Date ____
Page ____

Resonance

Resonance (अनुनाद) :- यदि किसी system में chars variable frequency का energy source, different type के energy store करने वाले elements (Inductor capacitor) के combination को supply दे रहा हो, तब Resonance उत्पन्न हो सकती है।

इस condition में एक प्रकार का energy element (उदा० Inductor), energy को store कर रहा होता है तब दूसरे प्रकार का element (उदा०-capacitor) energy को release (उत्सर्जित) करता है, यह प्रक्रिया बार-बार होते रहती है।

Ideal Condition में दोनो प्रकार के element को external energy (बाह्य ऊर्जा) की आवश्यकता नहीं होती है।

"जब किसी AC circuit में elements के inductive reactance $[X_L]$ और Capacitive Reactance $[X_C]$ बराबर हो जाते हैं और एक दूसरे को परस्पर Cancel out करते हैं, तब Resonance Condition उत्पन्न होती है।"

$$X_L = X_C$$

Where X_L = inductive Reactance
X_C = Capacitive Reactance

Impedence at Resonance :- Resonance के condition में X_L और X_C का value equal होने के कारण circuit में net reactance zero (शून्य) हो जाता है, अतः Impedence का value Resistance के equal हो जाता है।

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

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

$$Z = \sqrt{R^2 + 0} \Rightarrow \boxed{Z = R}$$

∴ Resonance condition में circuit resistive circuit की तरह behave करता है।

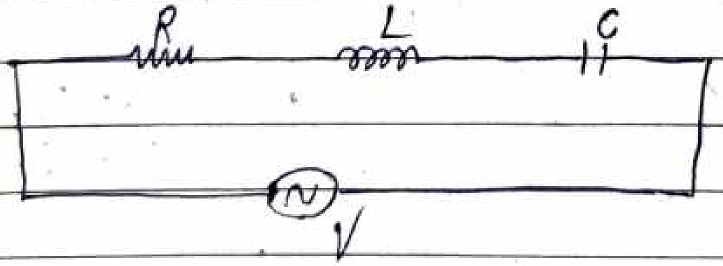
Power at resonance :- Resonance condition में net reactance शून्य (zero) होने के कारण reactive Power की value zero होती है और total Power अर्थात Apparent Power को, Active Power में convert हो जाता है।

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$= \sqrt{P^2 + 0}$$
$$S = P \quad \text{VA or watt}$$

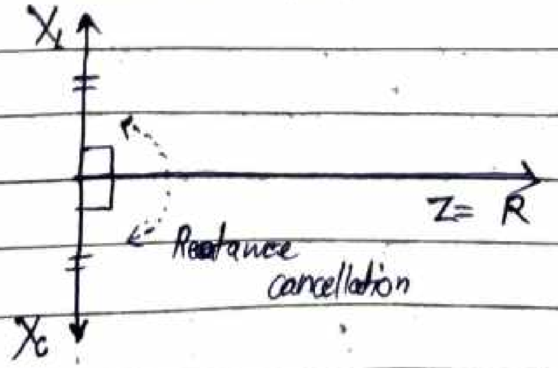
{ P = Active Power
Q = Reactive Power

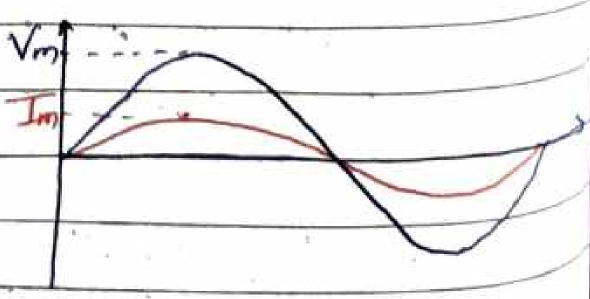
Circuit diagram & wave form / Graphs :-

Assuming R Ω resistor, Inductor of L Henery & a capacitor of C farad is connected in series with an Alternating v/g source of V volt.



at resonance $X_L = X_C$





Phase angle $(\phi) = 0°$

Date ______
Page ______

Importance of Resonance :-

frequency के साथ RLC Circuit, चाहे वह series ckt हो या parallel Ckt, Reactance और Impedence के साथ Circuit current का मान continuous Change होते रहता है।

Resonance के condition में Circuit Current का value series resonance में maximum और parallel resonance में minimum होता है। Resonace Circuit बहुत ही useful एवं Important होते हैं :-

इसका उपयोग tuned Circuit के रूप में किया जाता है।

Amplifier तथा Oscillator में stable frequency generate करने के लिए इसका उपयोग किया जाता है।

Radio, television तथा transistors में भी Resonace ckt का उपयोग होता है।

Electrical Engineering में Resonance का use transmission line में Carrier Current को protect करने के लिए भी होता है।

Medical equipment जैसे - MRI machine में भी Resonance ckt का उपयोग होता है।

Resonance frequency :-

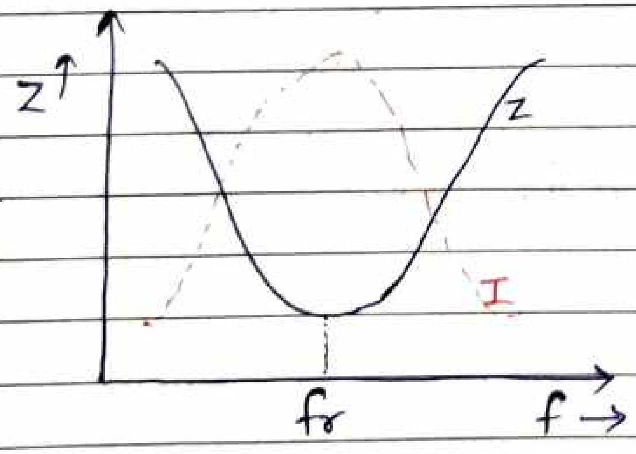
किसी AC Circuit में frequency का वह value, जिस resonance की condition उत्पन्न होती है, उसे Resonance frequency कहते हैं। अर्थात वह frequency जिस पर X_L तथा X_C का मान equal होता हो। इसे f_r से represent करते हैं।

at resonance → $X_L = X_C$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$f_r \cdot f_r = \frac{1}{2\pi \cdot 2\pi \cdot f \cdot L}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Resonance frequency पर Impedence का मान Minimum तथा current का मान maximum होता है।

frequency का मान resonance frequency से कम या ज्यादा करने पर Impedence बढ़ता है तथा Current का मान घटने लगता है।

Current at resonance condition :-

जब किसी series AC सर्किट में resonance की condition आती है अर्थात् $X_L = X_C$ होता है तब Z की effective value R के बराबर हो जाती है और Reactance zero हो जाता है, जिससे Z की value कम हो जाती है।

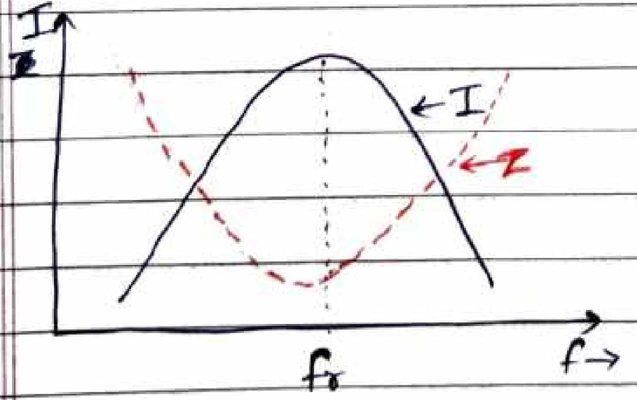
acc. to ohm's Law ⇒ $I = \frac{V}{Z}$

~~at resono~~ $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

at resonance ⇒ $X_L = X_C$

$\therefore I = \frac{V}{R}$

at resonance Z = min & I = max



Date ______
Page ______

Effect on ~~Current~~ Power factor in Series Resonance Circuit :-

किसी circuit में power factor को, दो प्रकार से define किया जा सकता है :-

(a) "Cosine angle between the phase voltage and phase current." [$\cos\phi$]

Resonance Circuit में phase V/g और current के बीच $0°$ का phase difference होता है अतः $\cos 0° = 1$

i.e. Unity power factor

(b) "Power factor is also defined as the ratio of Real power flowing to the load, to the apparent power in the circuit.

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

Resonance Circuit में Apparent power, Active power के equal हो जाता है, क्योंकि Reactive Component zero होने की वजह से Reactive Power zero होता है।

$\therefore S = P$

$$\cos\phi = \frac{P}{P} = \boxed{\cos\phi = 1}$$

or in resonance $Z = R$

$$\therefore \cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$\cos\phi = \frac{R}{R} \rightarrow \boxed{\cos\phi = 1}$$

अतः हम कह सकते हैं कि Resonance के Cond^{n} में ~~का~~ Power factor unity होता है और Circuit pure Resistive ckt की तरह behave करता है।

Date______
Page______

Quality factor (Q factor) :- Q-factor किसी circuit में लगे inductor या capacitor की Quality को indicate करता है। Q-factor के माध्यम से energy storing element की दक्षता (efficiency) को ज्ञात की किया जाता है।

यदि किसी circuit में inductance या capacitance का value ज्यादा हो तो उस circuit का power factor Low तथा Quality factor high होता है। अर्थात् inductor या capacitor अधिक energy store करता है और बहुत कम energy dissipate करता है।

अतः Q-factor, power factor का reciprocal होता है।

$$\text{Q-factor} = 2\pi \times \frac{\text{Energy stored Per Cycle}}{\text{Energy dissipated Per Cycle}}$$

Q-factor of Series Resonance Circuit

$$\text{Q-factor} = \frac{V_L}{V} = \frac{V_C}{V}$$

V_L = Vtg across inductor
V_C = Vtg across capacitor
V = Applied vtg

Series Resonance ckt में, Q factor, Inductor के across voltage तथा applied vtg का ratio या capacitor के across vtg तथा applied vtg का ratio (अनुपात) होता है।

Date ______
Page ______

$$Q \text{ factor} = \frac{V_L}{V}$$

$$= \frac{I \cdot \omega_r L}{I \cdot R} \qquad \left[\because \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right]$$

$$= \frac{1}{\sqrt{LC}} \times \frac{L}{R}$$

$$\boxed{Q \text{ factor} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Quality factor coil की quality को indicate करता है

Parallel Resonace Circuit का Q-factor, Series resonance के मान का reciprocal (व्युत्क्रम) होता है।

$$Q\text{-factor (at parallel Resonance)} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Date ______
Page ______

Selectivity :- ~~किसी~~ resonance circuit द्वारा किसी specific frequency range या narrow band के लिए ~~कि~~ respond और other frequency के rejection की क्षमता को selectivity कहते हैं।

Resonance frequency और Current के मध्य relation show करने वाला curve resonance ~~a~~ Curve कहलाता है।
यदि resonance circuit का ~~resonan~~ resistance Low होता है तो Curve sharp & peaked बनता है, तब Q factor ~~और~~ selectivity high होता है।
~~जब~~ Resonance ckt का resistance high होता है, तो Curve flat बनता है, तब Q-factor और selectivity Low होता है।

Importance of Selectivity in resonance circuit -

i) filtering :- Selectivity किसी ckt को filter के रूप में work करने के लिए allow करता है। जो ~~aaa~~ only desired frequency को accept करके unwanted frequency को reject करता है।

ii) Signal Processing :- Signal processing में भी selectivity का importance है। इसका उपयोग radio communication, audio processing और medical imaging आदि में किया जाता है।

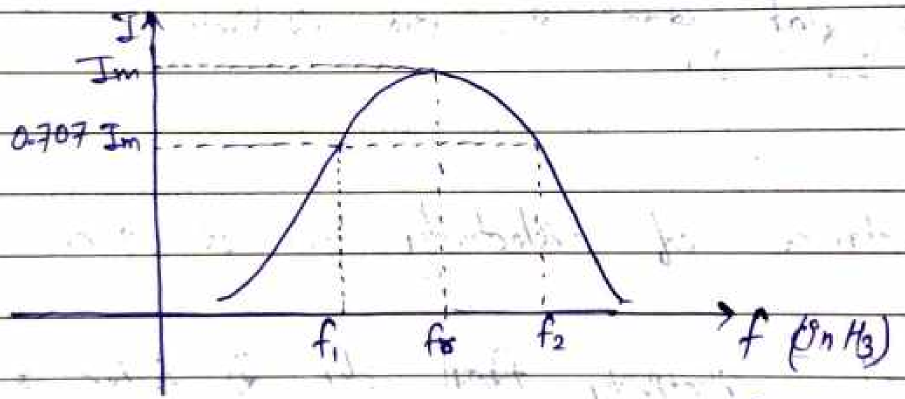
iii) Noise Reduction :- signal मे present noise को कम करने के लिए भी ~~a~~ selectivity ~~e~~ ~~प्रभावित~~ affect करता है।

Bandwidth :-

~~Bandwidth~~ Upper cut off frequency और Lower cut off frequency के अन्दर को bandwidth कहा जाता है।

Upper & Lower ~~cutt~~ cut off frequency, frequency की वह range होती है, जहाँ power का value maximum power का half (आधा) ~~के~~ या उससे अधिक होती है। इसे half Power frequency भी कहा जाता है।

In other words ~~freq~~ → Resonance Curve मे frequency की वह range जहाँ current max value का 0.707 गुना या rms value के equal होता है।



f_1 = Lower cut off frequency
f_2 = Upper cut off frequency
f_r = Resonance Frequency

Bandwidth = $f_2 - f_1$

$$Power = I^2 R$$

in range of bW $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

$$\therefore \quad Power = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 R$$

$$P = \frac{I_m^2 R}{2}$$