অধ্যায়-৬

প্যারালাল রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং ॥সধঃযনভ{Q}-ফ্যাক্টর

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়?**

উত্তরঃ যে ফ্রিকুয়েন্সিতে এসি সার্কিটে রেজোন্যান্স সংঘটিত হয়, সেই ফ্রিকুয়েন্সিকে রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিকে f_0 বা, f_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

***** ২। এসি প্যারালাল সার্কিটের $Q-factor$ কী?** বাকাশিবো- ২০২৪

উত্তরঃ AC Parallel Circuit এর ইন্ডাকটিভ অথবা ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকটিভ পাওয়ার এবং সার্কিটের মোট (প্রকৃত) পাওয়ার এর অনুপাতকে $Q-factor$ বলে। একে Q_0 দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর কোনো একক নাই।

***** ৩। ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স কী?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৪, ১৫, ১৬, ১৭, ১৯, ২০, ২১, ২২, ২৪

উত্তরঃ AC Parallel Circuit এ রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের ইম্পিড্যান্স সর্বোচ্চ হয়। প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স অবস্থায় এই সর্বোচ্চ ইম্পিড্যান্সকে ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স বলে। ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_0 = \frac{L}{CR}$$

**** ৪। ব্যান্ডউইডথের উপর কোয়ালিটি ফ্যাক্টর $(\mathbf{Q-Factor})$ এর প্রভাব কী?**

উত্তরঃ একটি এসি সার্কিটের $Q-\text{factor}\ (Q_0)$ এর মান বৃদ্ধি পেলে এর ব্যান্ডউইডথ (Δf) এর মান হ্রাস পায় এবং $Q-\text{factor}(Q_0)$ এর মান কমলে ব্যান্ডউইডথ (Δf) এর মান বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ, ব্যান্ডউইডথ, $\Delta f = \frac{f_0}{Q_0}$

$$\Rightarrow \Delta f \propto \frac{1}{Q_0}$$

***** ৫। একটি প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের $\mathbf{Q-factor\ 40}$ এবং ব্যান্ডউইডথ $\mathbf{2500\ KHz}$ হলে, ঐ সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?** বাকাশিবো- ২০১৫, ১৮

উত্তরঃ দেওয়া আছে,

$Q-\text{factor} = 40$

$\text{Bandwidth}, \Delta f = 2500\ \text{KHz}$

$\text{Resonance frequency}, f_0 = f_r = ?$

আমরা জানি,

ব্যান্ডউইডথ, $\Delta f = \frac{f_0}{Q_0}$

$$\Rightarrow f_0 = \Delta f \times Q_0$$
$$= 2500 \times 40$$
$$= 100000\ \text{KHz}$$

$$= \frac{100000}{1000} \text{MHz} \qquad [1\ KHz = \frac{1}{1000}\ MHz]$$

$$= 100 \text{ MHz} \quad (\textbf{Ans.})$$

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। প্যারালাল রেজোন্যান্স এর প্রয়োগক্ষেত্র গুলো লেখ।**
অথবা, প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের ব্যবহারসমূহ লেখ।

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৪, ১৮, ২৪

উত্তরঃ প্যারালাল রেজোন্যান্স এর প্রয়োগক্ষেত্র গুলো নিম্নরূপঃ

১) রেডিও সার্কিটে টিউনিং এর কাজে।
২) কারেন্ট অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে।
৩) ফিল্টার সার্কিট হিসেবে।
৪) রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (RF) অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে।
৫) ইন্ডাকশন হিটিং সার্কিটে।

***** ২। সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স এর পার্থক্যগুলো লেখ।**

অথবা, সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স এর মধ্যে তুলনা কর।

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৪, ১৫, ১৭

উত্তরঃ সিরিজ ও প্যারালাল রেজোন্যান্স এর মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ ঃ

সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট	প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট
১) কারেন্ট সর্বোচ্চ হয়।	১) কারেন্ট সর্বনিম্ন হয়।
২) ইম্পিড্যান্স সর্বনিম্ন হয়। অর্থাৎ, $Z = R$	২) ইম্পিড্যান্স সর্বোচ্চ হয়। অর্থাৎ, $Z_0 = \frac{L}{CR}$
৩) ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_L) ও ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_C) এর মান সমান হয়। অর্থাৎ, $X_L = X_C$	৩) ইন্ডাকটিভ সাসেপট্যান্স (B_L) ও ক্যাপাসিটিভ সাসেপট্যান্স (B_C) এর মান সমান হয়। অর্থাৎ, $B_L = B_C$
৪) পাওয়ার ফ্যাক্টর $(\cos\theta)$ এর মান একক হয়। অর্থাৎ, $\cos\theta = 1$	৪) পাওয়ার ফ্যাক্টর $(\cos\theta)$ এর মানএকক হয়। অর্থাৎ, $\cos\theta = 1$
৫) $Q - \text{factor}, Q_0 = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$; অথবা, $Q_0 = \frac{X_L}{R}$	৫) $Q - \text{factor}, Q_0 = \frac{1}{g} \times \sqrt{\frac{C}{L}}$; অথবা, $Q_0 = \frac{R}{X_L}$
৬) অ্যাডমিট্যান্স সর্বোচ্চ হয়।	৬) অ্যাডমিট্যান্স সর্বনিম্ন হয়।

সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট	প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট
৭) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি f_0 বা $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	৭) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, f_0 বা $f_r = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$
৮) সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে ভোল্টেজ বিবর্ধন হয়।	৮) প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটে কারেন্ট বিবর্ধন হয়।
৯) ব্যান্ডউইডথ, $\Delta f = \frac{f_0}{Q_0}$	৯) ব্যান্ডউইডথ, $\Delta f = \frac{f_0}{Q_0}$

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। দেখাও যে, $Q - factor, Q_0 = \frac{f_0}{\Delta f}$**
(এখানে, f_0 = রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি এবং Δf = ব্যান্ডউইডথ)
অথবা, প্যারালাল রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে দেখাও যে, $Q - factor, Q_0 = \frac{f_0}{\Delta f}$

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৫, ১৯

উত্তরঃ AC Parallel Circuit এর ইন্ডাকটিভ অথবা ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকটিভ পাওয়ার এবং সার্কিটের মোট (প্রকৃত) পাওয়ার এর অনুপাতকে $Q - factor$ বলে। একে Q_0 দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর কোনো একক নেই।

$[R_P = \frac{1}{g}]$

$[X_L = 2\pi f_0 L = \omega_0 L]$

$$Y = \frac{R}{R^2 + X_L^2} - j\frac{X_L}{R^2 + X_L^2}$$

$$= G - jB_L$$

$$= g - jB_L$$

$$\therefore g = \frac{R}{R^2 + X_L^2}$$

[এখানে, X_L^2 এর মান R^2 এর চেয়ে অনেক বড়।
অর্থাৎ R^2 এর মান অনেক কম তাই, $R^2 = 0$ ধরে]

$$\therefore g = \frac{R}{0 + X_L^2}$$

$$= \frac{R}{X_L^2}$$

$$= \frac{R}{(\omega_0 L)^2} \quad [\, X_L = 2\pi f_0 L = \omega_0 L \,]$$

$$= \frac{R}{\omega_0^2 L^2}$$

আমরা জানি, প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের Q-ফ্যাক্টর,

$$Q_P \text{ বা } Q_0 = \frac{\text{রিয়্যাকটিভ পাওয়ার}}{\text{প্রকৃত পাওয়ার}}$$

$$= \frac{P_L}{P}$$

$$= \frac{\frac{V^2}{X_L}}{\frac{V^2}{R}} \qquad [P_L = \frac{V^2}{X_L} \;;\; P = \frac{V^2}{R} \;]$$

$$= \frac{V^2}{X_L} \times \frac{R}{V^2}$$

$$= \frac{R}{X_L}$$

$$= \frac{\frac{1}{g}}{\omega_0 L}$$

$$= \frac{1}{g\omega_0 L}$$

$$= \frac{1}{\frac{R}{\omega_0^2 L^2} \times \omega_0 L} \qquad [\, g = \frac{R}{\omega_0^2 L^2} \text{ বসিয়ে }]$$

$$= \frac{\omega_0^2 L^2}{R\omega_0 L}$$

$$= \frac{\omega_{0L}}{R}$$

$$= \frac{\frac{\omega_0}{L}}{\frac{R}{L}}$$ [লব এবং হরকে L দ্বারা ভাগ করে]

$$= \frac{\omega_0}{\frac{R}{L}}$$

$$= \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$$ $\left[\Delta\omega = \frac{R}{L}\right]$

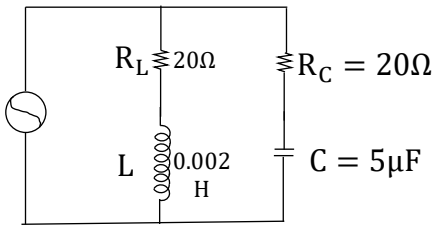
$$= \frac{2\pi f_0}{2\pi \Delta f}$$

$$\therefore Q_0 = \frac{f_0}{\Delta f} \quad (\textbf{Proved.})$$

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

***** ১ । 200V এর একটি প্যারালাল সার্কিটের একটি শাখায় 20Ω রোধ 0.002H ইন্ডাকট্যান্স এবং অন্য শাখায় 20Ω এর একটি রোধ ও 5μF ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযুক্ত আছে।**
নির্ণয় কর ঃ (ক) সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, (খ) ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স, (গ) Q − factor, (ঘ) রেজোন্যান্স কারেন্ট, (ঙ) ব্যান্ডউইথড, (চ) পাওয়ার ফ্যাক্টর। বাকাশিবো- ২০০৯, ১৫, ১৮

সমাধানঃ



(ক) সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \times \sqrt{\frac{R_L^2C-L}{R_C^2C-C}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{যেহেতু } R_L = R_C]$$

$$= \frac{1}{2\pi\times\sqrt{0.002\times5\times10^{-6}}}$$

$$= 1591.55 \text{ Hz} \quad (\textbf{Ans.})$$

(খ) ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স/রেজোন্যান্স ইম্পিড্যান্স/সর্বোচ্চ ইম্পিড্যান্স/গতিশীল ইম্পিড্যান্স,

$$Z_0 = \frac{L}{CR}$$

$$= \frac{0.002}{5\times10^{-6}\times20}$$

$$= 20\Omega \quad (\textbf{Ans.})$$

(গ) $Q - \text{factor}, \quad Q_0 = \frac{R}{X_L}$

$$= \frac{R}{2\pi f_0 L}$$

$$= \frac{20}{2\pi\times1591.55\times0.002}$$

$$= 0.9999 = 1 \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঘ) রেজোন্যান্স কারেন্ট, $I_0 = \frac{V}{Z_0}$

$$= \frac{200}{20} = 10A \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঙ) ব্যান্ডউইথড,

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{1591.55}{1} = 1591.55 \text{ Hz} \quad (\textbf{Ans.})$$

(চ) পাওয়ার ফ্যাক্টর, $\cos\theta = \cos(0°) = 1$

[রেজোন্যান্স অবস্থায় পাওয়ার ফ্যাক্টর একক (Unity) হয়]

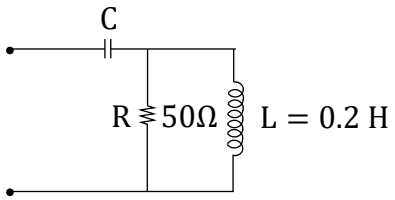
***** ২। 50Ω রোধ এবং 0.2H ইন্ডাকট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত অবস্থায় কত মানের ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক (Unity) হবে?** বাকাশিবো- ২০১৪

সমাধানঃ

$$X_L = 2\pi fL$$
$$= 2\pi \times 50 \times 0.2 \quad [\, f = 50 \text{ ধরে}]$$
$$= 62.83\ \Omega$$

সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = R||X_L$
$$= (50)\ ||\ (j\,62.83)$$
$$= (50)\ ||\ (0 + j\,62.83)$$
$$= (30.61 + j\,24.36)\ \Omega$$

[সূত্র ঃ $Z = R + jX_L$] $\therefore X_L = 24.36\Omega$



সিরিজ রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে, $X_L = X_C$
$$\Rightarrow 24.36 = \frac{1}{2\pi fC}$$
$$\Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 24.36}$$
$$\Rightarrow C = 130.67 \times 10^{-6}\ F$$
$$\therefore C = 130.67\ \mu F \quad (\textbf{Ans.})[1\ F = 10 - 6\ \mu F]$$