एक प्रेरण कुण्डली तथा एक संधारित्र प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से श्रेणी क्रम में जुड़े हैं। प्रत्यावर्ती धारा स्रोत का वर्गमाध्य मूल विभव 24 V है। जब स्रोत की आवृत्ति परिवर्तित की जाती है तो अधिकतम वर्गमाध्य मूल धारा 6.0 A प्रेक्षित की जाती है। यदि प्रेरण कुण्डली को 12 V के दिष्टधारा स्रोत तथा 4.0 Ω आन्तरिक प्रतिरोध वाली बैटरी से जोड़ दिया जाये तो स्थाई अवस्था धारा क्या होगी?

Ans : 1.5 A

Sol. $R = \frac{24}{6} = 4 \Omega \Rightarrow I = \frac{12}{4 + 4} = 1.5 \text{ Amp}.$

D-4. An electro magnetic wave of wavelength 300 metre can be transmitted by a transmission centre. A condenser of capacity 2.5 μF is available. Calculate the inductance of the required coil for a resonant circuit. Use $\pi^2=10$.

Ans. 1×10^{-8} henry

Sol. $L = \frac{1}{\omega^2 C}$ here $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{3 \times 10^8}{\lambda} = \frac{2\pi \times 3 \times 10^8}{300}$

HINDI

D-4. एक संचार केन्द्र से 300 मीटर तरंगदैर्घ्य वाली विद्युत चुम्बकीय तरंग संचरित की जाती है। 2.5 μF धारिता वाला संधारित्र उपलब्ध है। अनुनाद परिपथ के लिए आवश्यक कुण्डली का प्रेरकत्व ज्ञात करो। $\pi^2=10$ का उपयोग करो।

Ans. 1×10^{-8} हेनरी

Sol. $L = \frac{1}{\omega^2 C}$ here यहाँ $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{3 \times 10^8}{\lambda} = \frac{2\pi \times 3 \times 10^8}{300}$

Section (E) : Transformer

खण्ड (E) : ट्रांसफार्मर

E-1 A transformer has 50 turns in the primary and 100 turns in the secondary. If the primary is connected to a 220 V DC supply, what will be the voltage across the secondary ?

Ans: zero

Sol. Transformer does not work on D.C.

Hindi

E-1 एक ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुण्डली में 50 घेरे तथा द्वितीयक कुण्डली में 100 घेरे हैं। यदि प्राथमिक कुण्डली 220 V की दिष्टधारा स्रोत से जुड़ी हो तो द्वितीय कुण्डली के परितः विभव क्या होगा ?

Ans: शून्य

Sol. ट्रांसफार्मर D.C. पर कार्य नहीं करता है

E-2. In a transformer ratio of secondary turns (N_2) and primary turns (N_1) i.e. $\frac{N_2}{N_1} = 4$. If the voltage applied in primary is 200 V, 50 Hz, find (a) voltage induced in secondary (b) If current in primary is 1A, find the current in secondary if the transformer is (i) ideal and (ii) 80% efficient and there is no flux leakage.

Ans. (a) 800 V (b) (i) 0.25 A (ii) 0.2 A.

Sol. (a) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = 4 \Rightarrow V_2 = 200 \times 4 = 800$

(b) (i) $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{4} \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ A}$

(ii) $I_1 V_1 \times 0.80 = V_2 I_2 \Rightarrow I_2 = 0.8 \times 0.25 = 0.2 \text{ A}$

Hindi

E-2. एक ट्रांसफार्मर में द्वितीयक कुण्डली में घेरों (N_2) तथा प्राथमिक कुण्डली में घेरों (N_1) का अनुपात अर्थात् $\frac{N_2}{N_1} = 4$ है।

प्राथमिक कुण्डली में आरोपित विभव 200 V, 50 Hz है तो (a) द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित विभव ज्ञात करो ? (b) यदि प्राथमिक में धारा 1A, हो तो द्वितीयक कुण्डली में धारा ज्ञात करो ? यदि ट्रांसफार्मर (i) आदर्श हो तथा (ii) दक्षता 80% हो, कोई फलक्स क्षय नहीं है।

Ans. (a) 800 V (b) (i) 0.25 A (ii) 0.2 A.

Sol. (a) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = 4 \Rightarrow V_2 = 200 \times 4 = 800$

(b) (i) $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{4} \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ A}$

(ii) $I_1 V_1 \times 0.80 = V_2 I_2 \Rightarrow I_2 = 0.8 \times 0.25 = 0.2 \text{ A}$

PART - II : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (A) : Average, peak and RMS values and RMS values

खण्ड (A) : औसत, शीर्ष तथा वर्गमाध्य मूल मान

A-1. r.m.s. value of current $i = 3 + 4 \sin(\omega t + \pi/3)$ is:

(A) 5 A

(B*) $\sqrt{17}$ A

(C) $\frac{5}{\sqrt{2}}$ A

(D) $\frac{7}{\sqrt{2}}$ A

Sol.
$$I_{rms} = \left[\frac{\int_0^T i^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \left[\frac{\int_0^T [3 + 4 \sin(\omega t + \pi/3)]^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \sqrt{17} .$$

A-1. धारा $i = 3 + 4 \sin(\omega t + \pi/3)$ का वर्ग माध्यमूल मान होगा—

- (A) 5 A (B*) $\sqrt{17}$ A (C) $\frac{5}{\sqrt{2}}$ A (D) $\frac{7}{\sqrt{2}}$ A

Sol.
$$I_{rms} = \left[\frac{\int_0^T i^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \left[\frac{\int_0^T [3 + 4 \sin(\omega t + \pi/3)]^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \sqrt{17} .$$

A-2. The peak value of an alternating e.m.f given by $E = E_0 \cos \omega t$, is 10 volt and frequency is 50 Hz. At time $t = (1/600)$ sec, the instantaneous value of e.m.f is :

- (A) 10 volt (B*) $5\sqrt{3}$ volt (C) 5 volt (D) 1 volt

Sol.
$$E = 10 \cos \left(2\pi \times 50 \times \frac{1}{600} \right) = 5\sqrt{3}$$

Hindi प्रत्यावर्ती वि.वा.बल $E = E_0 \cos \omega t$ का शीर्ष मान 10 volt तथा आवृत्ति 50 Hz है। समय $t = (1/600)$ sec पर वि.वा.बल का तात्क्षणिक मान है :

- (A) 10 volt (B*) $5\sqrt{3}$ volt (C) 5 volt (D) 1 volt

Sol.
$$E = 10 \cos \left(2\pi \times 50 \times \frac{1}{600} \right) = 5\sqrt{3}$$

A-3. The voltage of an AC source varies with time according to the equation, $V = 100 \sin 100 \pi t \cos 100 \pi t$. Where t is in second and V is in volt. Then :

- (A) the peak voltage of the source is 100 volt
(B) the peak voltage of the source is $(100/\sqrt{2})$ volt
(C*) the peak voltage of the source is 50 volt
(D) the frequency of the source is 50 Hz

Sol. $V = 100 \sin 100\pi t \cos 100 \pi t$
 $V = 50 \sin 200 \pi t$
 here $V_0 = 50$ & $\omega = 200 \pi$ $f = 100$ Hz

Hindi प्रत्यावर्ती धारा स्रोत का विभव , समय के साथ समीकरण $V = 100 \sin 100 \pi t \cos 100 \pi t$ द्वारा परिवर्तित होता है , जहाँ t सैकण्ड तथा V वोल्ट में है तो :

- (A) स्रोत का शीर्ष विभव 100 वोल्ट है।
(B) स्रोत का शीर्ष विभव $(100/\sqrt{2})$ वोल्ट है।
(C*) स्रोत का शीर्ष विभव 50 वोल्ट है।
(D) स्रोत की आवृत्ति 50 Hz है।

Sol. $V = 100 \sin 100\pi t \cos 100 \pi t$
 $V = 50 \sin 200 \pi t$
 जहाँ $V_0 = 50$ & $\omega = 200 \pi$ $f = 100$ Hz

A-4. An alternating voltage is given by : $e = e_1 \sin \omega t + e_2 \cos \omega t$. Then the root mean square value of voltage is given by :

(A) $\sqrt{e_1^2 + e_2^2}$

(B) $\sqrt{e_1 e_2}$

(C) $\sqrt{\frac{e_1 e_2}{2}}$

(D*) $\sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2}{2}}$

Sol.
$$V_{rms}^2 = \int_0^T \frac{(e_1 \sin \omega t + e_2 \cos \omega t)^2 dt}{T}$$

$$= \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2}{2}}$$

 where $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Hindi

प्रत्यावर्ती धारा विभव : $e = e_1 \sin \omega t + e_2 \cos \omega t$ है तो विभव का वर्गमाध्य मूल मान है :

(A) $\sqrt{e_1^2 + e_2^2}$

(B) $\sqrt{e_1 e_2}$

(C) $\sqrt{\frac{e_1 e_2}{2}}$

(D*) $\sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2}{2}}$

Sol.
$$V_{rms}^2 = \int_0^T \frac{(e_1 \sin \omega t + e_2 \cos \omega t)^2 dt}{T}$$

$$= \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2}{2}}$$

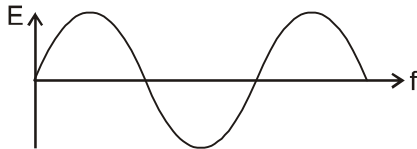
 जहाँ $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

A-5. An AC voltage is given by : $E = E_0 \sin \frac{2\pi t}{T}$

Then the mean value of voltage calculated over time interval of $T/2$ seconds :

(A) is always zero (B) is never zero (C) is $(2E_0/\pi)$ always (D*) may be zero

Sol.



If net area of $E - t$ curve is zero for given interval then average value will be zero.

Hindi

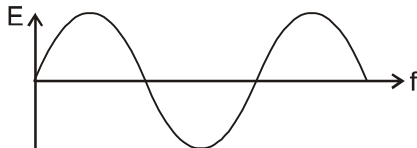
एक प्रत्यावर्ती विभव निम्न द्वारा दिया जाता है —

$$E = E_0 \sin \frac{2\pi t}{T}$$

तो $T/2$ सेकण्ड समयान्तराल के लिए गणना करने से विभव का औसत मान :

(A) हमेशा शून्य होगा। (B) कभी शून्य नहीं होगा। (C) हमेशा $(2E_0/\pi)$ होगा। (D*) शून्य हो सकता है।

Sol.



यदि $E - t$ वक्र का क्षेत्रफल शून्य हो (दिये गये अन्तराल में) तो E का औसत मान शून्य होगा।

A-6. An AC voltage of $V = 220\sqrt{2} \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ is applied across a DC voltmeter, its reading will be:

- (A) $220\sqrt{2}$ V (B) $\sqrt{2}$ V (C) 220 V (D*) zero

Sol. D.C. Voltmeter measures Average value only

Hindi $V = 220\sqrt{2} \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ प्रत्यावर्ती धारा विभव को दिष्ट धारा वोल्टमीटर पर लगाया जाता है। वोल्टमीटर का पाठयांक होगा :

- (A) $220\sqrt{2}$ V (B) $\sqrt{2}$ V (C) 220 V (D*) शून्य

Sol. D.C. वोल्ट मीटर केवल औसत विभवान्तर मापता है।

Section (B) : Power consumed in an AC circuit

खण्ड (B) : प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में शक्ति व्यय

B-1. The average power delivered to a series AC circuit is given by (symbols have their usual meaning) :

- (A) $E_{rms} I_{rms}$ (B*) $E_{rms} I_{rms} \cos \phi$ (C) $E_{rms} I_{rms} \sin \phi$ (D) zero

Hindi

श्रेणी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ को दी गई औसत शक्ति होती है (जहाँ संकेतों का अर्थ सामान्य है) :

- (A) $E_{rms} I_{rms}$ (B*) $E_{rms} I_{rms} \cos \phi$ (C) $E_{rms} I_{rms} \sin \phi$ (D) शून्य

B-2. Energy dissipates in LCR circuit in :

- (A) L only (B) C only (C*) R only (D) all of these

Hindi

LCR परिपथ में ऊर्जा हानि होती है :

- (A) केवल L में (B) केवल C में (C*) केवल R में (D) उपरोक्त सभी पर

B-3. The potential difference V across and the current I flowing through an instrument in an AC circuit are given by :

$$V = 5 \cos \omega t \text{ volt}$$

$$I = 2 \sin \omega t \text{ Amp.}$$

The power dissipated in the instrument is :

- (A*) zero (B) 5 watt (C) 10 watt (D) 2.5 watt

Sol. $P_{av} = V_{rms} I_{rms} \cos \phi$

Here $\phi = 90^\circ$ so $P_{av} = 0$

Hindi

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में किसी यंत्र के सिरों पर विभवान्तर V तथा प्रवाहित धारा I निम्न द्वारा दिये जाते हैं।

$$V = 5 \cos \omega t \text{ volt}$$

$$I = 2 \sin \omega t \text{ Amp.}$$

यंत्र में व्यय शक्ति होगी —

- (A*) शून्य (B) 5 वॉट (C) 10 वॉट (D) 2.5 वॉट

Sol. $P_{av} = V_{rms} I_{rms} \cos \phi$

यहाँ $\phi = 90^\circ$ अतः $P_{av} = 0$

- B-4.** A direct current of 2 A and an alternating current having a maximum value of 2 A flow through two identical resistances. The ratio of heat produced in the two resistances in the same time interval will be:
 (A) 1 : 1 (B) 1 : 2 (C*) 2 : 1 (D) 4 : 1

Sol. $\frac{H_{D.C.}}{H_{A.C.}} = \frac{I^2 R}{I_{rms}^2 R} = 2$

Hindi दो समान प्रतिरोधों से 2 A की दिष्ट धारा तथा 2 A अधिकतम मान वाली प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित की जाती है तो समान समय अंतराल में, दोनों प्रतिरोधों में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात होगा –

- (A) 1 : 1 (B) 1 : 2 (C*) 2 : 1 (D) 4 : 1

Sol. $\frac{H_{D.C.}}{H_{A.C.}} = \frac{I^2 R}{I_{rms}^2 R} = 2$

- B-5.** A sinusoidal AC current flows through a resistor of resistance R. If the peak current is I_p , then average power dissipated is :

एक प्रतिरोध R से ज्यावक्रीय प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित हो रही है। यदि शीर्ष धारा I_p हो तो औसत शक्ति व्यय है –

- (A) $I_p^2 R \cos \theta$ (B*) $\frac{1}{2} I_p^2 R$ (C) $\frac{4}{\pi} I_p^2 R$ (D) $\frac{1}{\pi^2} I_p^2 R$

Sol. $\langle P \rangle = I_{rms}^2 R = \left(\frac{I_p}{\sqrt{2}} \right)^2 R = \frac{I_p^2 R}{2}$

- B-6.** What is the rms value of an alternating current which when passed through a resistor produces heat, which is thrice that produced by a D.C. current of 2 ampere in the same resistor in the same time interval?

- (A) 6 ampere (B) 2 ampere (C*) $2\sqrt{3}$ ampere (D) 0.65 ampere

एक प्रतिरोध से प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित की जाती है तो इससे उत्पन्न ऊष्मा, उसी प्रतिरोध से 2 ऐम्पियर की दिष्ट धारा समान समय तक प्रवाहित करने पर उत्पन्न ऊष्मा की तीन गुनी है तो प्रत्यावर्ती धारा का वर्गमाध्य मूल मान क्या है?

- (A) 6 ऐम्पियर (B) 2 ऐम्पियर (C*) $2\sqrt{3}$ ऐम्पियर (D) 0.65 ऐम्पियर

Sol. $P = I_{rms}^2 R = [(2)^2 R] \times 3 \Rightarrow I_{rms} = 2\sqrt{3} \text{ A}$

- B-7.** A resistor and a capacitor are connected to an AC supply of 200 volt, 50 Hz in series. The current in the circuit is 2 ampere. If the power consumed in the circuit is 100 watt, then the resistance in the circuit is:

एक प्रतिरोध तथा संधारित्र 200 volt, 50 Hz आवृत्ति के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत के साथ श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। परिपथ में 2 ऐम्पियर की धारा प्रवाहित हो रही है। यदि परिपथ में व्यय शक्ति 100 watt, हो तो परिपथ में प्रतिरोध होगा। –

- (A) 100 Ω (B*) 25 Ω (C) $\sqrt{125 \times 75} \Omega$ (D) 400 Ω

Sol. $I^2 R = 100$

$R = \frac{100}{I^2} = \frac{100}{(2)^2} = 25.$

- B-8.** The impedance of a series circuit consists of 3 ohm resistance and 4 ohm reactance. The power factor of the circuit is :

एक परिपथ की प्रतिबाधा में 3 ओम प्रतिरोध तथा 4 ओम प्रतिघात है तो परिपथ का शक्ति गुणांक है :

- (A) 0.4 (B*) 0.6 (C) 0.8 (D) 1.0

Sol. $\tan \phi = \frac{x}{R} = \frac{4}{3}$

$\cos \phi = \frac{3}{5} = 0.6$

- B-9.** A coil of inductance 5.0 mH and negligible resistance is connected to an alternating voltage $V = 10 \sin(100t)$. The peak current in the circuit will be :
 (A) 2 amp (B) 1 amp (C) 10 amp (D*) 20 amp

Sol. $I_0 = \frac{V_0}{\omega L} = \frac{10}{100 \times 5 \times 10^{-3}}$

Hindi

5.0 mH प्रेरकत्व तथा नगण्य प्रतिरोध वाली कुण्डली $V = 10 \sin(100t)$ वाले प्रत्यावर्ती विभव से जुड़ी है तो परिपथ में शीर्ष धारा होगी –

- (A) 2 amp (B) 1 amp (C) 10 amp (D*) 20 amp

Sol. $I_0 = \frac{V_0}{\omega L} = \frac{10}{100 \times 5 \times 10^{-3}}$

- B-10.** An electric bulb and a capacitor are connected in series with an AC source. On increasing the frequency of the source, the brightness of the bulb :

- (A*) increase (B) decreases
 (C) remains unchanged (D) sometimes increases and sometimes decreases

एक प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से विद्युत बल्ब तथा संधारित्र, श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। स्रोत की आवृत्ति बढ़ाने पर बल्ब की चमक :

- (A*) बढ़ेगी (B) घटेगी
 (C) अपरिवर्तित रहेगी (D) कुछ समय तक बढ़ेगी तथा कुछ समय तक घटेगी

Sol. $X_C = \frac{1}{\omega C}$ will decrease if we increase frequency then z will decrease so current will increase & intensity will increase.

स्रोत की आवृत्ति बढ़ाने में $X_C = \frac{1}{\omega C}$ घटता है। अतः z घटेगा। अतः चमक बढ़ेगी।

- B-11.** By what percentage the impedance in an AC series circuit should be increased so that the power factor changes from $(1/2)$ to $(1/4)$ (when R is constant) ?

शक्ति गुणांक को $(1/2)$ से $(1/4)$ तक परिवर्तित करने के लिए प्रत्यावर्ती धारा परिपथ की प्रतिबाधा में कितने प्रतिशत से वृद्धि करनी होगी (R अचर रखा गया है)?

- (A) 200% (B*) 100% (C) 50% (D) 400%

Sol. $\cos \phi = \frac{R}{Z}$

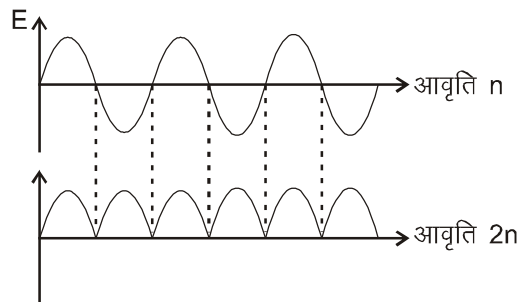
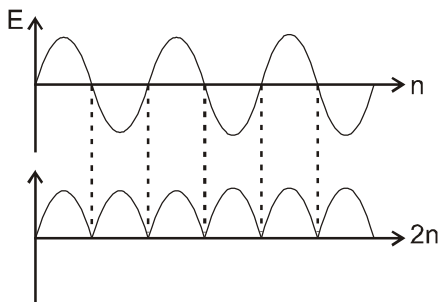
% change = $\frac{Z' - Z}{Z} \times 100 = 100\%$.

- B-12.** If the frequency of the source e.m.f. in an AC circuit is n , the power varies with a frequency :

एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में स्रोत वि.वा.बल की आवृत्ति n है तो शक्ति किस आवृत्ति से परिवर्तित होगी –

- (A) n (B*) $2n$ (C) $n/2$ (D) zero शून्य

Sol.



Section (C) : AC source with R, L, C connected in series

R, L, C श्रेणीक्रम में प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़े है

- C-1.** A 0.21-H inductor and a 88-Ω resistor are connected in series to a 220-V, 50-Hz AC source. The current in the circuit and the phase angle between the current and the source voltage are respectively.

(Use $\pi = 22/7$)

0.21-H का प्रेरकत्व तथा 88-Ω का प्रतिरोध 220-V तथा 50-Hz वाले प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़ा है तो परिपथ में धारा तथा स्रोत विभव एवं धारा के मध्य कलान्तर क्रमशः होंगे ($\pi = 22/7$ का उपयोग करें)

(A*) 2 A, $\tan^{-1} 3/4$ (B) 14.4 A, $\tan^{-1} 7/8$ (C) 14.4 A, $\tan^{-1} 8/7$ (D) 3.28 A, $\tan^{-1} 2/11$

Sol.
$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = 2A$$

$$\tan \phi = \frac{\omega L}{R} = \frac{66}{88} = \frac{3}{4}$$

- C-2.** A 100 volt AC source of angular frequency 500 rad/s is connected to a LCR circuit with $L = 0.8$ H, $C = 5 \mu F$ and $R = 10 \Omega$, all connected in series. The potential difference across the resistance is LCR परिपथ से 100 वोल्ट तथा 500 रेडियन/सैकण्ड आवृत्ति का प्रत्यावर्ती धारा स्रोत जुड़ा है, जहां $L = 0.8$ H, $C = 5 \mu F$ तथा $R = 10 \Omega$ सभी श्रेणीक्रम में जुड़े है तो प्रतिरोध के सिरो पर विभवान्तर है –

(A) $\frac{100}{\sqrt{2}}$ volt (B*) 100 volt (C) 50 volt (D) $50\sqrt{3}$

Sol.
$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{100}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

P.d. across resistance प्रतिरोध का विभवान्तर = $R I_{rms} = 100$ volt.

- C-3.** A pure resistive circuit element X when connected to an AC supply of peak voltage 200 V gives a peak current of 5 A which is in phase with the voltage. A second circuit element Y, when connected to the same AC supply also gives the same value of peak current but the current lags behind by 90° . If the series combination of X and Y is connected to the same supply, what will be the rms value of current ? एक शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ अवयव X के साथ 200 V शीर्ष विभव वाला प्रत्यावर्ती धारा स्रोत जुड़ा है। इसमें 5 A शीर्ष धारा प्रवाहित हो रही है, जो विभव से समान कला में है। दूसरे परिपथ अवयव Y को उसी प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ने पर उतनी ही शीर्ष धारा प्रवाहित होती है, परन्तु यह धारा 90° पश्चगामी है। यदि X तथा Y के श्रेणी संयोजन को उसी स्रोत से जोड़ दिया जाये तो धारा का वर्गमाध्य मूल मान क्या होगा ?

(A) $\frac{10}{\sqrt{2}}$ amp (B) $\frac{5}{\sqrt{2}}$ amp (C*) $\frac{5}{2}$ amp (D) 5 amp

Sol.
$$R = \frac{V_0}{I_0} = \frac{200}{5} = 40 \Omega \text{ (For circuit x) (परिपथ x के लिए)}$$

$$X_L = \frac{V_0}{I_0} = 40 \Omega \text{ (For circuit y) (परिपथ y के लिए)}$$

If x & y are in series यदि x तथा y श्रेणी में है तो

$$I = \frac{200}{40 \times \sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} \text{ Amp.} \Rightarrow I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{5}{2} \text{ amp.}$$

C-4. In an AC circuit, a resistance of R ohm is connected in series with an inductance L . If phase angle between voltage and current be 45° , the value of inductive reactance will be.

- (A) $R/4$ (B) $R/2$
(C*) R (D) cannot be found with the given data

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में प्रतिरोध R ओम, प्रेरकत्व L के साथ श्रेणी में जुड़ा है। यदि विभव तथा धारा के मध्य कला कोण 45° हो तो प्रेरकत्व की प्रतिघात होगा –

- (A) $R/4$ (B) $R/2$
(C*) R (D) दिये गये आंकड़ों से ज्ञात नहीं किया जा सकता।

Sol. $\tan\phi = \tan 45^\circ = \frac{\omega L}{R}$

$X_L = \omega L = R.$

C-5. In an AC circuit the potential differences across an inductor and resistor joined in series are respectively 16 V and 20 V. The total potential difference across the circuit is

एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में श्रेणीक्रम में जुड़े प्रेरकत्व तथा प्रतिरोध के सिरों पर विभवान्तर क्रमशः 16 V तथा 20 V है तो परिपथ के सिरों का कुल विभवान्तर है

- (A) 20 V (B*) 25.6 V (C) 31.9 V (D) 53.5 V

Sol. $V_{\text{net}} = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(20)^2 + (16)^2} = 25.6.$

C-6. An AC voltage source $V = 200\sqrt{2} \sin 100t$ is connected across a circuit containing an AC ammeter (it reads rms value) and capacitor of capacity $1 \mu\text{F}$. The reading of ammeter is :

एक $V = 200\sqrt{2} \sin 100t$ विभव के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से प्रत्यावर्ती धारा अमीटर (जो केवल rms मान पढ़ता है) तथा $1 \mu\text{F}$ का संधारित्र जुड़ा है तो अमीटर का पाठ्यांक है :

- (A) 10 mA (B*) 20 mA (C) 40 mA (D) 80 mA

Sol. $I = \frac{200\sqrt{2}}{(X_C) \times \sqrt{2}} = 200 \times \omega C = 20 \text{ mA}.$

C-7. When 100 V DC is applied across a solenoid, a steady current of 1 A flows in it. When 100 V AC is applied across the same solenoid, the current drops to 0.5 A. If the frequency of the AC source is $150/\sqrt{3} \pi \text{ Hz}$, the impedance and inductance of the solenoid are :

- (A) 200Ω and $1/3 \text{ H}$ (B) 100Ω and $1/16 \text{ H}$
(C*) 200Ω and 1.0 H (D) 1100Ω and $3/117 \text{ H}$

एक परिनालिका पर 100 V का दिष्ट विभव आरोपित है, इसमें 1 A की स्थिर धारा प्रवाहित हो रही है। यदि इसी परिनालिका पर 100 V का प्रत्यावर्ती धारा स्रोत आरोपित कर दिया जाये तो इसमें धारा 0.5 A तक कम हो जाती है।

यदि प्रत्यावर्ती धारा स्रोत की आवृत्ति $150/\sqrt{3} \pi \text{ Hz}$ है तो परिनालिका की प्रतिबाधा तथा प्रेरकत्व है –

- (A) 200Ω तथा $1/3 \text{ H}$ (B) 100Ω तथा $1/16 \text{ H}$
(C*) 200Ω तथा 1.0 H (D) 1100Ω तथा $3/117 \text{ H}$

Sol. $R = \frac{100}{1} = 100 \Omega$ $X = \sqrt{Z^2 - R^2}$

$Z = \frac{100}{0.5} = 200 \Omega$ $L = \frac{X}{\omega} = 1 \text{ H}.$

C-8. If in a series LCR AC circuit, the rms voltage across L, C and R are V_1 , V_2 and V_3 respectively, then the voltage of the source is always :

- (A) equal to $V_1 + V_2 + V_3$ (B) equal to $V_1 - V_2 + V_3$
 (C) more than $V_1 + V_2 + V_3$ (D*) none of these is true

LCR श्रेणी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में L, C तथा R के सिरों पर विभव क्रमशः V_1 , V_2 तथा V_3 है तो स्रोत के सिरों पर विभव हमेशा –

- (A) $V_1 + V_2 + V_3$ के समान है। (B) $V_1 - V_2 + V_3$ के समान है।
 (C) $V_1 + V_2 + V_3$ से अधिक। (D*) उपरोक्त में से कोई भी सत्य नहीं है।

Sol. Voltage of source is always less than $(V_1 + V_2 + V_3)$, $V_{\text{net}} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2}$
 स्रोत की वोल्टता सदैव $(V_1 + V_2 + V_3)$ से कम होती है।

Section (D) : resonance अनुनाद

D-1. The value of power factor $\cos\phi$ in series LCR circuit at resonance is :
 LCR श्रेणी परिपथ में अनुनाद पर शक्ति गुणांक $\cos\phi$ का मान है –

- (A) zero शून्य (B*) 1 (C) 1/2 (D) 1/2 ohm

Sol. At resonance अनुनाद की स्थिति पर $X_L = X_C$
 So, इसलिए $Z = R$, $\Rightarrow \cos\phi = 1$

D-2. A series LCR circuit containing a resistance of 120 ohm has angular resonance frequency $4 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$. At resonance, the voltage across resistance and inductance are 60V and 40 V respectively. The values of L and C are respectively :

एक श्रेणी LCR परिपथ में 120 ओम का प्रतिरोध जुड़ा है तथा इसकी कोणीय अनुनादी आवृत्ति 4×10^3 रेडियन/से० है।
 अनुनाद पर प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व के सिरों पर विभव क्रमशः 60V तथा 40 V है तो L तथा C के मान क्रमशः हैं :

- (A*) 20 mH, $25/8 \mu\text{F}$ (B) 2mH, $1/35 \mu\text{F}$ (C) 20 mH, $1/40 \mu\text{F}$ (D) 2mH, $25/8 \text{ nF}$

Sol. $I_{\text{rms}} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} \text{ Amp.}$

$$V_L = I_{\text{rms}} \times (\omega L)$$

$$40 = \frac{1}{2} \times (40 \times 10^3) \times L$$

$$L = 20 \text{ mH}$$

At resonance अनुनाद पर $V_C = I_{\text{rms}} \left(\frac{1}{\omega C} \right) = V_L$

$$C = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4 \times 10^3} \times \frac{1}{40} \quad C = \frac{25}{8} \mu\text{F.}$$

D-3. In an LCR circuit, the capacitance is made one-fourth, when in resonance. Then what should be the change in inductance, so that the circuit remains in resonance ?

LCR परिपथ में अनुनाद पर धारिता एक चौथाई कर दी जाती है तो परिपथ में अनुनाद बनाये रखने के लिए प्रेरकत्व में कितना परिवर्तन होना चाहिए ?

- (A*) 4 times (B) 1/4 times (C) 8 times (D) 2 times
 (A*) 4 गुना (B) 1/4 गुना (C) 8 गुना (D) 2 गुना

Sol. At resonance अनुनाद पर $\omega L = \frac{1}{\omega C}$
 $L \propto \frac{1}{C}.$

- D-4.** A resistor R, an inductor L and a capacitor C are connected in series to an oscillator of frequency ν . If the resonant frequency is ν_r , then the current lags behind voltage, when :
 ν आवृत्ति वाले दोलित्र से प्रतिरोध R, प्रेरकत्व L तथा संधारित्र C श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। यदि अनुनादी आवृत्ति ν_r हो, तो धारा विभव से पश्चगामी होगी जब :

(A) $\nu = 0$ (B) $\nu < \nu_r$ (C) $\nu = \nu_r$ (D*) $\nu > \nu_r$

Sol. Current lags behind voltage. अतः धारा विभव से पीछे होगी।

If यदि $X_L > X_C$

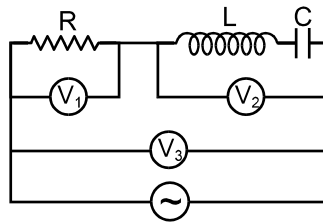
$$\Rightarrow 2\pi\nu L > \frac{1}{2\pi\nu C} \Rightarrow \nu > \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\text{But as } \nu_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

therefore, $\nu > \nu_r$

- D-5.** A resistor R, an inductor L, a capacitor C and voltmeters V_1 , V_2 and V_3 are connected to an oscillator in the circuit as shown in the adjoining diagram. When the frequency of the oscillator is increased, upto resonance frequency, the voltmeter reading (at resonance frequency) is zero in the case of :

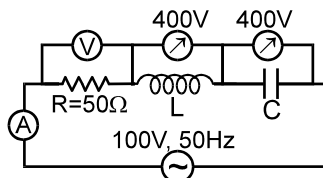
चित्रानुसार प्रतिरोध R, प्रेरकत्व L, संधारित्र C तथा वोल्टमीटर V_1 , V_2 तथा V_3 दोलित्र के साथ चित्रानुसार परिपथ में जुड़े हैं। जब दोलित्र की आवृत्ति अनुनादी आवृत्ति तक बढ़ायी जाती है तो किस वोल्टमीटर का पाठयांक अनुनाद आवृत्ति पर शून्य होगा –



(A) voltmeter V_1 (B*) voltmeter V_2
 (C) voltmeter V_3 (D) all the three voltmeters
 (A) वोल्टमीटर V_1 (B*) वोल्टमीटर V_2
 (C) वोल्टमीटर V_3 (D) तीनों वोल्टमीटर में

Sol. At resonance voltages across C and L are in opposite phase so net voltage will be zero.
 अनुनाद की स्थिति में C तथा L पर विभव विपरीत कला में होते हैं
 So, अतः $V_2 = 0$.

- D-6.** In the series LCR circuit as shown in figure, the voltmeter and ammeter readings are :
 चित्रानुसार LCR श्रेणी परिपथ में, वोल्टमीटर तथा अमीटर के पाठयांक हैं :



(A*) $V = 100$ volt, $I = 2$ amp (B) $V = 100$ volt, $I = 5$ amp
 (C) $V = 1000$ volt, $I = 2$ amp (D) $V = 300$ volt, $I = 1$ amp

Sol. At resonance अनुनाद पर $(V_C = V_L)$

$$V = I_{rms} \times R$$

$$= \frac{V_{rms}}{Z} \times R \quad (\text{here } z = R) \text{ (यहां } z = R)$$

$$V = V_{rms} = 100 \text{ volt} \quad \& \quad I_{rms} = \frac{100}{50} = 2 \text{ Amp.}$$

Section (E) : Transformer ट्रांसफार्मर

E-1. A power transformer (step up) with an 1 : 8 turn ratio has 60 Hz, 120 V across the primary; the load in the secondary is $10^4 \Omega$. The current in the secondary is
 एक शक्ति ट्रांसफार्मर (उच्चायी) में घेरों का अनुपात 1 : 8 है। इसके प्राथमिक सिरों पर 60 Hz, 120 V तथा द्वितीयक सिरों पर लोड प्रतिरोध $10^4 \Omega$ जोड़ते हैं तो द्वितीयक कुण्डली में धारा है –

- (A) 96 A (B) 0.96 A (C) 9.6 A (D*) 96 mA

Sol. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{8}{1}$

$$V_2 = 8 \times 120 = 960 \text{ volt}$$

$$I = \frac{960}{10^4} = 96 \text{ mA.}$$

E-2. A transformer is used to light a 140 watt, 24 volt lamp from 240 V AC mains. The current in the main cable is 0.7 amp. The efficiency of the transformer is :

140 watt, 24 volt के लैम्प को प्रकाशित करने के लिए ट्रांसफार्मर का उपयोग करते हुए 240 V के मुख्य प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ा जाता है। मुख्य केबल (तार) में धारा 0.7 amp है तो ट्रांसफार्मर की दक्षता है।

- (A) 48% (B) 63.8% (C*) 83.3% (D) 90%

Sol. $\eta\% = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1} \times 100 = \frac{140}{240 \times 0.7} \times 100 = 83.3\%.$

E-3. In a step-up transformer the voltage in the primary is 220 V and the current is 5A. The secondary voltage is found to be 22000 V. The current in the secondary (neglect losses) is

उच्चायी ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुण्डली में विभव तथा धारा के परिमाण क्रमशः 220 V तथा 5A है। द्वितीयक कुण्डली में विभव 22000 V प्राप्त होता है तो द्वितीयक में धारा है। (हानियों को नगण्य मानों)

- (A) 5 A (B) 50 A (C) 500 A (D*) 0.05 A

Sol. $I_1 E_1 = I_2 E_2$

$$I_2 = \frac{I_1 E_1}{E_2} = \frac{5 \times 220}{22000} = .05 \text{ A}$$

E-4. The core of a transformer is laminated to reduce

- (A*) eddy current loss (B) hysteresis loss (C) copper loss (D) magnetic loss

ट्रांसफार्मर की क्रोड को पट्टलित करके किसको कम किया जाता है

- (A*) भंवर धारा हानियाँ (B) शैथिल्य हानियाँ (C) ताम्र हानियाँ (D) चुम्बकीय हानियाँ

Section (F) : Miscellaneous विविध

F-1. A capacitor is a perfect insulator for :

- (A*) constant direct current (B) alternating current
 (C) direct as well as alternating current (D) variable direct current

संधारित्र पूर्ण अचालक का व्यवहार है –

- (A*) अचर दिष्ट धारा के लिए। (B) प्रत्यावर्ती धारा के लिए।
(C) दिष्ट धारा तथा प्रत्यावर्ती धारा दोनों के लिए। (D) परिवर्ति दिष्ट धारा के लिए।

F-2. A choke coil should have :

- (A) high inductance and high resistance (B) low inductance and low resistance
(C*) high inductance and low resistance (D) low inductance and high resistance
एक चोक कुण्डली में होना चाहिए—

- (A) उच्च प्रेरकत्व तथा उच्च प्रतिरोध (B) निम्न प्रेरकत्व तथा निम्न प्रतिरोध
(C*) उच्च प्रेरकत्व तथा निम्न प्रतिरोध (D) निम्न प्रेरकत्व तथा उच्च प्रतिरोध

F-3. A choke coil is preferred to a rheostat in AC circuit as :

- (A*) it consumes almost zero power (B) it increases current
(C) it increases power (D) it increases voltage

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में धारा नियत्रक (Rheostat) की जगह चोक कुण्डली को प्राथमिकता दी जाती है क्योंकि –

- (A*) इसमें व्यय शक्ति लगभग शून्य है। (B) यह धारा को बढ़ाती है।
(C) यह शक्ति को बढ़ाती है। (D) यह विभव को बढ़ाती है।

F-4. With increase in frequency of an AC supply, the inductive reactance :

- (A) decreases (B*) increases directly proportional to frequency
(C) increases as square of frequency (D) decreases inversely with frequency

प्रत्यावर्ती धारा स्रोत की आवृत्ति बढ़ाने पर प्रेरकीय प्रतिघात –

- (A) घटेगा। (B*) आवृत्ति के समानुपाती बढ़ेगा।
(C) आवृत्ति के वर्ग के समानुपाती बढ़ेगा। (D) आवृत्ति के व्युत्क्रमानुपाती घटेगा।

F-5. With increase in frequency of an AC supply, the capacitive reactance :

- (A*) varies inversely with frequency (B) varies directly with frequency
(C) varies directly as square of frequency (D) remains constant

प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई की आवृत्ति बढ़ाने पर, धारतीय प्रतिघात –

- (A*) आवृत्ति के साथ व्युत्क्रमानुपाती परिवर्तित होता है। (B) आवृत्ति के साथ समानुपाती परिवर्तित होता है।
(C) आवृत्ति के वर्ग के समानुपाती परिवर्तित होता है। (D) नियत रहता है।

F-6. An AC ammeter is used to measure current in a circuit. When a given direct constant current passes through the circuit, the AC ammeter reads 3 ampere. When an alternating current passes through the circuit, the AC ammeter reads 4 ampere. Then the reading of this ammeter if DC and AC flow through the circuit simultaneously, is :

किसी परिपथ में धारा मापने के लिए प्रत्यावर्ती धारा अमीटर का उपयोग किया जाता है। जब परिपथ में अचर मान की दिष्ट धारा प्रवाहित की जाती है तो अमीटर का पाठ्यांक 3 ऐम्पियर है। जब परिपथ से अन्य प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित की जाती है तो इसका पाठ्यांक 4 ऐम्पियर है। जब प्रत्यावर्ती धारा तथा दिष्ट धारा दोनों को एक साथ प्रवाहित किया जाता है तो अमीटर का पाठ्यांक होगा –

- (A) 3 A (B) 4 A (C) 7 A (D*) 5 A

F-7. In an a.c. circuit consisting of resistance R and inductance L, the voltage across R is 60 volt and that across L is 80 volt. The total voltage across the combination is

एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में प्रतिरोध R तथा प्रेरकत्व L है तथा इनके सिरों पर विभव क्रमशः 60 volt तथा 80 volt है तो संयोजन के सिरों का कुल विभव है –

- (A) 140 V (B) 20 V (C*) 100 V (D) 70 V

PART - III : MATCH THE COLUMN

भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. Match the Physical quantities given in column-I with the parameters they depend on as given in column-II.

Column I

- (A) Inductance of a coil
- (B) Capacitance
- (C) Impedance of a coil
- (D) Reactance of a capacitor

Column II

- (p) Depends on resistivity
- (q) Depends on shape
- (r) Depends on medium inserted
- (s) Depends on external AC voltage source

स्तम्भ-I में दी गई भौतिक राशियों को स्तम्भ-II में दिये गये प्राचलों जिस पर वे निर्भर करती है, से सुमेलित कीजिए।

स्तम्भ-I

- (A) कुण्डली का प्रेरकत्व
- (B) धारिता
- (C) कुण्डली की प्रतिबाधा
- (D) संधारित्र की प्रतिघात

स्तम्भ-II

- (p) प्रतिरोधकता पर निर्भर करती है।
- (q) आकार (shape) पर निर्भर करती है।
- (r) प्रवेशित (inserted) माध्यम पर निर्भर करती है।
- (s) बाह्य AC वोल्टेज स्रोत पर निर्भर करती है।

Ans.

- (A) q,r (B) q,r (C) p,q,r,s (D) q,r, s

Sol.

(A) Inductance of a coil depends on its shape and magnetic properties of its core (medium inserted)

(B) Capacitance of capacitor depends on its shape and dielectric properties of medium inserted.

(C) Impedance of coil $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ depends on resistivity (due to R), shape (for L), magnetic properties of core inserted and also depends on angular frequency ω of external voltage source.

(D) Reactance of capacitor $= \frac{1}{\omega C}$ depends on shape (for C), nature of dielectric medium (for C) and external voltage source (due to ω).

(A) एक कुण्डली की प्रेरकत्व इसके आकार तथा इसकी क्रोड (प्रवेशित माध्यम में) के चुम्बकीय गुणों पर निर्भर करती है।

(B) संधारित्र की धारिता इसके आकार तथा प्रवेशित माध्यम के परावैद्युत गुणों पर निर्भर करती है।

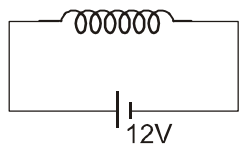
(C) कुण्डली की प्रतिबाधा $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ प्रतिरोधकता (R के कारण), आकार (L के कारण), प्रवेशित क्रोड के चुम्बकीय गुणों तथा ω कोणीय आवृत्ति के बाह्य वोल्टेज स्रोत पर भी निर्भर करती है।

(D) संधारित्र की प्रतिघात $= \frac{1}{\omega C}$ आकार (C के लिए), परावैद्युत माध्यम की प्रकृति (C के लिए) तथा बाह्य वोल्टेज स्रोत (ω के कारण) पर निर्भर करती है।

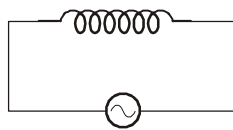
2. A steady current 4 A flows in an inductor coil when connected to a 12 V dc source as shown in figure 1. If the same coil is connected to an ac source of 12 V, 50 rad/s, a current of 2.4 A flows in the circuit as shown in figure 2. Now after these observations, a capacitor of capacitance $\frac{1}{50}$ F is connected in series

with the coil as shown in figure 3 with the same AC source :

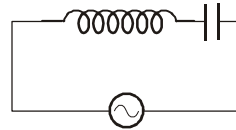
जब एक प्रेरण कुण्डली को 12 वोल्ट के दिष्ट वोल्टता स्रोत से चित्र 1 के अनुसार जोड़ा जाता है तो प्रेरण कुण्डली में चित्रानुसार 4 A की स्थायी धारा प्रवाहित होती है। यदि यही समान कुण्डली 12 V व 50 rad/s के प्रत्यावर्ती (AC) वोल्टता स्रोत से चित्र 2 के अनुसार जोड़ी जाती है तो परिपथ में 2.4 A की धारा प्रवाहित होती है। अब इन प्रेक्षणों के पश्चात् $\frac{1}{50}$ F धारिता के संधारित्र को प्रेरण कुण्डली के साथ श्रेणीक्रम में चित्र-3 के अनुसार उसी प्रत्यावर्ती वोल्टता स्रोत से जोड़ा जाता है।



(Figure 1)



(Figure 2)



(Figure 3)

Column-I

- (A) The inductance of the coil (nearly)
प्रेरण कुण्डली का प्रेरकत्व (लगभग) –
- (B) The resistance of the coil
कुण्डली का प्रतिरोध–
- (C) Average power (nearly)
औसत शक्ति (लगभग)
- (D) Total reactance कुल प्रतिघात

Column-II (in S.I units) (S.I. पद्धति में)

- (p) 24
- (q) 3
- (r) 0.08

Ans. (A) → (r), (B) → (q), (C) → (p), (D) → (q)

Sol. 1 to 2 : When connected with the DC source जब दिष्ट स्रोत से जोड़ा जाता है।

$$R = \frac{12}{4} = 3 \Omega$$

When connected to ac source जब प्रत्यावर्ती स्रोत से जोड़ा जाता है।

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$\therefore 2.4 = \frac{12}{\sqrt{3^2 + \omega^2 L^2}} \Rightarrow L = 0.08 \text{ H}$$

$$\text{Using प्रयोग करने से } P = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \phi = \frac{V_{\text{rms}}^2}{Z} \cos \phi = \frac{V_{\text{rms}}^2 R}{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = 24 \text{ W}$$

Exercise-2

Marked Questions can be used as Revision Questions.

चिह्नित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

भाग - I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (B) : Power consumed in an ac circuit

खण्ड (B) : प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में शक्ति व्यय

1. A coil has an inductance of $\frac{2.2}{\pi}$ H and is joined in series with a resistance of 220Ω . When an alternating e.m.f. of 220 V at 50 c.p.s. is applied to it, then the wattless component of the rms current in the circuit is
(A) 5 ampere (B*) 0.5 ampere (C) 0.7 ampere (D) 7 ampere

Sol. Wattless current = $I_{rms} \sin \phi$

$$\text{Where } \tan \phi = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f L}{R} = 1$$

$$\text{and } I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Hindi

एक कुण्डली का प्रेरकत्व $\frac{2.2}{\pi}$ H है तथा इसे 220Ω के प्रतिरोध के साथ श्रेणी में जोड़ा जाता है। जब इसको 220 V वि.वा.बल, 50 चक्कर प्रति सैकण्ड आवृत्ति वाले प्रत्यावर्ती स्रोत से जोड़ा जाता है तो परिपथ में वर्गमाध्य मूल धारा का शक्तिहीन घटक है

- (A) 5 ऐम्पियर (B*) 0.5 ऐम्पियर (C) 0.7 ऐम्पियर (D) 7 ऐम्पियर

Sol. शक्तिहीन धारा = $I_{rms} \sin \phi$

$$\text{जहाँ } \tan \phi = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f L}{R} = 1$$

$$\text{तथा } I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Section (C) : AC source with R, L, C connected in series

खण्ड (C) : R, L, C श्रेणीक्रम के साथ प्रत्यावर्ती धारा स्रोत

2. The current in a circuit containing a capacitance C and a resistance R in series leads over the applied voltage of frequency $\frac{\omega}{2\pi}$ by. [REE - 91] [REE - 1991]

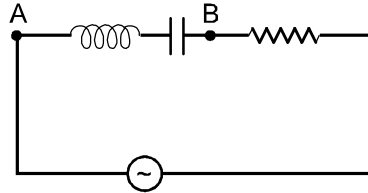
एक परिपथ में संधारित्र C तथा प्रतिरोध R श्रेणीक्रम में जुड़े हैं तो इसमें प्रवाहित धारा, $\frac{\omega}{2\pi}$ आवृत्ति वाले आरोपित विभव से कितनी आगे है।

- (A*) $\tan^{-1}\left(\frac{1}{\omega CR}\right)$ (B) $\tan^{-1}(\omega CR)$ (C) $\tan^{-1}\left(\omega \frac{1}{R}\right)$ (D) $\cos^{-1}(\omega CR)$

Sol. $\tan \phi = \frac{X_c}{R} = \frac{1/\omega C}{R} \Rightarrow \phi = \tan^{-1} \frac{1}{\omega CR}$

3. An inductor $\left(L = \frac{1}{100\pi} \text{ H}\right)$, a capacitor $\left(C = \frac{1}{500\pi} \text{ F}\right)$ and a resistance (3Ω) is connected in series with an AC voltage source as shown in the figure. The voltage of the AC source is given as $V = 10 \cos(100\pi t)$ volt. What will be the potential difference between A and B ?

एक प्रेरकत्व $\left(L = \frac{1}{100\pi} \text{ H}\right)$, एक संधारित्र $\left(C = \frac{1}{500\pi} \text{ F}\right)$ तथा एक प्रतिरोध (3Ω) चित्रानुसार AC विभव स्रोत से श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। AC स्रोत का विभव $V = 10 \cos(100\pi t)$ वोल्ट है। A तथा B के मध्य विभवान्तर होगा ?



- (A) $8 \cos(100\pi t - 127^\circ)$ volt
(C*) $8 \cos(100\pi t - 37^\circ)$ volt

- (B) $8 \cos(100\pi t - 53^\circ)$ volt
(D) $8 \cos(100\pi t + 37^\circ)$ volt

Sol. $z = \sqrt{3^2 + (5-1)^2} = 5\Omega$

$i = 2 \cos(100\pi t + 53^\circ)$

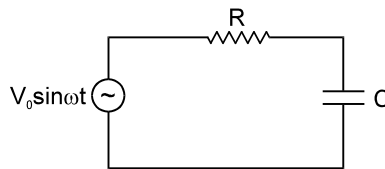
$V_{AB} = 8 \cos(100\pi t + 53^\circ - 90^\circ)$ volt

$V_{AB} = 8 \cos(100\pi t - 37^\circ)$ volt **Ans.**

4. An ac voltage source $V = V_0 \sin \omega t$ is connected across resistance R and capacitance C as shown in figure. It is given that $R = \frac{1}{\omega C}$. The peak current is I_0 . If the angular frequency of the voltage source is

changed to $\frac{\omega}{\sqrt{3}}$ keeping R and C fixed, then the new peak current in the circuit is :

चित्रानुसार प्रतिरोध R तथा धारिता C के सिरों पर एक प्रत्यावर्ती वोल्टेज $V = V_0 \sin \omega t$ का स्रोत जोड़ा जाता है। यह दिया गया है कि $R = \frac{1}{\omega C}$ है। शिखर धारा I_0 है। यदि वोल्टेज स्रोत की कोणीय आवृत्ति बदलकर $\frac{\omega}{\sqrt{3}}$ कर दी जाती है (R व C को नियत रखते हुये) तो परिपथ में नई शिखर धारा होगी –



(A) $\frac{I_0}{2}$

(B*) $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$

(C) $\frac{I_0}{\sqrt{3}}$

(D) $\frac{I_0}{3}$

- Sol.** The peak value of the current is
धारा का शिखर मान है –

$$I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} = \frac{V_0}{\sqrt{2} R}$$

when the angular frequency is changed to $\frac{\omega}{\sqrt{3}}$

जब कोणीय आवृत्ति बदलकर $\frac{\omega}{\sqrt{3}}$ हो जाती है।

The new peak value is
धारा का नया शिखर मान है–

$$I_0' = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{3}{\omega^2 C^2}}} = \frac{V_0}{\sqrt{4R^2}} = \frac{V_0}{2R} \quad \therefore \quad I_0' = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

5. For a LCR series circuit with an A.C. source of angular frequency ω .
 एक ω कोणीय आवृत्ति के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से संबद्ध एक LCR श्रेणी परिपथ के लिए
- (A) circuit will be capacitive if $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ परिपथ धारितीय होगा यदि $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- (B) circuit will be inductive if $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ हो तो परिपथ प्रेरकीय होगा
- (C*) power factor of circuit will be unity if capacitive reactance equals inductive reactance
 परिपथ का शक्ति गुणांक एक होगा। यदि धारितीय प्रतिघात, प्रेरकीय प्रतिघात के बराबर है।
- (D) current will be leading voltage if $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ धारा विभव से अग्रगामी होगी यदि $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Sol. (C) The circuit will have inductive nature if $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\left(\omega L > \frac{1}{\sqrt{LC}} \right)$.

Hence A is false. Also if circuit has inductive nature the current will lag behind voltage. Hence D is also false.

If $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\left(\omega L = \frac{1}{\omega C} \right)$ the circuit will have resistive nature. Hence B is false

Power factor $\cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} = 1$ if $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. Hence C is true.

Sol. यदि $\omega > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\left(\omega L > \frac{1}{\sqrt{LC}} \right)$ है तो परिपथ प्रेरणीक प्रकृति का होगा।

अतः A असत्य है। यदि परिपथ प्रेरणीक प्रकृति का है तो धारा वोल्टेज से पीछे होगी। अतः D भी असत्य है।

यदि $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\left(\omega L = \frac{1}{\omega C} \right)$ है तो परिपथ प्रतिरोध प्रकृति का होगा। अतः B असत्य है।

शक्ति गुणांक $\cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} = 1$ if $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. अतः C सत्य है।

6. An LCR series circuit with 100Ω resistance is connected to an AC source of 200 V and angular frequency $300 \text{ radians per second}$. When only the capacitance is removed, the current lags the voltage by 60° . When only the inductance is removed, the current leads the voltage by 60° . Then the current and power dissipated in LCR circuit are respectively

एक LCR श्रेणी परिपथ 100Ω प्रतिरोध के साथ 200 V तथा $300 \text{ रेडियन प्रति सैकण्ड}$ की कोणीय आवृत्ति वाले प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़ा है। जब परिपथ से केवल संधारित्र हटाया जाता है तो धारा विभव से 60° पश्चगामी हो जाती है। जब केवल प्रेरकत्व हटाया जाता है तो धारा विभव से 60° अग्रगामी हो जाती है तो LCR परिपथ में धारा तथा शक्ति व्यय क्रमशः है

- (A) 1 A , 200 watt . (B) 1 A , 400 watt . (C) 2 A , 200 watt . (D*) 2 A , 400 watt .

Sol. When all (L,C,R) are connected then net phase difference = $60 - 60 = 0$. So, there will be resonance.

जब सभी (L,C,R) जुड़े होंगे तो V तथा I में कलान्तर $60 - 60 = 0$ हो जायेगा, अतः अनुनाद होगा।

$$I = \frac{V}{R} = 2A$$

& तथा $P = I^2 R = 400 \text{ watt}$.

7. In an L-R series circuit ($L = \frac{175}{11} \text{ mH}$ and $R = 12\Omega$), a variable emf source ($V = V_0 \sin \omega t$) of $V_{\text{rms}} = 130\sqrt{2} \text{ V}$ and frequency 50 Hz is applied. The current amplitude in the circuit and phase of current with respect to voltage are respectively (Use $\pi = 22/7$)

L-Rश्रेणी परिपथ ($L = \frac{175}{11} \text{ mH}$ तथा $R = 12\Omega$) से परिवर्ती वि.वा.बल स्रोत ($V = V_0 \sin \omega t$) जुड़ा है। इसका

$V_{\text{rms}} = 130\sqrt{2} \text{ V}$ तथा आवृत्ति 50 Hz है। परिपथ में धारा आयाम तथा धारा की विभव के सापेक्ष कला क्रमशः होंगे –
($\pi = 22/7$ का उपयोग करें)

- (A) 14.14A, 30° (B) $10\sqrt{2} \text{ A}$, $\tan^{-1} \frac{5}{12}$ (C) 10 A, $\tan^{-1} \frac{5}{12}$ (D*) 20 A, $\tan^{-1} \frac{5}{12}$

Sol. $I_0 = \sqrt{2} I_{\text{rms}} = \sqrt{2} \frac{V_{\text{rms}}}{Z}$ $I_0 = \frac{\sqrt{2} \times 130\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$

$$\tan \phi = \frac{\omega L}{R} \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right).$$

Section (D) : Resonance

खण्ड (D) : अनुनाद

8. In LCR circuit at resonance current in the circuit is $10\sqrt{2} \text{ A}$. If now frequency of the source is changed such that now current lags by 45° than applied voltage in the circuit. Which of the following is correct :

अनुनाद पर LCR परिपथ में धारा $10\sqrt{2} \text{ A}$ है। अब स्रोत की आवृत्ति इस प्रकार से बदलती है कि परिपथ में धारा आरोपित विभवान्तर से 45° कलाकोण पीछे चलती हो, तो कौनसा कथन सही है।

- (A*) Frequency must be increased and current after the change is 10 A
आवृत्ति निश्चित रूप से बढ़ाई जानी चाहिये तथा परिवर्तन के पश्चात परिपथ में धारा 10 A होगी।
(B) Frequency must be decreased and current after the change is 10 A
आवृत्ति निश्चित रूप से घटाई जानी चाहिये तथा परिवर्तन के पश्चात परिपथ में धारा 10 A होगी।
(C) Frequency must be decreased and current is same as that of initial value
आवृत्ति निश्चित रूप से घटाई जानी चाहिये तथा परिवर्तन के पश्चात धारा प्रारम्भिक मान के बराबर होगी।
(D) The given information is insufficient to conclude anything
कुछ निष्कर्ष के लिये दी गई जानकारी अधुरी है।

Sol. At resonance अनुनाद पर

$$X_L = X_C$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = 10\sqrt{2} \quad \dots(i)$$

When current lags by $\frac{\pi}{4}$: जब धारा $\frac{\pi}{4}$ से पीछे चलती है

$$(R = X)$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{V_{\text{rms}}}{\sqrt{2}R} = 10A$$

Section (E) : Transformer

खण्ड (E) : ट्रांसफार्मर

9. The overall efficiency of a transformer is 90%. The transformer is rated for an output of 9000 watt. The primary voltage is 1000 volt. The ratio of turns in the primary to the secondary coil is 5 : 1. The iron losses at full load are 700 watt. The primary coil has a resistance of 1 ohm.

ट्रांसफार्मर की कुल प्रभावी दक्षता 90% है। इसकी निर्गत शक्ति 9000 watt अंकित है। प्राथमिक कुण्डली पर विभव 1000 वोल्ट है। प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डली में घेरों का अनुपात 5 : 1 है। पूर्ण लोड पर लौह-हानियां 700 watt है। प्राथमिक कुण्डली में प्रतिरोध 1 ओम है

(i) The voltage in secondary coil is :

द्वितीयक कुण्डली में विभव है —

- (A) 1000 volt (B) 5000 volt (C*) 200 volt (D) zero volt

Sol. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{5}$

$$E_2 = \frac{1000}{5} = 200 \text{ volt.}$$

(ii) In the above, the current in the primary coil is :

उपरोक्त प्रश्न में, प्राथमिक कुण्डली में धारा है —

- (A) 9 amp (B*) 10 amp (C) 1 amp (D) 4.5 amp

Sol. $E_2 I_2 = E_1 I_1 \times \eta \%$

$$9000 = 1000 \times I_1 \times \frac{90}{100}$$

$$I_1 = 10 \text{ amp.}$$

(iii) In the above, the copper loss in the primary coil is :

उपरोक्त प्रश्न में, प्राथमिक कुण्डली में ताम्र हानियां है —

- (A*) 100 watt (B) 700 watt (C) 200 watt (D) 1000 watt

Sol. प्राथमिक कुण्डली में ताम्र हानियाँ

$$= I_1^2 R_1 = (10)^2 \times 1 = 100.$$

$$\text{कुल हानियाँ} = E_1 I_1 - E_2 I_2$$

$$= 10,000 - 9000$$

$$= 1000$$

(iv) In the above, the copper loss in the secondary coil is :

उपरोक्त प्रश्न में, द्वितीयक कुण्डली में ताम्र हानियां है —

- (A) 100 watt (B) 700 watt (C*) 200 watt (D) 1000 watt

Sol. Cu losses in secondary coil द्वितीय कुण्डली में ताम्र हानि

$$= (1000 - 700) - 100$$

$$= 200 \text{ watt.}$$

(v) In the above, the current in the secondary coil is :

उपरोक्त प्रश्न में, द्वितीयक कुण्डली में धारा है —

- (A) 45 amp (B*) 46 amp (C) 10 amp (D) 50 amp
(A) 45 ऐम्पियर (B*) 46 ऐम्पियर (C) 10 ऐम्पियर (D) 50 ऐम्पियर

Sol. $E_2 I_2 = 9000 + 200$

$$I_2 = \frac{9200}{200} = 46 \text{ A.}$$

(vi) In the above, the resistance of the secondary coil is approximately :

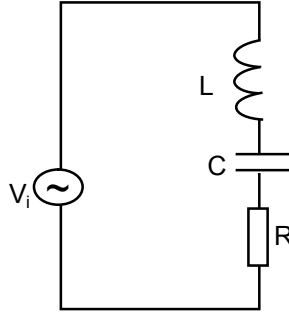
उपरोक्त प्रश्न में, द्वितीयक कुण्डली में प्रतिरोध लगभग है

- (A) 0.01 Ω (B*) 0.1 Ω (C) 0.2 Ω (D) 0.4 Ω

Sol. $I_2^2 R_2 = 200$

$$R_2 = \frac{200}{(46)^2} = 0.0945.$$

10. In the following circuit the current is in phase with the applied voltage. Therefore, the current in the circuit and the frequency of the source voltage respectively, are
निम्न परिपथ में धारा आरोपित विभव के साथ कला में है। इसलिए परिपथ में धारा तथा स्रोत विभव की आवृत्ति क्रमशः है



[Olympiad (Stage-1) 2017]

- (A*) $\frac{V_i}{R}$ and तथा $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (B) zero and शून्य तथा $\frac{1}{\sqrt{LC}}$
(C) $\sqrt{\frac{C}{L}}V_i$ and तथा $\frac{2}{\pi\sqrt{LC}}$ (D) $4\sqrt{\frac{C}{LR^2}}$ and तथा $\frac{2}{\sqrt{LC}}$

Ans. (A)

Sol. $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ the circuit is in resonance with the applied voltage.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ परिपथ आरोपित विभव के साथ अनुनाद में है।}$$

$$i = \frac{V_i}{R}$$

PART - II : SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE

भाग - II : एकल एवं द्वि-पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

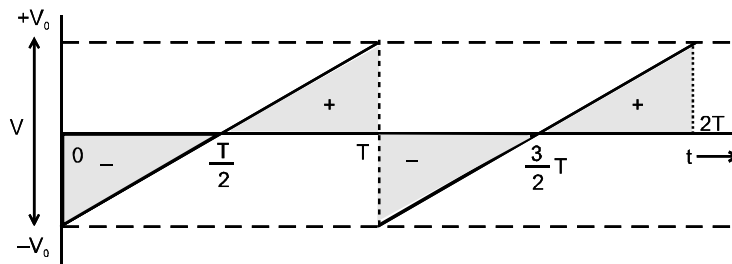
Section (A) : Average, peak and RMS value

खण्ड (A) : औसत, शीर्ष तथा वर्गमाध्य मूल मान

1. The rms value for the saw-tooth voltage of peak value V_0 from $t=0$ to $t=2T$ as shown in figure is $\frac{V_0}{\sqrt{x}}$.

Find the value of x .

चित्रानुसार शीर्ष मान V_0 वाले त्रिभुजाकार विभव का वर्गमाध्य मूल $t = 0$ से $t = 2T$ के लिए $\frac{V_0}{\sqrt{x}}$ हो तो x का मान ज्ञात करो।



Ans. $x = 3$

Sol. general equation of V
V की सामान्य समीकरण

$$V = \frac{V_0}{T/2} t - V_0 = \frac{2V_0}{T} t - V_0$$

$$V_{rms} = \left[\frac{\int_0^T V^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \left[\frac{\int_0^T \left(\frac{2V_0}{T} t - V_0 \right)^2 dt}{T} \right]^{1/2} = \frac{V_0}{\sqrt{3}} \quad x = 3 \text{ Ans.}$$

Section (C) : AC source with R, L, C connected in series

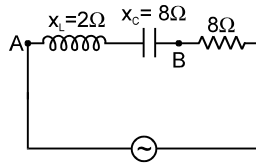
खण्ड (C) : R, L, C श्रेणीक्रम के साथ प्रत्यावर्ती धारा स्रोत

2. An inductor ($x_L = 2\Omega$) a capacitor ($x_C = 8\Omega$) and a resistance (8Ω) is connected in series with an ac source. The voltage output of A.C source is given by $v = 10 \cos 100\pi t$.

एक प्रेरक कुण्डली ($x_L = 2\Omega$), एक संधारित्र ($x_C = 8\Omega$) तथा एक प्रतिरोध (8Ω) श्रेणी क्रम में एक प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़े है प्रत्यावर्ती धारा स्रोत के द्वारा प्रदत्त विभव $v = 10 \cos 100\pi t$ है।

The instantaneous p.d. between A and B is equal to $x \times 10^{-1}$ volt, when it is half of the voltage output from source at that instant Find out value of x.

A तथा B के मध्य तात्क्षणिक विभव पतन $x \times 10^{-1}$ volt हो तो x का मान ज्ञात करो, यदि इस क्षण यह विभव पतन स्रोत द्वारा प्रदत्त विभव का आधा है।



Ans. 48

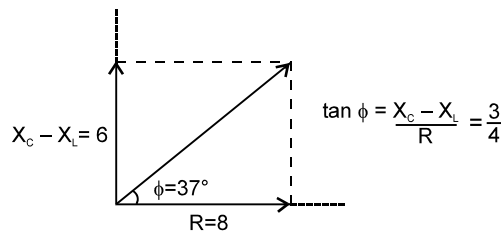
Sol. impedance of circuit परिपथ की प्रतिबाधा $= \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$

$$Z = \sqrt{8^2 + (8 - 2)^2} = 10\Omega$$

The current leads in phase by धारा कला कोण से $\phi = 37^\circ$ आगे ($X_C > X_L$)

$$\phi = 37^\circ$$

$$\therefore i = \frac{10 \cos(100\pi t + 37^\circ)}{Z} = \cos(100\pi t + 37^\circ)$$



The instantaneous potential difference across A B is

AB के सिरों पर किसी क्षण प्रतिबाधा

$$= I_m (X_C - X_L) \cos(100\pi t + 37^\circ - 90^\circ)$$

$$= 6 \cos(100\pi t - 53^\circ)$$

The instantaneous potential difference across A B is half of source voltage.

AB के सिरों पर क्षणीक वोल्ट का स्रोत वोल्टता का आधा है।

$$\Rightarrow 6 \cos(100\pi t - 53^\circ) = 5 \cos 100\pi t$$

solving we get हल करने पर $\cos 100\pi t = \frac{1}{\sqrt{1 + (7/24)^2}} = \frac{24}{25}$

\therefore instantaneous potential difference क्षणीक विभवान्तर $= 5 \times \frac{24}{25} = \frac{24}{5}$ volts $= 48 \times 10^{-1}$ V
x = 48

3. A 2000 Hz, 20 volt source is connected to a resistance of 20 ohm, an inductance of $0.125/\pi$ H and a capacitance of $500/\pi$ nF all in series. Calculate the time (in seconds) in which the resistance (thermal capacity = 100 joule/°C) will get heated by 10° C. (Assume no loss of heat)
 20 Ω प्रतिरोध, 0.125/π H प्रेरकत्व तथा 500/π nF संधारित्र श्रेणी क्रम में 2000 Hz, 20 volt के स्रोत से जुड़े हैं। तो कितने समय में प्रतिरोध का ताप 10°C जायेगा ? (प्रतिरोध की ऊष्मा धारिता = 100 J/°C) (ऊष्मा हानि नगण्य मानिए।)

Ans. 50

Sol. power शक्ति (P) = $I_{rms}^2 R$ $P = \left[\frac{20}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \right]^2 \times R$

where जहाँ $\omega = 2 \times \pi \times 2000$

$$\Delta H = (ms) \Delta \theta = P (\Delta t) \Rightarrow \Delta t = \frac{(ms) \Delta \theta}{P} = \frac{100 \times 10}{P} = 50 \text{ sec.}$$

4. A series LCR circuit containing a resistance of 120 ohm has angular resonance frequency $4 \times 10^5 \text{ rad s}^{-1}$. At resonance, the voltage across resistance and inductance are 60V and 40 V respectively. At frequency the current in the circuit lags the voltage by 45° is equal to $x \times 10^5 \text{ rad/sec}$. Find value of x.

[REE - 95]

एक श्रेणी LCR परिपथ में 120 ओम का प्रतिरोध है तथा इसकी कोणीय अनुनादी आवृत्ति $4 \times 10^5 \text{ rad s}^{-1}$ है। अनुनाद पर, प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व पर विभवान्तर क्रमशः 60V व 40 V है। $x \times 10^5 \text{ rad/sec}$ आवृत्ति पर परिपथ में धारा, विभवान्तर से 45° पीछे है, तो x का मान ज्ञात करो ?

[REE - 95]

Ans. 8

Sol. $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$... (i)

$$\frac{V}{R} \times (\omega L) = 40 \quad \dots (ii)$$

$$\frac{V}{R} \times R = V = 60 \quad \dots (iii)$$

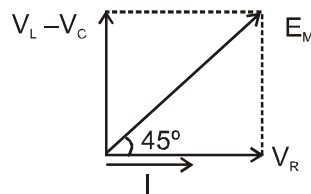
$$\omega L = \frac{40}{60} R \quad \dots (iv)$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{40}{60} R \quad \dots (v)$$

From equation (i), (iv) & (v)

समी० (i), (iv) तथा (v) के लिए

$$L = 2 \times 10^{-4} \text{ H}; C = \frac{1}{32} \mu\text{F}$$



from phasor diagram, $V_L - V_C = V_R$

फेजर चित्र से $V_L - V_C = V_R$

$$\Rightarrow X_L - X_C = R \quad \Rightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} = R$$

$$\Rightarrow \omega^2 L - \omega R - \frac{1}{C} = 0 \quad \Rightarrow \omega = \frac{R + \sqrt{R^2 + 4L/C}}{2L} = 8 \times 10^5 \text{ rad/sec.}$$

$$x = 8$$

SECTION (D) : RESONANCE

खण्ड (D) : अनुनाद

5. An LCR circuit has $L = 10 \text{ mH}$, $R = 150 \Omega$ and $C = 1 \mu\text{F}$ connected in series to a source of $150\sqrt{2} \cos \omega t$ volt. At a frequency that is 50% of the resonant frequency, calculate the average power (in watt) dissipated per cycle.

एक LCR परिपथ में $L = 10 \text{ mH}$, $R = 150 \Omega$ तथा $C = 1 \mu\text{F}$ श्रेणीक्रम में $150\sqrt{2} \cos \omega t$ वोल्ट के स्रोत से जुड़े हैं यदि आवृत्ति, अनुनादी आवृत्ति की 50% हो तो प्रति चक्र व्ययित औसत शक्ति (वॉट में) ज्ञात करो।

Ans. 75

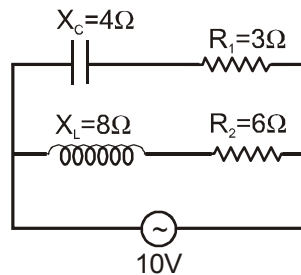
Sol. $f = \frac{50}{100} \times f_r$ $f = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ $\omega = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

$$X = \left| \omega L - \frac{1}{\omega C} \right| = 150$$

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{150\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad P_{CW} = I_{rms} V_{rms} \cos \phi = \frac{I_0 V_0}{2} \times \frac{R}{Z} = 75 \text{ W}$$

6. In the figure shown an ideal alternative current (A.C.) source of 10 Volt is connected. Find half of the total average power (in watts) given by the cell to the circuit.

चित्रानुसार 10 वोल्ट का एक आदर्श प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) स्रोत परिपथ में संयोजित है। सैल द्वारा परिपथ को दी गई कुल औसत शक्ति (वॉट में) का आधा मान ज्ञात करो।



Ans. 9

PART - III : ONE OR MORE THAN ONE OPTIONS CORRECT TYPE

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार (ONE OR MORE THAN ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (B) : Power consumed in an ac circuit

खण्ड (B) : प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में शक्ति व्यय

1. Average power consumed in an A.C. series circuit is given by (symbols have their usual meaning) :
प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी परिपथ में औसत शक्ति व्यय निम्न द्वारा दी जाती है (जहाँ संकेतों का अर्थ सामान्य है) –

(A*) $E_{rms} I_{rms} \cos \phi$ (B*) $(I_{rms})^2 R$ (C*) $\frac{E_{max}^2 R}{2(|Z|)^2}$ (D*) $\frac{I_{max}^2 |Z| \cos \phi}{2}$

Sol. $P_{av} = (A) = (B) = (C) = (D)$.

2. An AC source supplies a current of 10 A (rms) to a circuit, rms voltage of source is 100 V. The average power delivered by the source :

(A) must be 1000 W (B*) may be less than 1000 W
(C) may be greater than 1000 W (D*) may be 1000 W

एक प्रत्यावर्ती धारा स्रोत का विभव 100 V (व.मा.मूल) है तथा इस परिपथ में 10 A (व.मा.मूल) मान की धारा प्रवाहित हो रहा है तो स्रोत द्वारा दी गई औसत शक्ति :

(A) 1000 W होनी चाहिए। (B*) 1000 W से कम हो सकती है।
(C) 1000 W से अधिक हो सकती है। (D*) 1000 W हो सकती है।

Sol. $P_{avr} = I_{rms} V_{rms} \cos \phi$
 $\cos \phi$ can not be more than 1 so power can not be more than 1000.
 $\cos \phi$ एक से अधिक नहीं हो सकता अतः शक्ति 1000 से अधिक नहीं हो सकती है।

3. Which of the following quantities have zero average value over a cycle. If an inductor coil having some resistance is connected to a sinusoidal AC source.

- (A*) induced emf in the inductor (B*) current
 (C) joule heat (D) magnetic energy stored in the inductor

निम्न में से कौनसी राशियों का एक पूर्ण चक्र के लिए औसत मान शून्य है। यदि कुछ प्रतिरोध वाली प्रेरण कुण्डली ज्यावक्रीय प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जुड़ी है।

- (A*) प्रेरक में प्रेरित वि.वा.बल (B*) धारा
 (C) जूल ऊष्मा (D) प्रेरक में संग्रहित चुम्बकीय ऊर्जा

Sol. Joule heat जूल ऊष्मा $I_{rms}^2 R$

Energy in inducting coil प्रेरण कुण्डली की ऊर्जा $= \frac{1}{2} LI_{rms}^2$.

4. In a series LCR circuit with an AC source ($E_{rms} = 50$ V and $\nu = 50/\pi$ Hz), $R = 300 \Omega$, $C = 0.02$ mF, $L = 1.0$ H, Which of the following is correct

श्रेणी LCR परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा स्रोत ($E_{rms} = 50$ V तथा $\nu = 50/\pi$ Hz) जुड़ा है तथा $R = 300 \Omega$, $C = 0.02$ mF, $L = 1.0$ H जुड़ा हो तो निम्न में कौन सही है।

- (A*) the rms current in the circuit is 0.1 A
 परिपथ में वर्गमाध्य मूल धारा 0.1 A है।
 (B*) the rms potential difference across the capacitor is 50 V
 संधारित्र के सिरो पर वर्गमाध्य मूल विभवान्तर 50 V है।
 (C) the rms potential difference across the capacitor is 14.1 V
 संधारित्र के सिरो पर वर्गमाध्य मूल विभवान्तर 14.1 V है।
 (D) the rms current in the circuit is 0.14 A
 परिपथ में वर्गमाध्य मूल धारा 0.14 A है।

Section (C) : AC source with R, L, C connected in series

खण्ड (C) : R, L, C श्रेणीक्रम के साथ प्रत्यावर्ती धारा स्रोत

5. In an AC series circuit when the instantaneous source voltage is maximum, the instantaneous current is zero. Connected to the source may be a

- (A*) pure capacitor
 (B*) pure inductor
 (C*) combination of pure an inductor and pure capacitor
 (D) pure resistor

प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी परिपथ में जब तात्क्षणिक विभव अधिकतम होता है तब तात्क्षणिक धारा शून्य होती है तो स्रोत से जुड़ा हो सकता है –

- (A*) शुद्ध संधारित्र (B*) शुद्ध प्रेरकत्व
 (C*) शुद्ध प्रेरकत्व तथा शुद्ध संधारित्र का संयोजन (D) शुद्ध प्रतिरोध

6. A coil of inductance 5.0 mH and negligible resistance is connected to an oscillator giving an output voltage $E = (10V) \sin \omega t$. Which of the following is correct

- (A*) for $\omega = 100 \text{ s}^{-1}$ peak current is 20 A (B*) for $\omega = 500 \text{ s}^{-1}$ peak current is 4 A
 (C*) for $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ peak current is 2 A (D) for $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ peak current is 4 A

5.0 mH प्रेरकत्व तथा नगण्य प्रतिरोध वाली कुण्डली एक दोलित्र से जुड़ी है। इसका निर्गत विभव $E = (10V) \sin \omega t$ है। सही कथनों का चयन करो।

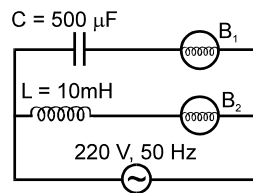
- (A*) $\omega = 100 \text{ s}^{-1}$ के लिए शीर्ष धारा 20 A है। (B*) $\omega = 500 \text{ s}^{-1}$ के लिए शीर्ष धारा 4 A है।
 (C*) $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ के लिए शीर्ष धारा 2 A है। (D) $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ के लिए शीर्ष धारा 4 A है।

Sol. $I_0 = \frac{V_0}{\omega L} = \frac{10}{\omega \times 5 \times 10^{-3}}$

7. A pure inductance of 1 henry is connected across a 110 V, 70Hz source. Then correct option are
(Use $\pi = 22/7$):

- (A*) reactance of the circuit is 440 Ω (B*) current of the circuit is 0.25 A
(C) reactance of the circuit is 880 Ω (D) current of the circuit is 0.5 A
1 हेनरी का शुद्ध प्रेरकत्व 110 V, 70Hz स्रोत के साथ जुड़ा है तो सही कथन है – ($\pi = 22/7$):
(A*) परिपथ का प्रतिघात 440 Ω है। (B*) परिपथ में धारा 0.25 A है।
(C) परिपथ का प्रतिघात 880 Ω है। (D) परिपथ में धारा 0.5 A है।

8. In the circuit shown in figure, if both the bulbs B_1 and B_2 are identical :
चित्रानुसार यदि बल्ब B_1 तथा B_2 पूर्णतः समान हैं तो :



- (A) their brightness will be the same
(B*) B_2 will be brighter than B_1
(C*) as frequency of supply voltage is increased the brightness of bulb B_1 will increase and that of B_2 will decrease.
(D) only B_2 will glow because the capacitor has infinite impedance
(A) उनकी चमक समान होगी।
(B*) B_2 की चमक B_1 से अधिक होगी।
(C*) यदि स्रोत विभव की आवृत्ति बढ़ा दी जाये तो B_1 की चमक बढ़ेगी तथा B_2 की घटेगी।
(D) केवल B_2 चमकेगा क्योंकि संधारित्र की प्रतिबाधा अनन्त है।

Sol. $I_C = \frac{220}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

Brightness of $B_1 = I_C^2 R$

B_1 की चमक = $I_C^2 R$

$$I_L = \frac{220}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

Brightness of $B_2 = I_L^2 R$

B_2 की चमक = $I_L^2 R$

here $I_L > I_C$ So, B_2 will be brighter.

यहाँ $I_L > I_C$ अतः, B_2 अधिक चमकेगा।

9. A circuit is set up by connecting $L = 100 \text{ mH}$, $C = 5 \mu\text{F}$ and $R = 100 \Omega$ in series. An alternating emf of $(150\sqrt{2})$ volt, $\frac{500}{\pi}$ Hz is applied across this series combination. Which of the following is correct

एक परिपथ से $L = 100 \text{ mH}$, $C = 5 \mu\text{F}$ तथा $R = 100 \Omega$ श्रेणी में जुड़े हैं। श्रेणी संयोजन को $(150\sqrt{2})$ वोल्ट , $\frac{500}{\pi}$ Hz के प्रत्यावर्ती वि.वा.बल स्रोत से जोड़ा गया है तो सही कथनों का चयन करो –

- (A*) the impedance of the circuit is 141.4Ω
परिपथ की प्रतिबाधा 141.4Ω है।
(B*) the average power dissipated across resistance 225 W
प्रतिरोध के सिरो पर व्यय औसत शक्ति 225 W है।
(C*) the average power dissipated across inductor is zero.
प्रेरक के सिरो पर औसत शक्ति व्यय 0 W है।
(D*) the average power dissipated across capacitor is zero.
संधारित्र के सिरो पर व्यय औसत शक्ति शून्य है।

Sol. $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{(100)^2 + (100 - 200)^2} = 100\sqrt{2}$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z}$$

$$P_R = I_{\text{rms}}^2 R$$

$$P_L = 0$$

$$P_C = 0$$

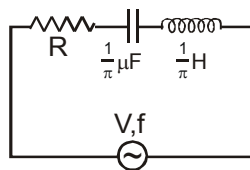
10. In a series RC circuit with an AC source(peak voltage $E_0 = 50 \text{ V}$ and $f = 50/\pi$ Hz), $R = 300 \Omega$, $C = 25 \mu\text{F}$. Then :
श्रेणी RC परिपथ प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ा है। जहां (शीर्ष वोल्टेज $E_0 = 50 \text{ V}$ तथा $f = 50/\pi$ Hz), $R = 300 \Omega$, $C = 25 \mu\text{F}$ है तो :

- (A*) the peak current is 0.1 A (B) the peak current is 0.7 A
(C*) the average power dissipated is 1.5 W (D) the average power dissipated is 3 W
(A*) शीर्ष धारा 0.1 A है। (B) शीर्ष धारा 0.7 A है।
(C*) औसत शक्ति व्यय 1.5 W है। (D) औसत शक्ति व्यय 3 W है।

SECTION (D) : RESONANCE

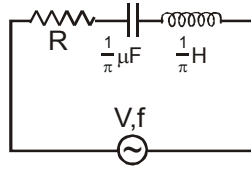
खण्ड (D) : अनुनाद

11. In the AC circuit shown below, the supply voltage has constant rms value V but variable frequency f . At resonance, the circuit :



- (A*) has a current I given by $I = \frac{V}{R}$
(B*) has a resonance frequency 500 Hz
(C*) has a voltage across the capacitor which is 180° out of phase with that across the inductor
(D) has a current given by $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi}\right)^2}}$

दिये गये प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में स्रोत विभव का वर्गमाध्य मूल मान V नियत है तथा आवृत्ति f परिवर्ति है तो परिपथ में अनुनाद की स्थिति पर –



(A*) परिपथ में धारा $I = \frac{V}{R}$ है।

(B*) परिपथ की अनुनादी आवृत्ति 500 Hz है।

(C*) परिपथ में संधारित्र के सिरो पर विभव प्रेरकत्व पर आरोपित विभव से 180° कलान्तर पर है।

(D) परिपथ में धारा $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi}\right)^2}}$ है।

Sol. Resonance frequency अनुनाद आवृत्ति $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 500 \text{ Hz}$

At resonance अनुनाद पर

$$Z = R$$

$$\& \text{ तथा } I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$

L & C are in out of phase. L तथा C विपरित कला में होते हैं।

Section (E) : Transformer

खण्ड (E) : ट्रांसफार्मर

12. A town situated 20 km away from a power house at 440 V, requires 600 KW of electric power at 220 V. The resistance of transmission line carrying power is 0.4Ω per km. The town gets power from the line through a 3000 V–220 V step-down transformer at a substation in the town. Which of the following is/are correct

(A*) The loss in the form of heat is 640 kW

(B) The loss in the form of heat is 1240 kW

(C*) Plant should supply 1240 kW

(D) Plant should supply 640 kW

440 V विद्युत शक्ति स्टेशन से एक शहर 20 km दूर स्थिति है जिसे 220 V पर 600 Kw विद्युत शक्ति चाहिए। विद्युत प्रवाह करने वाली तार लाईन का प्रतिरोध 0.4Ω प्रति किमी० है। शहर को संचरण लाईन द्वारा एक सब-स्टेशन पर अपचायी ट्रांसफार्मर (step-down) 3000 V–220 V से शक्ति प्राप्त होती है। निम्न में से कौनसे कथन सही है/हैं? –

(A*) ऊष्मा के रूप में क्षय 640 kW है।

(B) ऊष्मा के रूप में क्षय 1240 kW है।

(C*) सयंत्र को 1240 kW आपूर्ति करनी चाहिए।

(D) सयंत्र को 640 kW आपूर्ति करनी चाहिए।

13. 11 kW of electric power can be transmitted to a distant station at (i) 220 V or (ii) 22000 V. Which of the following is correct

(i) 220 V या (ii) 22000 V पर 11 kW की विद्युत शक्ति दूरस्थ स्टेशन पर भेजी जाती है तो निम्न में से सही कथनों का चयन करो।

(A) first mode of transmission consumes less power संचरण का प्रथम तरीका कम शक्ति व्यय करेगा।

(B*) second mode of transmission consumes less power संचरण का द्वितीय तरीका कम शक्ति व्यय करेगा।

(C) first mode of transmission draws less current संचरण का प्रथम तरीका कम धारा प्रवाहित करेगा।

(D*) second mode of transmission draws less current संचरण का द्वितीय तरीका कम धारा प्रवाहित करेगा।

14. Power factor may be equal to 1 for :

निम्न में से किसका शक्ति गुणांक एकांक हो सकता है —

(A) pure inductor

(B) pure capacitor

(C*) pure resistor

(D*) An LCR circuit

(A) शुद्ध प्रेरक

(B) शुद्ध संधारित्र

(C*) शुद्ध प्रतिरोध

(D*) एक LCR परिपथ

Sol. $\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = 1$

Because क्योंकि $X_L = X_C$

- 15._** In a series R-C circuit the supply voltage (V_s) is kept constant at 2V and the frequency f of the sinusoidal voltage is varied from 500 Hz to 2000 Hz. The voltage across the resistance $R = 1000 \text{ ohm}$ is measured each time as V_R . For the determination of the C a student wants to draw a linear graph and try to get C from the slope. Then she may draw a graph of [Olympiad (Stage-1) 2017]

(A) f^2 against V_R^2 (B*) $\frac{1}{f^2}$ against $\frac{V_s^2}{V_R^2}$ (C*) $\frac{1}{f^2}$ against $\frac{1}{V_R^2}$ (D*) f against $\frac{V_R}{\sqrt{V_s^2 - V_R^2}}$

R-C श्रेणीक्रम परिपथ में विभव की आपूर्ति (V_s) को 2V पर नियम रखते हैं तथा ज्यावक्रीय विभव की आवृत्ति f को 500 Hz से 2000 Hz तक बदलते हैं। $R = 1000 \text{ ओम}$ प्रतिरोध से पारित विभव प्रत्येक समय V_R नापा जाता है। C के निर्धारण के लिए एक विद्यार्थी एक रेखीय वक्र खींचना चाहती है तथा ढाल से C को प्राप्त करने की कोशिश करती है तब वह निम्न के बीच वक्र खींच सकती है।

(A) f^2 तथा V_R^2 (B*) $\frac{1}{f^2}$ तथा $\frac{V_s^2}{V_R^2}$ (C*) $\frac{1}{f^2}$ तथा $\frac{1}{V_R^2}$ (D*) f तथा $\frac{V_R}{\sqrt{V_s^2 - V_R^2}}$

Ans. (BCD)

Sol. $V_R = \frac{VR}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fc}\right)^2}}$

$$R^2 + \left(\frac{1}{2\pi fc}\right)^2 = \frac{V^2}{V_R^2} R^2$$

$$\left(\frac{1}{2\pi fc}\right) = \sqrt{\frac{V^2 - V_R^2}{V_R^2}} R$$

$$2\pi fc (R) = \frac{V_R}{\sqrt{V^2 - V_R^2}}$$

Graph between f & $\frac{V_R}{\sqrt{V^2 - V_R^2}}$ is a straight line.

$\frac{1}{f^2}$ vs $\frac{1}{V_R^2}$ is also straight line

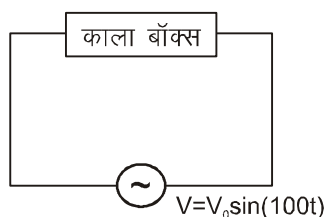
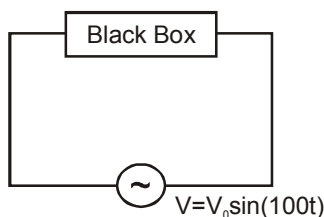
PART - IV : COMPREHENSION

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

Comprehension - 1

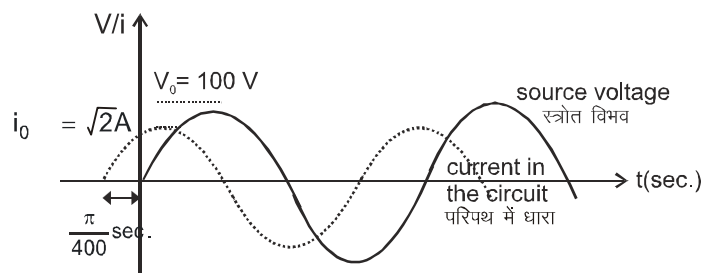
A voltage source $V = V_0 \sin(100t)$ is connected to a black box in which there can be either one element out of L, C, R or any two of them connected in series.

$V = V_0 \sin(100t)$ का विभव स्रोत, एक काले बक्से (black box) से जुड़ा हुआ है। इस बक्से में L, C, R में से कोई एक अवयव हो सकता है या दो अवयव श्रेणी क्रम में हो सकते हैं।



At steady state, the variation of current in the circuit and the source voltage are plotted together with time, using an oscilloscope, as shown

स्थायी अवस्था में धारा तथा स्रोत के विभव का समय के साथ परिवर्तन दोलित्र की सहायता से प्रदर्शित है।



1. The element(s) present in black box is/are : काले बक्से में उपस्थित अवयव है/होगे :
- | | | | |
|------------|-------------|-------------|--------------|
| (A) only C | (B) L and C | (C) L and R | (D*) R and C |
| (A) केवल C | (B) L तथा C | (C) L तथा R | (D*) R तथा C |

Sol. As current is leading the source voltage, so circuit should be capacitive in nature and as phase difference is not $\frac{\pi}{2}$, it must contain resistor also.

हल चूंकि धारा विभव स्रोत से काला में आगे हैं इसलिये परिपथ की प्रकृति धारतीय नहीं होगी तथा कलान्तर $\frac{\pi}{2}$ नहीं है। अतः इसमें कुछ प्रतिरोध उपस्थित है।

2. Values of the parameters of the elements, present in the black box are -

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| (A*) $R = 50\Omega$, $C = 200 \mu f$ | (B) $R = 50\Omega$, $L = 2m\mu$ |
| (C) $R = 400\Omega$, $C = 50 \mu f$ | (D) None of these |

काले बॉक्स में उपस्थित अवयव के प्रांचालों के मान होंगे -

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| (A*) $R = 50\Omega$, $C = 200 \mu f$ | (B) $R = 50\Omega$, $L = 2m\mu$ |
| (C) $R = 400\Omega$, $C = 50 \mu f$ | (D) इनमें से कोई नहीं |

Sol. Time delay विलम्ब समय $= \frac{\phi}{\omega} = \frac{\pi}{400}$

$$\Rightarrow \phi = \frac{\pi}{4}$$

$$\tan^{-1} \left(\frac{1}{R\omega C} \right) = \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\omega C} = R$$

$$i_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\sqrt{2} = \frac{100}{\sqrt{R^2 + R^2}} \rightarrow R = 50 \Omega$$

and तथा $C = \frac{1}{50 \times 100} = 200 \mu F$

3. If AC source is removed, the circuit is shorted for some time so that capacitor is fully discharged and then a battery of constant EMF is connected across the black box, at $t = 0$. The current in the circuit will -

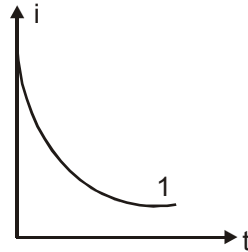
- (A) increase exponentially with time constant = 0.02 sec.
 (B*) decrease exponentially with time constant = 0.01 sec.
 (C) oscillate with angular frequency 20 rad/sec
 (D) first increase and then decrease

अब यदि AC स्रोत हटा दिया जाए तो परिपथ कुछ समय के लिए लघुपथित हो जाता है ताकि संधारित्र पूर्णतः निरावेशित हो जाए और तत्पश्चात एक नियत विद्युत वाहक बल की बैटरी काले बॉक्स (black box) से $t = 0$ समय पर जोड़ी जाती है। तो परिपथ में धारा -

- (A) चर घातांकीय रूप से समय नियतांक = 0.02 sec. के साथ बढ़ेगी।
 (B*) समय नियतांक = 0.01 sec. के साथ चर घातांकीय रूप से घटेगी।
 (C) कोणीय आवृत्ति 20 rad/sec से दोलन करेगी।
 (D) पहले बढ़ेगी तथा बाद में घटेगी।

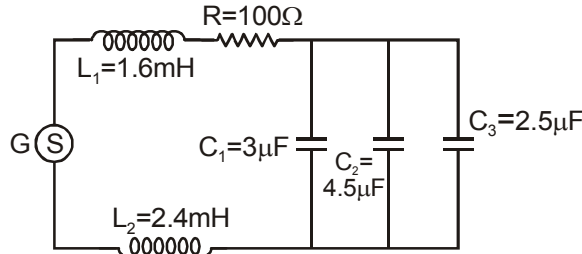
Sol. For DC circuit
 DC परिपथ के लिए

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}} \text{ and तथा } RC = 0.01 \text{ sec.}$$



Comprehension-2

An ac generator G with an adjustable frequency of oscillation is used in the circuit, as shown. समायोजित दोलित्र आवृत्ति वाले एक प्रत्यावृत्ती जनित्र G का प्रयोग प्रदर्शित परिपथ में किया जाता है।



4. Current drawn from the ac source will be maximum if its angular frequency is -
 प्रत्यावर्ती स्रोत से ली गई धारा अधिकतम होगी यदि इसकी कोणीय आवृत्ति है -

- (A) 10^5 rad/s (B) 10^4 rad/s (C*) 5000 rad/s (D) 500 rad/s

Sol. Current drawn is maximum at resonant angular frequency. $L_{eq} = 4 \text{ mH}$ $C_{eq} = 10 \mu\text{F}$
अधिकतम धारा अनुनादी आवृत्ति की स्थिति में मिलती है।

$$L_{eq} = 4 \text{ mH} \quad C_{eq} = 10 \mu\text{F}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 5000 \text{ rad/s}$$

5. To increase resonant frequency of the circuit, some of the changes in the circuit are carried out. Which change(s) would certainly result in the increase in resonant frequency ?
(A) R is increased.
(B) L_1 is increased and C_1 is decreased.
(C) L_2 is decreased and C_2 is increased.
(D*) C_3 is removed from the circuit.

परिपथ की अनुनादी आवृत्ति बढ़ाने के लिए परिपथ में कुछ परिवर्तन करने पड़ते हैं। कौनसे परिवर्तन/परिवर्तनों के परिणामस्वरूप अनुनादी आवृत्ति बढ़ जाएगी।

- (A) R बढ़ाने पर (B) L_1 बढ़ाने पर तथा C_1 घटाने पर
(C) C_2 बढ़ाने पर तथा L_2 घटाने पर (D*) परिपथ से C_3 हटाने पर

Sol. (D) C_{eq} decreases thereby increasing resonant frequency.

(D) C_{eq} घटने के कारण अनुनादी आवृत्ति बढ़ जाएगी

6. If the ac source G is of 100 V rating at resonant frequency of the circuit, then average power supplied by the source is -

यदि प्रत्यावृत्ति स्रोत G का अनुनादी आवृत्ति पर पाट्यांक 100 V हो तो स्रोत द्वारा दी गई औसत शक्ति होगी -

- (A) 50 W (B*) 100 W (C) 500 W (D) 1000 W

Sol. At resonance अनुनाद पर $i_{rms} = \frac{100}{100} = 1 \text{ A}$

Power supplied दी गई शक्ति = $V_{rms} I_{rms} \cos \phi$ ($\phi = 0$ at resonance अनुनाद पर $\phi = 0$ है।) $P = 100 \text{ W}$

7. Average energy stored by the inductor L_2 (Source is at resonance frequency) is equal to प्रेरकत्व L_2 द्वारा संचित औसत ऊर्जा है (स्रोत अनुनादी आवृत्ति पर है)

- (A) zero (B*) 1.2 mJ (C) 2.4 mJ (D) 4 mJ

Sol. Average energy stored संचित औसत ऊर्जा = $\frac{1}{2} L i_{rms}^2$

$$= \frac{1}{2} (2.4 \times 10^{-3} \text{ H}) \cdot (1 \text{ A})^2 = 1.2 \text{ mJ}$$

8. Thermal energy produced by the resistance R in time duration 1 μs , using the source at resonant condition, is

- (A) 0 J (B) 1 μJ
(C) 100 μJ (D*) not possible to calculate from the given information

1 μs , समयान्तराल में प्रतिरोध R द्वारा उत्पन्न उष्मीय ऊर्जा होगी, (स्रोत की अनुनादी स्थिति पर) -

- (A) 0 J (B) 1 μJ
(C) 100 μJ (D*) दी गई सूचना से गणना संभव नहीं है।

Sol. As 1 μs time duration is very less than time period T at resonance, thermal energy produced is not possible to calculate without information about start of the given time duration.

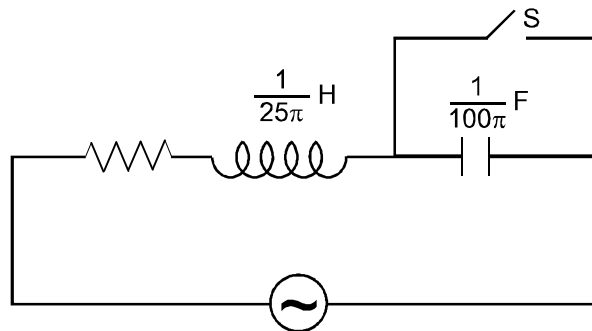
1 μs समयान्तराल, अनुनाद की स्थिति में आवर्त काल T से बहुत कम है, अतः इस समयान्तराल के प्रारम्भ होने की सूचना के अभाव में उत्पन्न उष्मीय ऊर्जा की गणना संभव नहीं है।

Comprehension-3

अनुच्छेद-3

In the LCR circuit shown in figure unknown resistance and alternating voltage source are connected. When switch 'S' is closed then there is a phase difference of $\frac{\pi}{4}$ between current and applied voltage and voltage across resistor is $\frac{100}{\sqrt{2}}$ V. When switch is open current and applied voltage are in same phase. Neglecting resistance of connecting wire answer the following questions :

चित्र में दर्शाए LCR परिपथ में अज्ञात प्रतिरोध तथा प्रत्यावर्ति वोल्टेज स्रोत जुड़े हुए हैं। जब कुंजी 'S' को बंद किया जाता है, तो धारा व आरोपित विभव में कलान्तर $\frac{\pi}{4}$ है, तथा प्रतिरोध पर विभवान्तर $\frac{100}{\sqrt{2}}$ V है। जब कुंजी खोली जाती है धारा तथा आरोपित विभव समान कला में है। सम्पर्क तारों का प्रतिरोध नगण्य मानते हुए निम्न प्रश्नों के उत्तर दीजिए



9. Peak voltage of applied voltage sources is :
आरोपित विभव स्रोत की शीर्ष वोल्टता है :

(A) $200\sqrt{2}$ V (B) 100 V (C*) $100\sqrt{2}$ V (D) $\frac{100}{\sqrt{2}}$ V

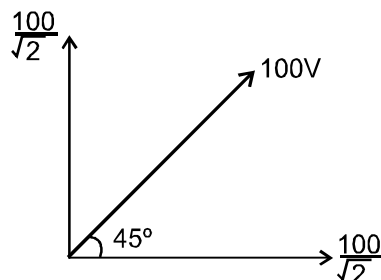
10. Resonance frequency of circuit is :
परिपथ की अनुनाद आवृत्ति है :

(A) 50 Hz (B*) 25 Hz
(C) 75 Hz (D) Data insufficient for calculation गणना के लिए आंकड़े अपर्याप्त है

11. Average power consumption in the circuit when 'S' is open :
जब 'S' खुली है, तब परिपथ में औसत शक्ति उपभोग है :

(A) 2500 W (B) 3000 W (C*) 5000 W (D) 1250 W

Sol. When switch is closed जब कुंजी बंद है



$$V_{rms} \text{ (applied)} = 100 \text{ volts}$$

$$V_{peak} \text{ (applied)} = 100\sqrt{2}$$

When switch is open जब कुंजी खुली है

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{25\pi} \times \frac{1}{100\pi}}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ Hz}$$

$$\text{Resistance प्रतिरोध } R = X_L = X_C = 2\pi fL = 2\Omega$$

$$\text{Average power consumption औसत शक्ति उपभोग} = \left(\frac{100}{2}\right)^2 \frac{1}{2} = \frac{10000}{2} = 5000 \text{ W.}$$

Exercise-3

Marked Questions can be used as Revision Questions.

चिह्नित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

* Marked Questions may have more than one correct option.

* चिह्नित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -

PART - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षों) के प्रश्न

1. An AC voltage source of variable angular frequency ω and fixed amplitude V connected in series with a capacitance C and an electric bulb of resistance R (inductance zero). When ω is increased :

[JEE 2010; 3/163, -1]

(A) the bulb glows dimmer

(B*) the bulb glows brighter

(C) total impedance of the circuit is unchanged

(D) total impedance of the circuit increases

एक C धारिता वाले संधारित्र तथा R प्रतिरोध वाले एक विद्युत बल्ब (जिसका प्रेरकत्व शून्य है) को एक परिवर्ती कोणीय आवृत्ति ω तथा स्थिर आयाम V_0 वाले AC वोल्टता स्रोत से श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है। ω का मान बढ़ाने पर :

[JEE 2010; 3/163, -1]

(A) बल्ब की दीप्ति मन्द हो जाती है

(B*) बल्ब की दीप्ति तीव्र हो जाती है

(C) परिपथ की कुल प्रतिबाधा नहीं बदलती है

(D) परिपथ की कुल प्रतिबाधा बढ़ जाती है

Sol.
$$i_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

when ω increases, i_{rms} increases so the bulb glows brighter

Sol.
$$i_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

जब ω बढ़ेगी, i_{rms} बढ़ेगी इसलिये बल्ब की दीप्ति तीव्र हो जाती है।

2. You are given many resistances, capacitors and inductors. These are connected to a variable DC voltage source (the first two circuits) or an AC voltage source of 50 Hz frequency (the next three circuits) in different ways as shown in **Column II**. When a current I (steady state for DC or rms for AC) flows through the circuit, the corresponding voltage V_1 and V_2 . (indicated in circuits) are related as shown in **Column I**. Match the two column.

[JEE 2010; 8/163]

आप को कई प्रतिरोध, संधारित्र एवं प्रेरकत्व दिये हैं। इनको एक परिवर्ती DC वोल्टता स्रोत (पहले दो परिपथ) या 50 Hz का AC वोल्टता स्रोत (बाद के तीन परिपथ) से अलग-अलग तरीके से **कॉलम II** में दिखाये गये चित्रों के अनुसार जोड़ा गया है। परिपथ में I धारा (स्थिर अवस्था DC के लिये या व.मा.मू. AC के लिये) प्रवाहित होने पर वोल्टता V_1 तथा V_2 (परिपथों में दर्शायी गई) का आपस में संबंध **कॉलम I** में दिखाया गया है। दोनों का मेल कीजिये।

[JEE 2010; 8/163]

Column I

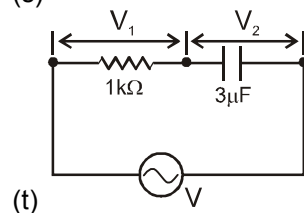
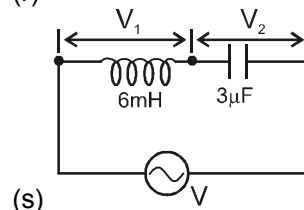
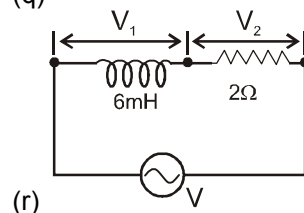
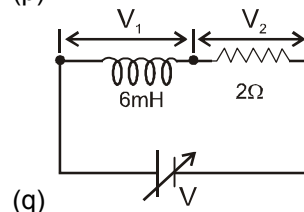
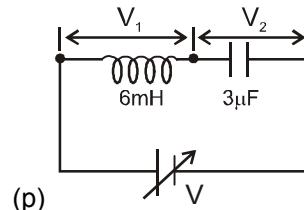
(A) $I \neq 0, V_1$ is proportional to I

(B) $I \neq 0, V_2 > V_1$

(C) $V_1 = 0, V_2 = V$

(D) $I \neq 0, V_2$ is proportional to I

Column II



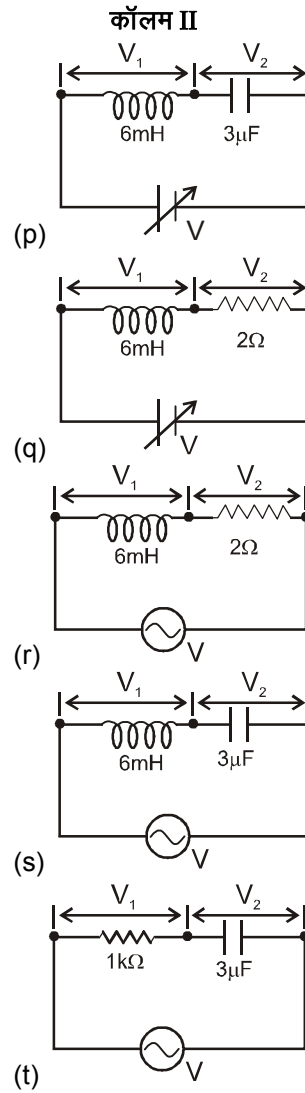
कॉलम I

(A) $I \neq 0, V_1$ सीधे I के समानुपाती है

(B) $I \neq 0, V_2 > V_1$

(C) $V_1 = 0, V_2 = V$

(D) $I \neq 0, V_2, I$ के समानुपाती है।



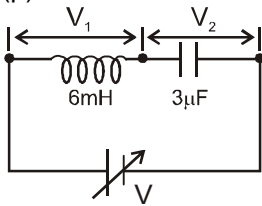
Ans. (A) – r,s,t ; (B) – q,r,s,t ; (C) – p,q ; (D) – q,r,s,t

As per given conditions, there will be no steady state in circuit 'p', so it should not be considered in options of 'c'.

दी गई स्थिति में 'p' में स्थाई अवस्था नहीं है। अतः यह विकल्प 'c' में नहीं आना चाहिए।

Sol.

(p)



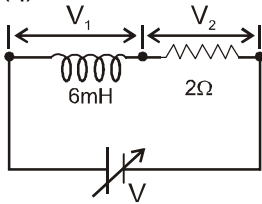
As I is steady state current

$$V_1 = 0 \quad ; \quad I = 0$$

Hence, $V_2 = V$

So, answer of P \Rightarrow C

(q)



In the steady state ;

$$V_1 = 0 \quad \text{as} \quad \frac{dI}{dt} = 0$$

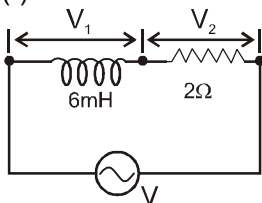
$$\therefore V_2 = V = IR$$

$$\text{or} \quad V_2 \propto I$$

$$\text{and} \quad V_2 > V_1$$

So, answer of q \Rightarrow B, C, D

(r)



Inductive reactance $X_L = \omega L$

$$X_L = 6\pi \times 10^{-1} \Omega$$

and resistance $= R = 2\Omega$

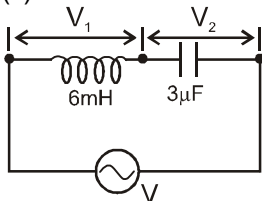
$$\text{So,} \quad V_1 = IX_L$$

$$\text{and} \quad V_2 = IR$$

$$\text{Hence,} \quad V_2 > V_1$$

So, Answer of r \Rightarrow A,B,D

(s)



Here, $V_1 = IX_L$, where,

$$X_L = 6\pi \times 10^{-1} \Omega$$

$$\text{Also,} \quad V_2 = IX_C, \text{ where, } X_C = \frac{10^4}{3\pi}$$

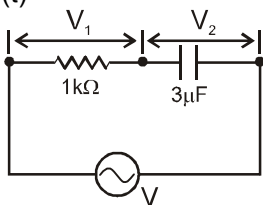
$$\text{So,} \quad V_2 > V_1$$

$$V_1 \propto I$$

$$V_2 \propto I$$

So, answer of s \Rightarrow A,B,D

(t)



Here, $V_1 = IR$, where, $R = 1000 \Omega$, $X_C = \frac{10^4}{3\pi} \Omega$

$V_2 = IX_C$, where, $X_C = \frac{10^4}{3\pi} \Omega$

So, $V_2 > V_1$

and $V_1 \propto I$

$V_2 \propto I$

So, answer of t \Rightarrow A, B, D

Ans. (A) – r, s, t ; (B) – q, r, s, t ; (C) – p, q ; (D) – q, r, s, t

Note : For circuit 'p' :

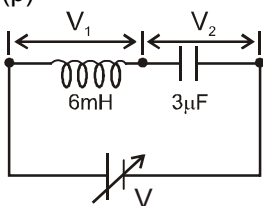
$$V - \frac{L di}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \quad \text{or} \quad CV = CL \frac{di}{dt} + q \quad \text{or} \quad 0 = LC \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \quad \text{or} \quad \frac{d^2 i}{dt^2} = -\frac{1}{LC} \frac{dq}{dt}$$

$$\text{So, } i = i_0 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} t + \phi_0\right)$$

As per given conditions, there will be no steady state in circuit 'p'. So it should not be considered in options

Sol.

(p)



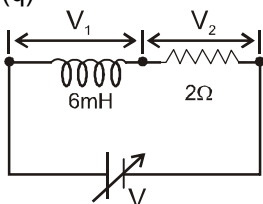
I स्थाई अवस्था धारा है

$$V_1 = 0 ; \quad I = 0$$

$$\text{अतः } V_2 = V$$

अतः P का सही उत्तर C है।

(q)



स्थायी अवस्था में

$$V_1 = 0 \quad \text{as} \quad \frac{dI}{dt} = 0$$

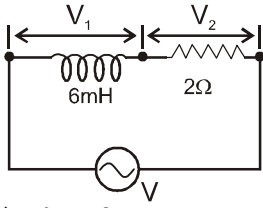
$$\therefore V_2 = V = IR$$

$$\text{या } V_2 \propto I$$

$$\text{तथा } V_2 > V_1$$

अतः q का उत्तर \Rightarrow B, C, D

(r)



प्रेरकीय प्रतिघात $X_L = \omega L$

$$X_L = 6\pi \times 10^{-1} \Omega$$

तथा प्रतिरोध $= R = 2\Omega$

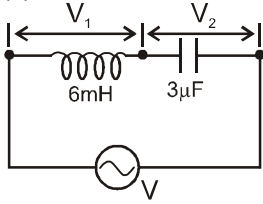
अतः $V_1 = IX_L$

तथा $V_2 = IR$

अतः, $V_2 > V_1$

अतः r का उत्तर $\Rightarrow A, B, D$ है।

(s)



अतः, $V_1 = IX_L$, जहाँ,

$$X_L = 6\pi \times 10^{-1} \Omega$$

अतः, $V_2 = IX_C$, जहाँ,

$$X_C = \frac{10^4}{3\pi}$$

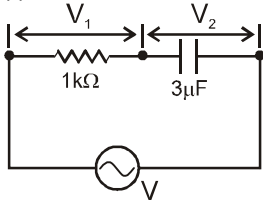
अतः, $V_2 > V_1$

$$V_1 \propto I$$

$$V_2 \propto I$$

अतः s का उत्तर $\Rightarrow A, B, D$

(t)



अतः, $V_1 = IR$, जहाँ, $R = 1000 \Omega$, $X_C = \frac{10^4}{3\pi} \Omega$

$V_2 = IX_C$, जहाँ, $X_C = \frac{10^4}{3\pi} \Omega$

अतः $V_2 > V_1$

तथा $V_1 \propto I$

$$V_2 \propto I$$

अतः t का उत्तर $\Rightarrow A, B, D$

Ans. (A) – r,s,t ; (B) – q,r,s,t ; (C) – p,q ; (D) – q,r,s,t

Note : परिपथ 'p' के लिए

$$V - \frac{L di}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \quad \text{या} \quad CV = CL \frac{di}{dt} + q \quad \text{या} \quad 0 = LC \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{dq}{dt} \quad \text{या} \quad \frac{d^2 i}{dt^2} = -\frac{1}{LC} \frac{dq}{dt}$$

अतः, $i = i_0 \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \phi_0\right)$

दी गई स्थिति में 'p' में स्थाई अवस्था नहीं है। अतः यह विकल्प 'c' में नहीं आना चाहिए।

Ans. (A) – r,s,t ; (B) – q,r,s,t ; (C) – q ; (D) – q,r,s,t

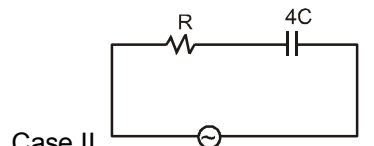
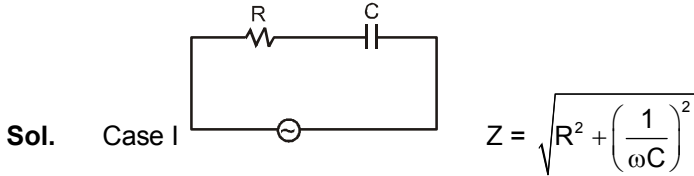
3. A series R-C circuit is connected to AC voltage source. Consider two cases; (A) when C is without a dielectric medium and (B) when C is filled with dielectric of constant 4. The current I_R through the resistor and voltage V_C across the capacitor are compared in the two cases. Which of the following is/are true?

एक सीरीज R-C परिपथ AC वोल्टेज स्रोत से जुड़ा है। दो स्थितियों पर विचार कीजिये: (A) जब C में परावैद्युत नहीं है और (B) जब C में 4 परावैद्युतांक का पदार्थ भरा है। प्रतिरोध R से प्रवाहित धारा I_R तथा संधारित्र C पर विभवांतर V_C की तुलना इन दो स्थितियों में की गई है। तब निम्न में से कौन सही है (हैं) ?

[JEE 2011; 4/160]

- (A) $I_R^A > I_R^B$ (B*) $I_R^A < I_R^B$ (C*) $V_C^A > V_C^B$ (D) $V_C^A < V_C^B$

A.C. Ans. (BC)

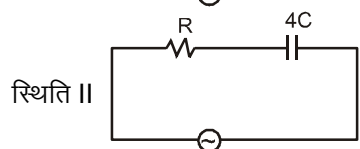
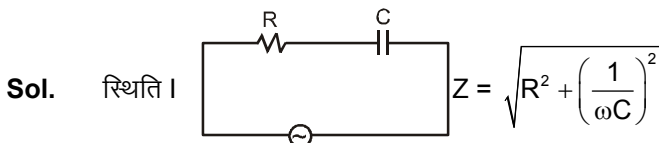


$$I_R^A = \frac{V}{Z} \quad Z' < Z$$

$$I_R^B = \frac{V}{Z'} \quad I_R^A < I_R^B$$

$$V_R^A < V_R^B$$

So. $V_C^A > V_C^B \quad \therefore V_R^2 + V_C^2 = V_0^2$



$$I_R^A = \frac{V}{Z} \quad Z' < Z$$

$$I_R^B = \frac{V}{Z'} \quad I_R^A < I_R^B$$

$$V_R^A < V_R^B$$

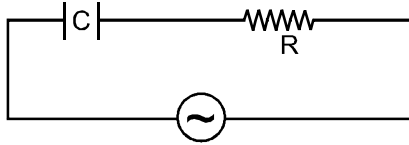
अतः $V_C^A > V_C^B \quad \therefore V_R^2 + V_C^2 = V_0^2$

4. A series R-C combination is connected to an AC voltage of angular frequency $\omega = 500$ radian/s. If the impedance of the R-C circuit is $R\sqrt{1.25}$, the time constant (in millisecond) of the circuit is
- श्रेणी-बद्ध R तथा C को $\omega = 500$ radian/s कोणीय आवृत्ति के AC स्रोत से जोड़ा गया है यदि R-C परिपथ की प्रतिबाधा $R\sqrt{1.25}$ हो तब उसका कालांक (time constant) (मिली सेंकण्ड में) होगा।

[JEE 2011; 4/160]

Ans. 4

Sol.



$$\omega = 500 \text{ rad/s}$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2} = R\sqrt{1.25}$$

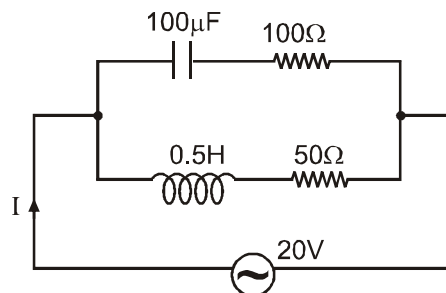
$$\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2 = R^2 (1.25) \quad \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2 = R^2 + \frac{R^2}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\omega C} = \frac{R}{2} \quad CR = \frac{2}{\omega} = \frac{2}{500} \text{ sec.}$$

$$= \frac{2}{500} \times 10^3 \text{ ms} = \frac{2 \times 1000}{500} \text{ ms} = 4 \text{ ms}$$

5. In the given circuit, the AC source has $\omega = 100$ rad/s. considering the inductor and capacitor to be ideal, the correct choice (s) is(are)
- दिये गये परिपथ में AC स्रोत की आवृत्ति $\omega = 100$ rad/s है। प्रेरकत्व तथा संधारित्र को आदर्श मानकर सही विकल्प (विकल्पों) का चुनाव करें।

[IIT-JEE-2012, Paper-2; 4/66]



(A*) The current through the circuit, I is approximately 0.3 A

(B) The current through the circuit, I is $0.3\sqrt{2}$ A.

(C*) The voltage across 100Ω resistor = $10\sqrt{2}$ V

(D) The voltage across 50Ω resistor = 10V

(A *) परिपथ में धारा लगभग $I = 0.3$ A है।

(B) परिपथ में धारा $I = 0.3\sqrt{2}$ A है।

(C *) 100Ω प्रतिरोध के सिरो पर विभव $10\sqrt{2}$ V है।

(D) 50Ω प्रतिरोध के सिरो पर विभव 10 V है।

Ans. (A,C or C)

$$\text{Since } I_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0.3 \text{ A so A may or may not be correct.}$$

क्योंकि $I_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0.3 \text{ A}$ है इसलिए A को सही भी माना जा सकता और गलत भी माना जा सकता है।

Sol. $C = 100 \mu\text{F}$, $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(100)(100 \times 10^{-6})}$

$X_C = 100 \Omega$, $X_L = \omega L = (100)(.5) = 50 \Omega$

$Z_1 = \sqrt{X_C^2 + 100^2} = 100\sqrt{2} \Omega$

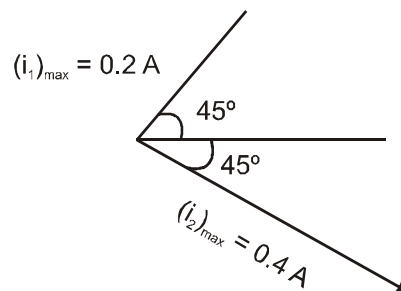
$Z_2 = \sqrt{X_L^2 + 50^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 50\sqrt{2}$

$\varepsilon = 20\sqrt{2} \sin \omega t$

$i_1 = \frac{20\sqrt{2}}{100\sqrt{2}} \sin (\omega t + \pi/4)$

$i_1 = \frac{1}{5} \sin (\omega t + \pi/4)$

$i_2 = \frac{20\sqrt{2}}{50\sqrt{2}} \sin (\omega t - \pi/4)$



$I = \sqrt{(.2)^2 + (.4)^2}$

$= (.2) \sqrt{1+4}$

$= \frac{1}{5} \sqrt{5} = \frac{1}{\sqrt{5}}$

$(I)_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}\sqrt{5}} = \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{10}}{10}$

$\approx 0.3 \text{ A}$

$(V_{100\Omega})_{\text{rms}} = (I_1)_{\text{rms}} \times 100 = \left(\frac{0.2}{\sqrt{2}}\right) \times 100 = \frac{20}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2} \text{ V}$

$(V_{50\Omega})_{\text{rms}} = \left(\frac{0.4}{\sqrt{2}}\right) \times 50 = \frac{20}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2} \text{ V}$

Since $I_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0.3 \text{ A}$ so A may or may not be correct.

क्योंकि $I_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0.3 \text{ A}$ है इसलिए A को सही भी माना जा सकता और गलत भी माना जा सकता है।

Paragraph for Questions 6 and 7

प्रश्न 6 और 7 के लिए अनुच्छेद

A thermal power plant produces electric power of 600 kW at 4000 V, which is to be transported to a place 20 km away from the power plant for consumers' usage. It can be transported either directly with a cable of large current carrying capacity or by using a combination of step-up and step-down transformers at the two ends. The drawback of the direct transmission is the large energy dissipation. In the method using transformers, the dissipation is much smaller. In this method, a step-up transformer is used at the plant side so that the current is reduced to a smaller value. At the consumers' end, a step-down transformer is used to supply power to the consumers at the specified lower voltage. It is reasonable to assume that the power cable is purely resistive and the transformers are ideal with a power factor unity. All the currents and voltages mentioned are rms values.

[JEE(Advanced)-2013; 3/60]

एक तापीय विद्युत संयंत्र 600 kW की शक्ति 4000 V पर उत्पादित करता है, जो 20 km की दूरी पर उपभोक्ताओं के उपयोग के लिए ले जायी जाती है। इसको या तो उच्च धारा वहन-क्षमता वाले केबिल से भेजा जा सकता है या दोनों सिरों पर उच्चायी व अपचायी ट्रांसफॉर्मर का प्रयोग करके किया जा सकता है। प्रत्यक्ष प्रेषण का दोष यह है कि इसमें ऊर्जा का क्षय बहुत अधिक होता है जबकि ट्रांसफॉर्मर के उपयोग के तरीके में क्षय बहुत कम होता है। इस तरीके में एक उच्चायी ट्रांसफॉर्मर संयंत्र की ओर लगाया जाता है जिससे धारा का मान कम हो जाए। उपभोक्ता के सिरे में अपचायी ट्रांसफॉर्मर का प्रयोग किया जाता है जिससे उपभोक्ताओं को एक विशेष कम वोल्ट पर विद्युत शक्ति दी जा सके। यह माना जा सकता है कि केबिल शुद्ध प्रतिरोधित है तथा ट्रांसफॉर्मर आदर्श हैं, व उनका शक्ति गुणांक एक है। उल्लिखित समस्त धाराओं व वोल्टताओं का माप rms है।

6. If the direct transmission method with a cable of resistance $0.4 \Omega \text{ km}^{-1}$ is used, the power dissipation (in %) during transmission is :

यदि ऐसे केबिल का उपयोग किया जाए जिसका प्रतिरोध $0.4 \Omega \text{ km}^{-1}$ है तब प्रत्यक्ष प्रेषण की स्थिति में शक्ति क्षय (% में) है :

- (A) 20 (B*) 30 (C) 40 (D) 50

Ans. (B)

Sol. $P = 600 \times 1000 = 4000 \times I \Rightarrow I = 150 \text{ A}$

Power loss शक्ति क्षय $= I^2 r = (150)^2 \times 0.4 \times 20 = 180 \text{ kW}$

Power loss percentage प्रतिशत में शक्ति क्षय $= \frac{\text{Power loss}}{\text{Power input}} \times 100 = \frac{180}{600} \times 100$

$\Rightarrow 30 \%$

7. In the method using the transformers, assume that the ratio of the number of turns in the primary to that in the secondary in the step-up transformer is 1 : 10. If the power to the consumers has to be supplied at 200V, the ratio of the number of turns in the primary to that in the secondary in the step-down transformer is :

ट्रांसफॉर्मर के प्रयोग करने वाली विधि में, यह मानें उच्चायी ट्रांसफॉर्मर के प्राथमिक व द्वितीयक में लपेटों की संख्या का अनुपात 1 : 10 है। यदि विद्युत शक्ति, उपभोक्ताओं को 200V पर दी जाती है तो अपचायी ट्रांसफॉर्मर में प्राथमिक व द्वितीयक के लपेटों की संख्या का अनुपात है :

- (A) 200 : 1 (B) 150 : 1 (C) 100 : 1 (D) 50 : 1

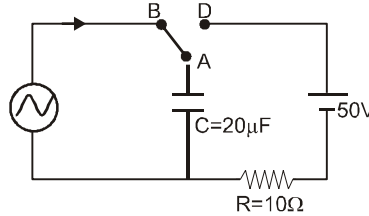
Ans. (A)

Sol. $\frac{N_p}{N_s} = \frac{40,000}{200} = \frac{200}{1}$

8. At time $t = 0$, terminal A in the circuit shown in the figure is connected to B by a key and alternating current

$I(t) = I_0 \cos(\omega t)$, with $I_0 = 1\text{A}$ and $\omega = 500\text{ rad s}^{-1}$ starts flowing in it with the initial direction shown in the figure. At $t = \frac{7\pi}{6\omega}$, the key is switched from B to D. Now onwards only A and D are connected. A total

charge Q flows from the battery to charge the capacitor fully. If $C = 20\mu\text{F}$, $R = 10\Omega$ and the battery is ideal with emf of 50V , identify the correct statement (s) [JEE (Advanced)-2014,P-1, 3/60]



(A) Magnitude of the maximum charge on the capacitor before $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ is $1 \times 10^{-3}\text{ C}$.

(B) The current in the left part of the circuit just before $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ is clockwise

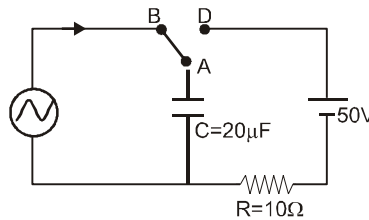
(C*) Immediately after A is connected to D, the current in R is 10A .

(D*) $Q = 2 \times 10^{-3}\text{ C}$.

चित्र में दर्शाए गये परिपथ में समय $t = 0$ पर बिन्दु A को स्विच द्वारा बिन्दु B से जोड़ा जाता है। इससे परिपथ में एक प्रत्यावर्ती धारा $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$ चित्र में दिखाई गई दिशा में प्रवाहित होने लगती है, जहाँ $I_0 = 1\text{A}$ तथा $\omega = 500\text{ rad s}^{-1}$ ।

समय $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ पर स्विच को बिन्दु B से हटाकर बिन्दु D से जोड़ा जाता है। इसके पश्चात् सिर्फ A तथा D जुड़े हुए हैं।

संधारित्र को पूरी तरह आवेशित करने के लिए बैटरी से कुल आवेश Q प्रवाहित होता है। यदि $C = 20\mu\text{F}$, $R = 10\Omega$ तथा बैटरी 50V विद्युत वाहक बल वाली आदर्श बैटरी हो तब सही विकल्प/विकल्पों को चुनिए।



(A) संधारित्र पर समय $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ से पहले अधिकतम आवेश का परिमाण $1 \times 10^{-3}\text{ C}$ है।

(B) बाँए परिपथ में समय $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ से ठीक पहले विद्युत धारा दक्षिणावर्ती (clockwise) है।

(C*) बिन्दु A को बिन्दु D से जोड़ने के तुरन्त पश्चात् प्रतिरोध R में विद्युत धारा का मान 10A है।

(D*) $Q = 2 \times 10^{-3}\text{ C}$.

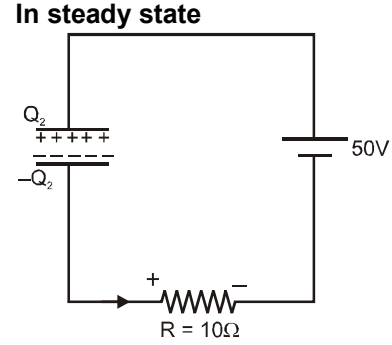
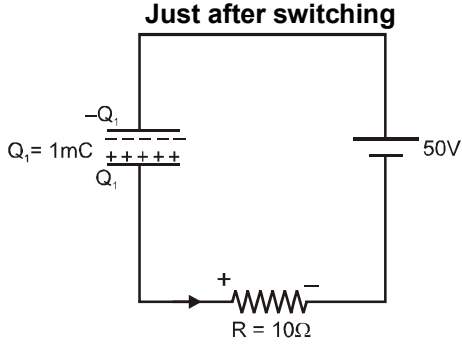
Ans. (C), (D)

Sol. Charge on capacitor will be maximum at $t = \frac{\pi}{2\omega}$

$$Q_{\max} = 2 \times 10^{-3} \text{ C}$$

(A) charge supplied by source from $t = 0$ to $t = \frac{7\pi}{6\omega}$

$$Q = \int_0^{\frac{7\pi}{6\omega}} \cos(500t) dt = \left[\frac{\sin 500t}{500} \right]_0^{\frac{7\pi}{6\omega}} = \frac{\sin \frac{7\pi}{6}}{500} = -1 \text{ mC}$$



Apply KVL just after switching

$$50 + \frac{Q_1}{C} - IR = 0 \Rightarrow I = 10 \text{ A}$$

In steady state $Q_2 = 1 \text{ mC}$

net charge flown from battery = 2 mC

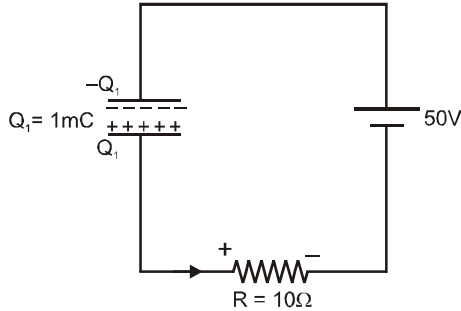
Hindi संघारित्र पर आवेश $t = \frac{\pi}{2\omega}$ पर अधिकतम होगा

$$Q_{\max} = 2 \times 10^{-3} \text{ C}$$

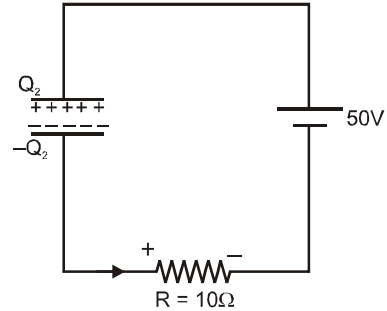
(A) $t = 0$ से $t = \frac{7\pi}{6\omega}$ तक स्रोत द्वारा सप्लाई आवेश

$$Q = \int_0^{\frac{7\pi}{6\omega}} \cos(500t) dt = \left[\frac{\sin 500t}{500} \right]_0^{\frac{7\pi}{6\omega}} = \frac{\sin \frac{7\pi}{6}}{500} = -1 \text{ mC}$$

कुंजी बंद करने के ठीक बाद



स्थायी अवस्था में



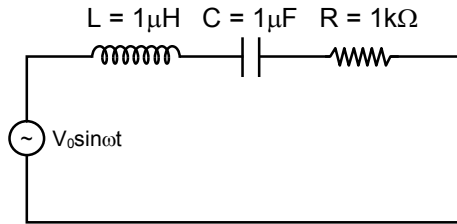
कुंजी बंद करने के ठीक बाद KVL लगाने पर $50 + \frac{Q_1}{C} - IR = 0 \Rightarrow I = 10 \text{ A}$

स्थायी अवस्था में $Q_2 = 1 \text{ mC}$

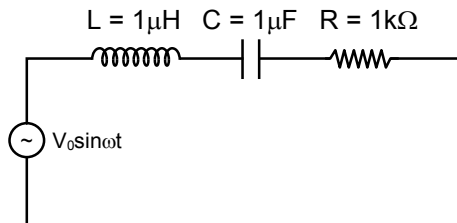
बैटरी से प्रवाहित कुल आवेश = 2 mC

9. In the circuit shown, $L = 1 \mu\text{H}$, $C = 1 \mu\text{F}$ and $R = 1 \text{ k}\Omega$. They are connected in series with an a.c. source $V = V_0 \sin \omega t$ as shown. Which of the following options is/are correct ?

[JEE (Advanced) 2017, P-1, 4/61, -2]



- (A) The current will be in phase with the voltage if $\omega = 10^4 \text{ rad.s}^{-1}$
 (B) At $\omega \gg 10^6 \text{ rad.s}^{-1}$, the circuit behaves like a capacitor
 (C*) The frequency at which the current will be in phase with the voltage is independent of R
 (D*) At $\omega \sim 0$ the current flowing through the circuit becomes nearly zero
 चित्र में दिखाये गए परिपथ $L = 1 \mu\text{H}$, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$ है। एक परिवर्ती वोल्टता ($V = V_0 \sin \omega t$) स्रोत से श्रेणी संबंध है। निम्न में कौन सा (से) कथन सही है/हैं ?



- (A) जब $\omega = 10^4 \text{ rad.s}^{-1}$ होगी तब विद्युत धारा (electric current) वोल्टता की समकला में होगी।
 (B) जब $\omega \gg 10^6 \text{ rad.s}^{-1}$, परिपथ संधारित्र (capacitor) की तरह व्यवहार करता है।
 (C*) जब विद्युत धारा वोल्टता की समकला में होगी तो वह आवर्ति R पर निर्भर नहीं करेगी।
 (D*) जब $\omega \sim 0$ होगी तब परिपथ में बहती धारा शून्य के निकट होगी।

Ans. (CD)

Sol. Current will be in phase with voltage at resonant frequency.

अनुनादी आवृत्ति पर धारा तथा वोल्टता समान कला में होंगे।

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^6 \text{ sec}^{-1}$$

If यदि $\omega > \omega_0$ Circuit behaves like inductive. परिपथ प्रेरकीय होगा।

If यदि $\omega \sim 0$ $Z \rightarrow \infty \Rightarrow I \rightarrow 0$

10. The instantaneous voltages at three terminals marked X, Y and Z are given by
तीन टर्मिनलों के बिन्दुओं X, Y एवं Z के लिए तात्क्षणिक वोल्टता (instantaneous voltage) दी गई है।

$$V_X = V_0 \sin \omega t,$$

$$V_Y = V_0 \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \text{ and } V_Z = V_0 \sin \left(\omega t + \frac{4\pi}{3} \right)$$

An ideal voltmeter is configured to read rms value of the potential difference between its terminals. It is connected between points X and Y and then between Y and Z. The reading (s) of the voltmeter will be

[JEE(Advanced) 2017 ; P-2, 4/61, -2]

एक आदर्श वोल्टमापी (ideal voltmeter) दो बिन्दुओं के विभवान्तर का आर एम एस (root mean square, V^{rms}) मान देता है। यह वोल्टमापी बिन्दु X एवं Y से जोड़ा जाता है फिर Y एवं Z से जोड़ा जाता है। इस वोल्टमापी का मापन होगा/होंगे।

$$(A^*) V_{XY}^{rms} = V_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$(B) V_{YZ}^{rms} = V_0 \sqrt{\frac{1}{2}}$$

(C*) independent of the choice of the two terminals (किसी भी दो बिन्दुओं के चयन पर निर्भर नहीं करता)

$$(D) V_{XY}^{rms} = V_0$$

Ans. (AC)

Sol. $V_{xy} = V_x - V_y = (V_{xy})_0 \sin (\omega t + \phi_1)$

$$(V_{xy})_0 = \sqrt{V_0^2 + V_0^2 - 2V_0^2 \cos \frac{2\pi}{3}} = \sqrt{3}V_0$$

$$(V_{xy})_{rms} = \frac{(V_{xy})_0}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}V_0$$

$$V_{yz} = V_y - V_z = (V_{yz})_0 \sin (\omega t + \phi_2)$$

$$(V_{yz})_0 = \sqrt{V_0^2 + V_0^2 - 2V_0^2 \cos \frac{2\pi}{3}} = \sqrt{3}V_0$$

$$(V_{yz})_{rms} = \frac{(V_{yz})_0}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}V_0$$

$$V_{xz} = V_x - V_z = (V_{xz})_0 \sin (\omega t + \phi_3)$$

$$(V_{xz})_0 = \sqrt{V_0^2 + V_0^2 - 2V_0^2 \cos \frac{4\pi}{3}} = \sqrt{3}V_0$$

$$(V_{xz})_{rms} = \frac{(V_{xz})_0}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}V_0$$

PART - II : JEE (MAIN) / AIEEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षों) के प्रश्न

1. A circuit has a resistance of 12 ohm and an impedance of 15 ohm. The power factor of the circuit will be :
किसी परिपथ का प्रतिरोध 12 ohm तथा प्रतिबाधा 15 ohm है। परिपथ का शक्ति गुणांक होगा –

[AIEEE 2005; 4/300]

- Sol. (1*) 0.8 (2) 0.4 (3) 1.25 (4) 0.125
Power factor

$$\begin{aligned} &= \cos \phi = \frac{R}{Z} \\ &= \frac{12}{15} = \frac{4}{5} \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

2. The phase difference between the alternating current and emf is $\pi/2$. Which of the following cannot be the constituent of the circuit?

प्रत्यावर्ती धारा तथा विद्युतवाहक बल के बीच कलान्तर $\pi/2$ है। निम्नलिखित में से कौन इस परिपथ का अवयव नहीं हो सकता है ?

[AIEEE 2005; 4/300]

- (1) C alone (2*) R, L (3) L, C (4) L alone
(1) केवल C (2*) R, L (3) L, C (4) केवल L

Sol. $\tan \phi = \frac{X}{R} = \infty = \frac{1}{0} \Rightarrow R = 0$

3. In a series LCR circuit $R = 200 \Omega$ and the voltage and the frequency of the main supply is 220 V and 50 Hz respectively. On taking out the capacitance from the circuit the current lags behind the voltage by 30° . On taking out the inductor from the circuit the current leads the voltage by 30° . The power dissipated in the LCR circuit is

एक श्रेणी LCR परिपथ में $R = 200 \Omega$ और मुख्य प्रदायी स्रोत की वोल्टता एवं आवृत्ति क्रमशः 220 V एवं 50 Hz है। परिपथ में से संधारित्र निकाल लेने पर धारा वोल्टता से 30° पश्च हो जाती है। परिपथ में से प्रेरक निकाल लेने पर धारा वोल्टता से 30° अग्र हो जाती है। LCR परिपथ में खपत शक्ति है

[AIEEE 2010; 4/144, -1]

- (1) 305 W (2) 210 W (3) zero शून्य W (4*) 242 W

Sol. $\tan 30^\circ = \frac{X_L}{R} \Rightarrow X_L = \frac{R}{\sqrt{3}} = \frac{200}{\sqrt{3}}$

$$\tan 30^\circ = \frac{X_C}{R} \Rightarrow X_C = \frac{200}{\sqrt{3}}$$

$$Z = \sqrt{R + (X_L - X_C)^2} = 200 \Omega$$

$$i_{rms} = \frac{220}{200} = 1.1$$

$$P = (i_{rms})^2 \times R = (1.1)^2 \times 200$$

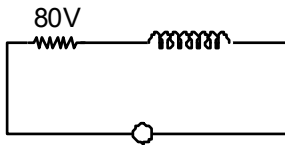
$$P = 242 W$$

4. An arc lamp requires a direct current of 10 A at 80 V to function. if it is connected to a 220 V(rms), 50 Hz AC supply, the series inductor needed for it to work is close to : [JEE (Main) 2016, 4/120, -1]

एक आर्क लैम्प को प्रकाशित करने के लिये 80 V पर 10 A की दिष्ट धारा (DC) की आवश्यकता होती है। उसी आर्क को 220 V(rms), 50 Hz प्रत्यावर्ती धारा (AC) से चलाने के लिये श्रेणी में लगने वाले प्रेरकत्व का मान है।

- Ans. (1) 0.08 H (2) 0.044 H (3) 0.065 H (4) 80 H
(3)

Sol. $R = \frac{80}{10} = 8\Omega$



$$V_L^2 + 80^2 = 220^2$$

$$V_L^2 = (220 + 80)(220 - 80)$$

$$= 300 \times 140 \Rightarrow V_L = 204.9$$

$$I_{rms} X_L = 204.9$$

$$\frac{220}{\sqrt{64 + x_L^2}} x_L = 2.5$$

5. For an RLC circuit driven with voltage of amplitude v_m and frequency $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ the current exhibits resonance. The quality factor, Q is given by : **[JEE (Main) 2018; 4/120, -1]**

v_m आयाम तथा $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ आवृत्ति के विभव द्वारा चलित एक RLC परिपथ अनुनादित होता है। गुणता कारक Q का मान होगा :

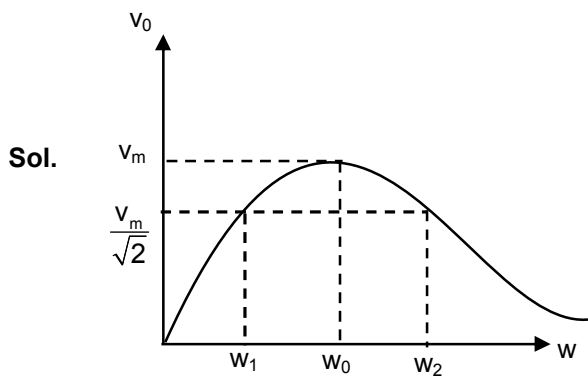
(1) $\frac{R}{(\omega_0 C)}$

(2) $\frac{CR}{\omega_0}$

(3*) $\frac{\omega_0 L}{R}$

(4) $\frac{\omega_0 R}{L}$

Ans. (3)



Band width बैंड चौड़ाई $\omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}$

Quality factor विशेषता गुणांक $Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{\omega_0 L}{R}$

6. In an a.c circuit, the instantaneous e.m.f and current are given by
 एक a.c परिपथ के विद्युत वाहक बल तथा धारा का तात्क्षणिक मान निम्नलिखित समीकरणों से दिया गया है।
 $e = 100 \sin 30t$

$$i = 20 \sin \left(30t - \frac{\pi}{4} \right)$$

In one cycle of a.c the average power consumed by the circuit and the wattless current are, respectively:

[JEE (Main) 2018; 4/120, -1]

a.c के एक पूर्ण चक्र में परिपथ द्वारा औसत शक्ति व्यय तथा वाटहीन धारा के मान, क्रमशः हैं :

(1) $\frac{50}{\sqrt{2}}, 0$

(2) 50, 0

(3) 50, 10

(4*) $\frac{1000}{\sqrt{2}}, 10$

Ans. (4)

Sol. $e = 100 \sin 30t$

$$i = 20 \sin \left(30t - \frac{\pi}{4} \right)$$

$$P_{av} = e_{rms} i_{rms} \cos \phi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1000}{\sqrt{2}} \text{ W}$$

$$\text{wattless current शक्तिहीन धारा} = \frac{I_0 \sin \phi}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 10 \text{ A}$$

High Level Problems (HLP)

SUBJECTIVE QUESTIONS

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. A current of 4 A flows in a coil when connected to a 12 V d.c. source. If the same coil is connected to a 12 V, 50 rad/s, AC source, a current of 2.4 A flows in the circuit. Determine the inductance of the coil. Also, find the power developed in the circuit if a 2500 μF condenser is connected in series with coil.

[REE - 1993]

जब किसी कुण्डली को 12 V के दिष्ट धारा स्रोत से जोड़ा जाता है तो उसमें 4 A की धारा प्रवाहित होती है। यदि इसी कुण्डली को 12 V, 50 rad/s, के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ते हैं तो 2.4 A की धारा प्रवाहित होती है तो कुण्डली का प्रेरकत्व ज्ञात करो? यदि कुण्डली के साथ 2500 μF का संधारित्र श्रेणीक्रम में जोड़ दिया जाये तो परिपथ में उत्पन्न शक्ति ज्ञात करो ?

[REE - 1993]

Ans. 0.08 H; 17.28 watt

Sol. given that दिया है—

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{4} = 3\Omega$$

$$Z = \frac{12}{2.4} = 5\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + (\omega L)^2$$

$$25 = 9 + (50 \times L)^2 \Rightarrow L = 0.08 \text{ H}$$

$$\text{Now for LCR circuit, } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{अब LCR परिपथ के लिए } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{3^2 + \left(50 \times 0.08 - \frac{1}{50 \times 2500 \times 10^{-6}}\right)^2} = 5\Omega.$$

$$\text{So Power उत्पन्न शक्ति} = \left(\frac{12}{Z}\right)^2 \times R = \left(\frac{12}{5}\right)^2 \times 3 = 17.28 \text{ watt.}$$

2. A box P and a coil Q are connected in series with an AC source of variable frequency. The EMF. of source is constant at 10 V. Box P contains a capacitance of 1 μF in series with a resistance of 32 Ω . Coil Q has a self inductance 4.9 mH and a resistance of 68 Ω . The frequency is adjusted so that the maximum current flows in P and Q. Find the impedance of P and Q at this frequency. Also find the voltage across P and Q respectively.

[REE - 98]

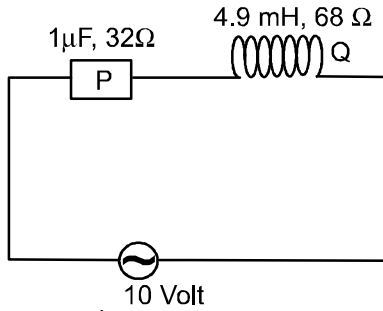
एक बॉक्स P तथा एक कुण्डली Q को श्रेणीक्रम में एक परिवर्ती आवृत्ति वाले प्रत्यावर्ती-धारा स्रोत से जोड़ा जाता है। स्रोत का विद्युतवाहक बल 10 V पर स्थिर रहता है। बक्से P में 1 μF का संधारित्र तथा 32 Ω का एक प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। कुण्डली Q का स्वप्रेरकत्व 4.9 mH तथा प्रतिरोध 68 Ω है। स्रोत की आवृत्ति इस प्रकार समायोजित की जाती है कि P तथा Q में महत्तम धारा प्रवाहित होती है। इस आवृत्ति पर कि P तथा Q की प्रतिबाधायें ज्ञात कीजिए। P तथा Q के सिरों पर विभव की भी गणना कीजिए।

[REE - 1998]

Ans. P=76.96 Ω , Q=97.59 Ω , P \approx 7.7 V; Q = 9.8 V, net impedance = 100 Ω

P=76.96 Ω , Q=97.59 Ω , P \approx 7.7 V; Q = 9.8 V, कुल प्रतिबाधा = 100 Ω

Sol.



Here यहाँ $L = 4.9 \text{ mH}$

$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$R = 68 + 32 = 100 \Omega$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{7} \times 10^5 \text{ rad/sec}$$

$$Z_P = \sqrt{(32)^2 + (1/\omega C)^2} = 76.96 \Omega$$

$$Z_Q = \sqrt{(68)^2 + (\omega L)^2} = 97.59 \Omega$$

$$\text{Total imedence कुल प्रतिबाधा, } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{100^2 + \left(\frac{10^5}{7} \times 4.9 \times 10^{-3} - \frac{7 \times 10^{-5}}{10^{-6}} \right)^2} = 100 \Omega$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{10}{100} \text{ A}$$

$$V_P = Z_P \times I_{\text{rms}} = 7.7 \text{ V}$$

$$V_Q = Z_Q \times I_{\text{rms}} = 9.8 \text{ V}$$

3._ In a series LCR circuit with an ac source of 50 V, $R = 300 \Omega$, frequency $\nu = \frac{50}{\pi} \text{ Hz}$. The average electric

field energy, stored in the capacitor and average magnetic energy stored in the coil are 25 mJ and 5 mJ respectively. The RMS current in the circuit is 0.10 A. Then find:

- Capacitance (c) of capacitor
- Inductance (L) of inductor.
- The sum of rms potential difference across the three elements.

LCR श्रेणीक्रम परिपथ में प्रत्यावर्ती स्रोत 50 V, $R = 300 \Omega$, आवृत्ति $\nu = \frac{50}{\pi} \text{ Hz}$ हर्ट्ज है। संधारित्र में संचित औसत

विद्युत ऊर्जा तथा कुण्डली में संचित औसत चुम्बकीय ऊर्जा क्रमशः 25 mJ तथा 5mJ है जब कि परिपथ में वर्गमाध्यमूल धारा 0.10 A है। तब ज्ञात करे –

- संधारित्र की धारिता (c)
- कुण्डली का प्रेरकत्व (L)
- तीनों तत्वों के सिरों पर वर्गमाध्य मूल विभवान्तर का योग।

Ans. (a) $C = 20 \mu\text{F}$ (b) 1 H (c) 90 V

Sol. Av. electric field energy औसत विद्युत ऊर्जा $= \left(\frac{1}{2} C V_{\text{rms}}^2 \right) = 25 \times 10^{-3} \text{ J}$

$$\therefore \frac{1}{2} \times C \cdot I_{\text{rms}}^2 \times \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C^2} = 25 \times 10^{-3} \text{ J} \quad \therefore C = 20 \mu\text{F}$$

$$\text{Av. magnetic energy औसत चुम्बकीय ऊर्जा} \left(\frac{1}{2} L I_{\text{rms}}^2 \right) = 5 \times 10^{-3}$$

$$\therefore L = \frac{2 \times 5 \times 10^{-3}}{(0.10)^2} \Rightarrow L = 1 \text{ henry हेनरी}$$

$$\begin{aligned} V_R &= I_{\text{rms}} \cdot R & V_C &= I_{\text{rms}} X_C & V_L &= I_{\text{rms}} \times \omega L \\ &= 0.10 \times 300 & &= (0.10) \times \frac{1}{2\pi \left(\frac{50}{\pi}\right) \times 20 \times 10^{-6}} & &= 0.10 \times 2\pi \times \frac{50}{\pi} \quad (1) \\ &= V_R = 30 \text{ V} & V_C &= 50 \text{ V} & V_L &= 10 \text{ V} \end{aligned}$$

rms voltage of source स्रोत का वर्ग माध्य मूल $E_{\text{rms}} = 50 \text{ V}$ (given in the question) प्रश्न में दिया गया है।

4. An inductor $20 \times 10^{-3} \text{ Henry}$, a capacitor $100 \mu\text{F}$ and a resistor 50Ω are connected in series across a source of EMF $V = 10 \sin 314 t$. Find the energy dissipated in the circuit in 20 minutes. If resistance is removed from the circuit and the value of inductance is doubled, then find the variation of current with time (t in second) in the new circuit.

20×10^{-3} हेनरी प्रेरकत्व, $100 \mu\text{F}$ का संधारित्र तथा 50Ω का प्रतिरोध $V = 10 \sin 314 t$ वि.वा.बल स्रोत से श्रेणी क्रम में जुड़े हैं। परिपथ में 20 मिनट में होने वाली ऊर्जा हानि ज्ञात करो? यदि परिपथ से प्रतिरोध हटा दिया जाये तथा प्रेरकत्व का मान दुगुना कर दिया जाये तो नये परिपथ में धारा का समय (सैकण्ड) के साथ परिवर्तन ज्ञात करो?

[REE - 99]

Ans. 951.52 J; $0.52 \cos 314 t$

Solu. Given that दिया हुआ है

$$L = 20 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$C = 100 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$R = 50 \Omega$$

$$\omega = 314$$

$$V = 10 \sin 314 t$$

$$\Delta t = 20 \times 60 \text{ second}$$

$$(i) \Delta H = I_{\text{rms}}^2 R (\Delta t) = \left(\frac{V_0}{\sqrt{2} Z} \right)^2 R \times \Delta t$$

$$\text{here } z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} = \sqrt{(50)^2 + (6.28 - 31.8)^2} = 56.15 \Omega$$

$$(ii) I = I_0 \sin (314 t + \pi/2) \quad \text{where जहाँ} \quad I_0 = \frac{V_0}{\left(\omega(2L) - \frac{1}{\omega C} \right)}$$

5. The electric current in an AC circuit is given by $i = i_0 \sin \omega t$. What is the time taken by the current to change from its maximum value to the rms value?

प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में $i = i_0 \sin \omega t$ धारा प्रवाहित हो रही है। धारा को इसके अधिकतम मान से व.मा. मूल मान तक परिवर्तित होने में कितना समय लगेगा?

[REE - 99]

Ans. $T/8$ or $\frac{\pi}{4\omega}$

Solu. $I_1 = I_0 \sin \omega t_1$

$$I_0 = I_0 \sin \omega t_1$$

$$t_1 = \frac{\pi/2}{2\pi/T} = \frac{T}{4}$$

$$\& I_2 = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = I_0 \sin (\omega t_2)$$

$$t_2 = \frac{\pi/4}{2\pi/T} = \frac{T}{8}$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{T}{4} - \frac{T}{8} = \frac{T}{8} \text{ Ans}$$

6. A circuit containing a 0.1 H inductor and a 500 μ F capacitor in series is connected to a 230 volt, $100/\pi$ Hz supply. The resistance of the circuit is negligible. (a) Obtain the current amplitude and rms values. (b) Obtain the rms values of potential drops across each element. (c) What is the average power transferred to the inductor? (d) What is the average power transferred to the capacitor? (e) What is the total average power absorbed by the circuit? ['Average' implies average over one cycle.]

एक परिपथ में 0.1 H प्रेरकत्व तथा 500 μ F का संधारित्र श्रेणीक्रम में 230 volt, $100/\pi$ Hz के स्रोत से जुड़े हैं। परिपथ का प्रतिरोध नगण्य है। (a) धारा का शीर्ष मान तथा व.मा.मूल मान ज्ञात करो ? (b) प्रत्येक अवयव के सिरों पर विभवपात का वर्गमाध्य मूल मान ज्ञात करो ? (c) प्रेरकत्व को स्थानान्तरित औसत शक्ति ज्ञात करो ? (d) संधारित्र को स्थानान्तरित औसत शक्ति ज्ञात करो ? (e) परिपथ की कुल औसत शक्ति ज्ञात करो ? [यहाँ औसत मान, कुल एक चक्र के लिए ज्ञात करना है]

Ans. (a) $23\sqrt{2}$ A, 23 A (b) 460 volt, 230 volt (c) zero शून्य (d) zero शून्य (e) zero शून्य.

Sol. Given that (दिया गया है)

$$L = 0.1 \text{ H}$$

$$C = 500 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V_{\text{rms}} = 230 \text{ volt}, f = \frac{100}{\pi} \text{ Hz}$$

$$(a) I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = \frac{230}{Z}$$

$$\text{where जहाँ } Z = \frac{1}{\omega C} - \omega L = 2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C} = 20 - 10 = 10$$

$$\& I_0 = \sqrt{2} \times I_{\text{rms}} = 23\sqrt{2}$$

$$(b) V_L = I_{\text{rms}} (\omega L) \quad V_C = I_{\text{rms}} \left(\frac{1}{\omega C} \right)$$

$$(c) \langle P_L \rangle = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \phi \quad \text{here जहाँ } \phi = 90^\circ \quad \text{So } \langle P \rangle = 0$$

$$(d) \langle P_C \rangle = 0 \quad (e) \langle P_{\text{Net}} \rangle = 0$$

7. A series LCR circuit with $L = 0.125/\pi$ H, $C = 500/\pi$ nF, $R = 23 \Omega$ is connected to a 230 V variable frequency supply.

(a) What is the source frequency for which current amplitude is maximum? Obtain this maximum value. (b) What is the source frequency for which average power absorbed by the circuit is maximum? Obtain the value of this maximum power. (c) For what reactance of the circuit, the power transferred to the circuit is half the power at resonance? What is the current amplitude at this reactance? (d) If ω is the angular frequency at which the power consumed in the circuit is half the power at resonance, write an expression for ω (e) What is the Q-factor (Quality factor) of the given circuit?

श्रेणी LCR परिपथ 230 V परिवर्तित आवृत्ति वाले स्रोत से जुड़ा है, जहाँ $L = 0.125/\pi$ H, $C = 500/\pi$ nF, $R = 23\Omega$ है

(a) धारा आयाम के अधिकतम मान के लिए स्रोत की आवृत्ति क्या होगी ? इसका अधिकतम मान ज्ञात करो।

(b) स्रोत की किस आवृत्ति के लिए परिपथ द्वारा व्यय औसत शक्ति अधिकतम होगी ? अधिकतम शक्ति का मान ज्ञात करो।

(c) परिपथ के किस प्रतिघात के लिए परिपथ को स्थानान्तरित शक्ति अनुनाद पर प्राप्त शक्ति की आधी है ? इस प्रतिघात पर धारा आयाम क्या है ?

(d) यदि कोणीय आवृत्ति ω पर परिपथ में व्यय शक्ति अनुनाद पर शक्ति की आधी है तो इस ω के लिए व्यंजक ज्ञात करो ?

(e) दिए गए परिपथ का Q-गुणांक (विशेषता गुणांक) क्या है ?

Ans. (a) 2000 Hz, $10\sqrt{2}$ A (b) 2000 Hz, 2300 watt (c) 23Ω , 10 A.

$$(d) \frac{0.125}{\pi} \omega - \frac{1 \times 10^9}{\omega \frac{500}{\pi}} = \pm 23 \quad (e) 500/23$$

Sol. Given that (दिया गया है)

$$L = 0.125/\pi \quad C = \frac{500}{\pi} \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$R = 23 \quad V_{\text{rms}} = 230 \text{ volt}$$

$$(a) f_R = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{CL}} = 2000 \text{ Hz} \quad I_{\text{rms}} (\text{max}) = \frac{230}{R} = 10 \text{ Amp.}$$

(b) at Resonance अनुनाद पर $f_R = 2000$

$$P_{\max} = I_{\text{rms}}^2 R = (10)^2 \times 23 = 2300 \text{ watt}$$

$$(c) \frac{P_{\max}}{2} = I_{\text{rms}}^2 R \quad \frac{I_{\text{rms}}^2 R}{2} = I_{\text{rms}}^2 R = I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{rms}}}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{V_{\text{rms}}}{\sqrt{R^2 + x^2}} = \frac{I_{\text{rms}}}{\sqrt{2}} = \frac{230}{\sqrt{(23)^2 + x^2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} \quad x = 23 \Omega$$

$$I_0 = I_{\text{rms}} \times \sqrt{2} = 10 \text{ Amp.}$$

$$(d) \omega L - \frac{1}{\omega C} = + 23 \Omega \Rightarrow \omega = ?$$

$$(e) Q = \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2 \times \pi \times 2000 \times \frac{0.125}{\pi}}{23} = \frac{500}{23}$$

8. The maximum values of the alternating voltages and current are 400 V and 20 A respectively in a circuit connected to 50 Hz supply and these quantities are sinusoidal. The instantaneous values of the voltage and current are $200\sqrt{2}$ V and 10 A respectively. At that instant both are increasing positively. Determine the average power consumed in the circuit.

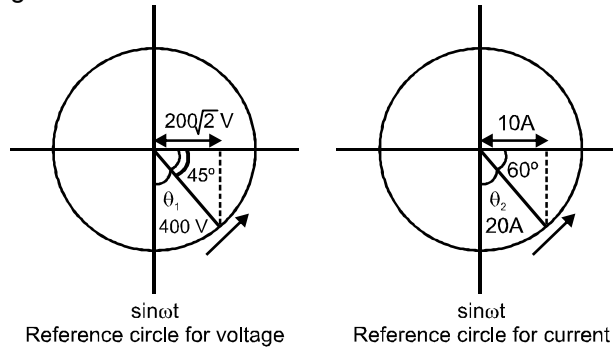
एक परिपथ जिसे 50Hz आवृत्ति स्रोत से जोड़ा गया है, में प्रत्यावर्ती वोल्टता तथा धारा का अधिकतम मान क्रमशः 400 V तथा 20 A है व ये ज्यावक्रीय रूप है। वोल्टता व धारा का तात्क्षणिक मान क्रमशः $200\sqrt{2}$ V तथा 10 A है। इस क्षण दोनों धनात्मक दिशा में वृद्धिमान है। परिपथ में व्ययित औसत शक्ति ज्ञात कीजिए।

Ans. $P = 3864 \text{ W}$

Sol.

$$\omega = 2\pi f = (100\pi) \text{ rad/s}$$

From the above two figures we can write :



$$V = 400 \sin(\omega t + \theta_1) = 400 \sin\left[100\pi t + \frac{\pi}{4}\right]$$

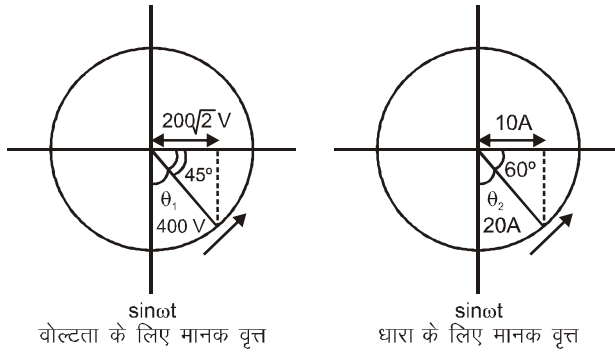
$$i = 20 \sin(\omega t + \theta_2) = 20 \sin\left[100\pi t + \frac{\pi}{6}\right]$$

Phase difference between V and i :

$$\phi = (\pi/4 - \pi/6) = \frac{\pi}{12} \quad \text{or } 15^\circ$$

$$P = V_{\text{rms}} i_{\text{rms}} \cos\phi = \left(\frac{400}{\sqrt{2}}\right) \left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right) \cos 15^\circ = 3864 \text{ W}$$

हल



$$\omega = 2\pi f = (100\omega) \text{ rad/s}$$

उपर्युक्त दो चित्रों से हम लिख सकते हैं :

$$V = 400 \sin(\omega t + \theta_1) = 400 \sin\left[100\pi t + \frac{\pi}{4}\right]$$

$$i = 20 \sin(\omega t + \theta_2) = 20 \sin\left[100\pi t + \frac{\pi}{6}\right]$$

V तथा i में कलान्तर :

$$\phi = (\pi/4 - \pi/6) = \frac{\pi}{12} \quad \text{or } 15^\circ$$

$$P = V_{\text{rms}} i_{\text{rms}} \cos\phi = \left(\frac{400}{\sqrt{2}}\right) \left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right) \cos 15^\circ = 3864 \text{ W}$$

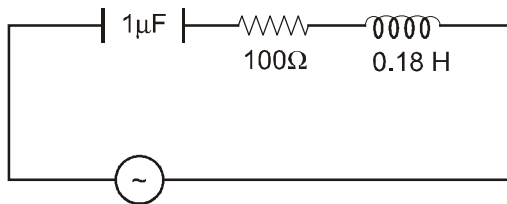
9. A 750 Hz, 20 V source is connected to a resistance of 100Ω , a capacitance of $1.0 \mu\text{F}$ and an inductance of 0.18 H in series. Calculate the following quantities : **(Olympaid 2013-14)**

- Impedence of the circuit
- Draw an impedance diagram with suitable scale
- Power factor
- The time in which the resistance will get heated by 10°C , provided that the thermal capacity of resistance = $2 \text{ J/}^\circ\text{C}$

750 Hz आवृत्ति, 20 V स्रोत के साथ 100Ω प्रतिरोध, $1.0 \mu\text{F}$ संधारित्र तथा 0.18 H का प्रेरकत्व श्रेणी क्रम में जुड़े हुए हैं। निम्न राशियों का मान ज्ञात करो। **(Olympaid 2013-14)**

- परिपथ की प्रतिबाधा
- उपयुक्त पैमाने के साथ प्रतिबाधा आरेख प्रदर्शित करो
- शक्ति गुणांक
- वह समय ज्ञात करो जिसमें प्रतिरोध 10°C गर्म हो जाता है, दिया गया है कि प्रतिरोध की ऊष्मिय धारिता = $2 \text{ J/}^\circ\text{C}$ है

Sol.



750 Hz

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

$$\omega = 2\pi f = 2(750)\pi = 1500\pi$$

$$X_L = \omega L = (1500\pi)(0.18) = 848.5 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{10^6}{1500\pi} = 212.12 \Omega$$

$$z = \sqrt{(636.4)^2 + (100)^2} = 100 \sqrt{(6.364)^2 + 12} = 100 \times 6.44 \cong 644 \Omega$$

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{848.5 - 212.12}{100} = 6.36$$

$$(C) \cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{100}{644} = 0.155$$

(B) impedance is constant as n is constant प्रतिबाधा नियत है क्योंकि आवृत्ति n नियत है

$$(D) i_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z} = \frac{20}{644} A$$

$$H = (i_{rms})^2 R t = \left(\frac{20}{644} \right)^2 (100) t$$

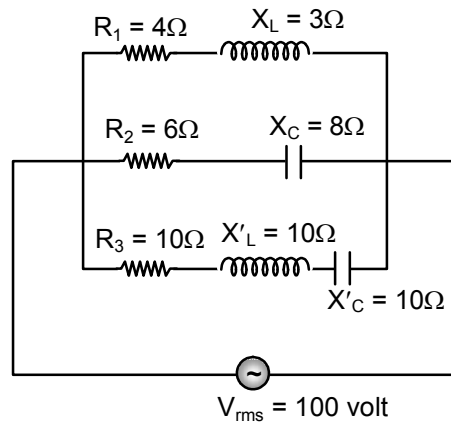
$$(ms) (\Delta \theta) = \left(\frac{20}{644} \right)^2 (100) t$$

$$(2) (10) = \left(\frac{20}{644} \right)^2 (100) t$$

$$t = \left(\frac{644}{20} \right)^2 \times \frac{1}{100} \times 20$$

$$t = 207.36 \text{ sec.}$$

10. In the given circuit दिये गये परिपथ में



Calculate ज्ञात कीजिये।

- Current in each branch. प्रत्येक शाखा में विद्युत धारा
- Power generated in each resistance प्रत्येक प्रतिरोध में उत्पन्न शक्ति।
- Total power generated in the circuit. परिपथ में उत्पन्न कुल शक्ति।
- Net current drawn from source. स्रोत से प्रवाहित कुल धारा।
- Net impedance of the circuit. परिपथ की कुल प्रतिबाधा

Sol. Impedance of each branch प्रत्येक शाखा की प्रतिबाधा

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

$$Z_2 = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$$

$$Z_3 = \sqrt{(10)^2 + (10 - 10)^2} = 10$$

- Current in each branch प्रत्येक शाखा में धारा

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{100}{5} = 20 \text{ Amp.}$$

$$I_2 = \frac{100}{10} = 10 \text{ Amp.}$$

$$I_3 = \frac{100}{10} = 10 \text{ Amp.}$$

- (b) Power in each branch. प्रत्येक शाखा में शक्ति

$$P_1 = (I_1)^2 R_1 = (20)^2 (4) = 1600 \text{ watt}$$

$$P_2 = (I_2)^2 R_2 = (10)^2 (6) = 600 \text{ watt}$$

$$P_3 = (I_3)^2 R_3 = (10)^2 (10) = 1000 \text{ watt}$$

- (c) Net power of the circuit. परिपथ की कुल शक्ति

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 3200 \text{ watt}$$

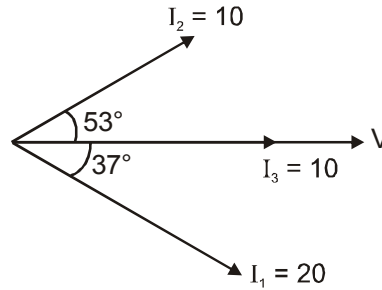
phase difference between voltage & current in each branch.

प्रत्येक शाखा में धारा एवं विभवान्तर के मध्य कलान्तर

$$\tan \phi_1 = \frac{X_L}{R_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi_1 = 37^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{X_C}{R_2} = \frac{8}{6} \Rightarrow \phi_2 = 53^\circ$$

$$\tan \phi_3 = 0 \Rightarrow \phi_3 = 0$$



- (d) Net current drawn from source. स्रोत से प्रवाहित धारा

$$\sqrt{(I_1 \cos 37^\circ + I_2 \cos 53^\circ + I_3)^2 + (I_1 \sin 37^\circ - I_2 \sin 53^\circ)^2} = \sqrt{1040}$$

- (e) Net impedance of the circuit. परिपथ की प्रभावी प्रतिबाधा $Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{\sqrt{1040}}$

11. A metallic coil of N turns of radius a , resistance R , and inductance L is held fixed with its axis along a spatial uniform magnetic field \vec{B} whose magnitude is given by $B_0 \sin(\omega t)$.

त्रिज्या a तथा N फेरों वाली जड़वत् धात्विक कुण्डली (coil) का प्रतिरोध R तथा प्रेरकत्व L को सम-स्थानिक चुम्बकीय क्षेत्र \vec{B} जिसका परिमाण $B_0 \sin(\omega t)$ है, में इस तरह रखा है ताकि कुण्डली का अक्ष चुम्बकीय क्षेत्र के अनुदिश है।

- (a) Write the emf equation for the current i in the coil.

- (b) Assuming that in the steady state i oscillates with the same frequency ω as the magnetic field, obtain the expression for i .

- (c) Obtain the force per unit length. Further obtain its oscillatory part and the time-averaged compressional part.

- (d) Calculate the time-averaged compressional force per unit length given that $B_0 = 1.00$ tesla, $N = 10$, $a = 10.0$ cm, $\omega = 1000.0$ rad-s⁻¹, $R = 10.0 \Omega$, $L = 100.0$ mH.

- (a) धारा i के लिए emf की समीकरण लिखिए।

- (b) स्थाई अवस्था में i , चुम्बकीय क्षेत्र की आवृत्ति ω से ही दोलित मानते हुए, i के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

- (c) प्रति इकाई लम्बाई के लिए बल प्राप्त करें। इसका दोलित मान तथा सम्पीड़न भाग का समय-औसत मान ज्ञात करें।

- (d) प्रति इकाई लम्बाई सम्पीड़न बल का समय औसत मान गणना करें। दिया गया है $B_0 = 1.00$ टेसला, $N = 10$, $a = 10.0$ cm, $\omega = 1000.0$ rad-s⁻¹, $R = 10.0 \Omega$, $L = 100.0$ mH

Sol. (a) $i R + L \frac{di}{dt} = -N\pi a^2 B_0 \omega \cos \omega t$

(b) $i = \frac{N\pi a^2 B_0 \omega (R \cos \omega t + \omega L \sin \omega t)}{R^2 + \omega^2 L^2}$

(c) $\frac{dF}{d\ell} = -\frac{NB_0^2 \pi a^2 \omega}{R^2 + \omega^2 L^2} (R \sin \omega t \cos \omega t + \omega L \sin^2 \omega t)$

$= \frac{dF}{d\ell} \Big|_{av} = -\frac{NB_0^2 \pi a^2 \omega^2 L}{2(R^2 + \omega^2 L^2)}$

$= \frac{dF}{d\ell} \Big|_{osc} = -\frac{NB_0^2 \pi a^2 \omega}{2(R^2 + \omega^2 L^2)} (R \sin 2\omega t - \omega L \cos 2\omega t)$

(d) $\frac{dF}{d\ell} \Big|_{av} = 1.55 \text{ N.m}^{-1}$