Rangamati Nir,DUET,Gazipur-1707
info.sosbd@gmail.com
09678 677 677, 01751 402449

পাস বুক- Electrical circuit-2

পড়ার সময় ঃ মাত্র ১২ ঘণ্টা

লক্ষ্য ঃ ৪৪ মার্কস

ডিপ্লোমা ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষার্থীদের জন্য দ্রুত রিভিশনের পারফেক্ট সলিউশন!

পৃষ্ঠা সংখ্যা ঃ

- ই-বুক ভার্সন ঃ ১৭০ পৃষ্ঠা
- প্রিন্টযোগ্য কাগজে ঃ ৫৭ পৃষ্ঠা

পরীক্ষা সংক্রান্ত তথ্য ঃ

- মোট মার্কস ঃ ৯০
- পাস মার্কস ঃ ৩৬

প্রশ্ন ও মার্কস বিশ্লেষণ ঃ

অতিসংক্ষিপ্ত প্রশ্ন ঃ

মোট পড়তে হবে ঃ ৬৬ টি

নিশ্চিত কমন ঃ ৪টি

নিশ্চিত মার্কস ঃ ৮ (প্রতি প্রশ্নে ২ মার্কস)

✅ সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন ঃ+ Math

মোট পড়তে হবে ঃ ৪২টি (৩৩টি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন +৯টি Math)
নিশ্চিত কমন ঃ ৪টি (১/২টি ছোট ম্যাথ থাকবে)
নিশ্চিত মার্কস ঃ ১২ (প্রতি প্রশ্নে ৩ মার্কস)

✅ রচনামূলক প্রশ্ন + Math

মোট পড়তে হবে ঃ ৩৪টি (৫টি রচনামূলক প্রশ্ন +২৯টি Math)
নিশ্চিত কমন ঃ ৩টি (১/২টি ম্যাথ থাকবে)
নিশ্চিত মার্কস ঃ ২৪ (প্রতি প্রশ্নে ৮ মার্কস)

✅ ঃ Math

মোট করতে হবে ঃ ৩৮টি

📚 কিভাবে পড়বেন এই পাস বুক ঃ

◆ Step 1- অধ্যায় বাছাই (সবার আগে শেষ করুন) ঃ

অধ্যায়	বিষয়	কারণ
১	RLC Parallel Circuit এবং এসি সার্কিটের পাওয়ার হিসাব	ভিত্তি তৈরি করে, বারবার কমন
২	পাওয়ার সিস্টেমে স্টার সংযোগ এবং ডেল্টা সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেম	গুরুত্বপূর্ণ ও বারবার আসে

৪	সিরিজ সার্কিটে রেজোন্যান্স এবং সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q-ফ্যাক্টর	প্রশ্নে কমন পড়ে
৫	প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q-ফ্যাক্টর	কমন পড়ে
৬	পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এবং পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এর ফেজ সিকুয়েন্স	অতি সংক্ষিপ্ত এবং সংক্ষিপ্ত পরীক্ষায় আসে

স্টাডি প্ল্যান (মোট সময় ঃ ১৩ ঘণ্টা) ঃ

৩.৫ ঘণ্টা → অধ্যায় ১ (RLC Parallel Circuit) এবং অধ্যায় ২ (এসি সার্কিটের পাওয়ার হিসাব)

৩.৫ ঘণ্টা → অধ্যায়-৯,১০ (পাওয়ার সিস্টেমে স্টার সংযোগ এবং ডেল্টা সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেম)

১.৫ ঘণ্টা → অধ্যায়-৩, ৪ (সিরিজ সার্কিটে রেজোন্যান্স এবং সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q-ফ্যাক্টর)

১ ঘণ্টা → অধ্যায় ৫, ৬ (প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q-ফ্যাক্টর)

১ ঘণ্টা → অধ্যায়-৭, ৮ (পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এবং পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এর ফেজ সিকুয়েন্স)

⏱️ ১.৫ ঘণ্টা ⟶ অধ্যায় ১১ থেকে ১৪ পর্যন্ত (বাকি অধ্যায়গুলো রিভিশন)

🎯 **পাস বুকের প্রধান লক্ষ্য ঃ**

✅ দ্রুত রিভিশনের সুবিধা- পরীক্ষার আগে সময় বাঁচায়

✅ গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন- উত্তরের সংক্ষিপ্ত বিন্যাস

✅ সারাংশভিত্তিক সাজানো- এক নজরে পুরো বিষয়টা দেখে ফেলা

✅ মূল টপিক ফোকাস- আত্মবিশ্বাস গড়ে তোলার সহায়ক

📌 **বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ**

☞ এটি একটি পূর্ণাঙ্গ টেক্সটবুক নয়- বরং সঠিক সময় ব্যবস্থাপনার রিভিশন গাইড।

☞ পরীক্ষার আগের "last moment" প্রস্তুতির জন্য উপযুক্ত সহকারী!

ইলেকট্রিক্যাল সার্কিট-২

অধ্যায়	অধ্যায়ের নাম	পৃষ্ঠা
১	আরএলসি প্যারালাল সার্কিট	৩-১৬
২	এসি সার্কিটের পাওয়ার হিসাব	১৭-৩১
৩	সিরিজ সার্কিটে রেজোন্যান্স	৩২-৪০
৪	সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q -ফ্যাক্টর	৪১-৫১
৫	প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স	৫২-৬১
৬	প্যারালাল রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং Q -ফ্যাক্টর	৬২-৬৭
৭	পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম	৬৮-৭৩
৮	পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এর ফেজ সিকুয়েন্স	৭৪-৭৮
৯	পাওয়ার সিস্টেমে স্টার সংযোগ	৭৯-৯৪
১০	ডেল্টা সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেম	৯৫-১০৫
১১	অসম পাওয়ার ব্যবস্থা	১০৬-১২০
১২	নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ	১২১-১২৪
১৩	নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ হারমনিক্স	১২৫-১২৯
১৪	নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর	১৩০-১৩২
	বিগত সালের প্রশ্ন	১৩৩-১৩৬

Softmax Publications

অধ্যায়-১ RLC Parallel Circuit

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। অ্যাডমিট্যান্স (Admittance) কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫, ১৬, ২৪

উত্তরঃ একটি এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টের কারেন্টকে সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্স বলে। একে Y দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ ($\mho$)। $\left[Y = \frac{1}{z} = \frac{I}{V}\right]$

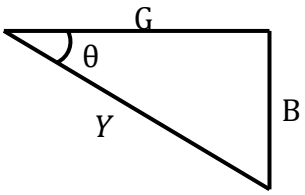
**** ২। কন্ডাকট্যান্স (Conductance) কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তরঃ এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টে কারেন্টের আনুভূমিক উপাদানকে কন্ডাকট্যান্স বলে। একে G দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ ($\mho$) যে ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের কারণে পরিবাহিতে ইলেকট্রন প্রবাহের সময় বাঁধা প্রদান না করে সহজেই তা প্রবাহিত হতে সহায়তা করে, তাকে কন্ডাকট্যান্স বলে।

**** ৩। সাসেপট্যান্স (Susceptance) কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০০৯'পরি, ০৭, ০৯ ,১৩, ১৮, ১৯, ২৩

উত্তরঃ এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টে কারেন্টের উল্লম্ব উপাদানকে সাসেপট্যান্স বলে। একে B দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ ($\mho$).



সূত্র ঃ অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z}$
অথবা, $Y = G \pm jB$

চিত্র ঃ অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ

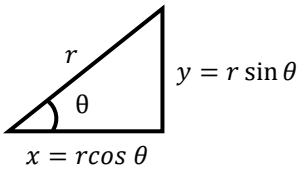
***** ৪। 'j' অপারেটর কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০২০

উত্তরঃ একটি অপারেটর যার মান $\sqrt{-1}$ কোনো ভেক্টরের সাথে মাল্টিপ্লায়িং ফ্যাক্টর হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে উক্ত ভেক্টর এর সাথে $90°$ ডিগ্রি বামাবর্তে ঘূর্ণন নির্দেশ করে তাকে j অপারেটর বলে।

**** ৫। $10\angle 75°$ কে রেকট্যাংগুলার ফরমে প্রকাশ কর।** বাকাশিবো- ২০১৭

উত্তরঃ $10 \quad 10\angle 75° \rightarrow r\angle\theta$

$$\therefore x = r\cos\theta = 10 \times \cos(75)° = 2.59$$
$$\therefore y = r\sin\theta = 10 \times \sin(75)° = 9.66$$
$$\therefore x + jy = 2.59 + j\,9.66 \quad (\textbf{Ans.})$$



*** ৬। ইম্পিড্যান্স (Impedance) ত্রিভুজের সংজ্ঞা দাও।** বাকাশিবো- ২০২৪

উত্তরঃ যখন কোনো এসি সার্কিট রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্সের সমন্বয়ে গঠিত হয় তখন তাকে ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ বলে।

অথবা, যখন কোনো AC Circuit Resistance এর সাথে Reactance এর Vector কোণে গঠিত হয় তখন তাকে Impedance ত্রিভুজ বলে।

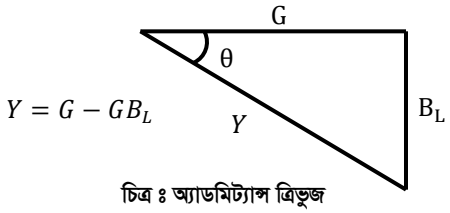
চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। R-L সিরিজ সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ আঁক।**

বাকাশিবো- ২০১৪, ১৫, ১৭, ২৪

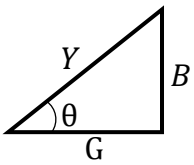
উত্তরঃ R-L সিরিজ সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ নিম্নরূপ ঃ



চিত্র ঃ অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ

**** ২। R-C সার্কিটের সাসেপট্যান্স এর সূত্র প্রতিপাদন কর।** বাকাশিবো- ১৮

উত্তরঃ এসি সার্কিটের প্রতি একক ভোল্টে কারেন্টের রিয়্যাকট্যান্স বা উল্লম্ব উপাংশকে সাসেপট্যান্স বলে।



চিত্র ঃ অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ

$\sin\theta = \frac{\text{লম্ব}}{\text{অতিভুজ}}$

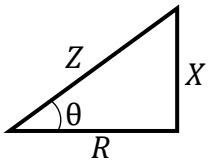
বা, $\sin\theta = \frac{B}{Y}$

বা, $B = Y\sin\theta$

সাসেপট্যান্স, $B = Y\sin\theta$

$$= \frac{1}{Z} \cdot \frac{X}{Z}$$

$$= \frac{X}{Z^2}$$



চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ

$\sin\theta = \frac{X}{Z}$

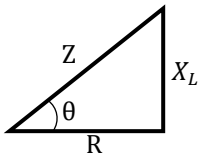
এবং $Z^2 = R^2 + X^2$

$$\therefore B = \frac{X}{R^2+X^2}$$

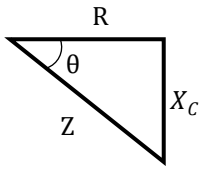
***** ৩। RLC প্যারালাল সার্কিটের ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ অঙ্কন কর।**

বাকাশিবো- ২০১৫, ১৮

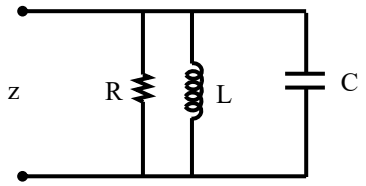
উত্তরঃ



চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ
যখন $(X_L > X_C)$



চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ
যখন $(X_C > X_L)$

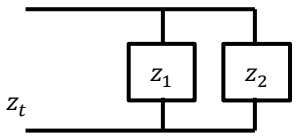


**** ৪। দুটি শাখার প্যারালাল সার্কিটে সমতুল্য ইম্পিড্যান্সের সূত্র লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তরঃ সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z_t = Z_1||Z_2$

$\therefore$ সমতুল্য ইম্পিড্যান্স $= \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1+Z_2}$



*** ৫। ভেক্টরের রেকট্যাঙ্গুলার ফরম বলতে কী বুঝায়?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ২২

উত্তরঃ যখন কোনো ভেক্টরকে একটি বাস্তব মান (Real Value) এবং একটি কাল্পনিক মান (Imaginary Value) দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তখন তাকে রেকট্যাঙ্গুলার ফরম বলে।

যেমন ঃ $a + jb \rightarrow$ কাল্পনিক মান

$\downarrow$

বাস্তব মান

***** ৬। একটি প্যারালাল সার্কিটের দুটি শাখার কারেন্ট যথাক্রমে $10\angle -36.86°$ এবং $10\angle 36.86°A$ হলে সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।**

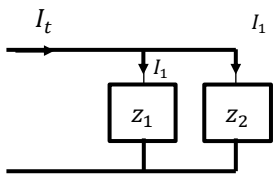
বাকাশিবো- ২০২০

উত্তরঃ মোট কারেন্ট, $I_t = I_1 + I_2$

$$= (10\angle -36.86°) + (10\angle 36.86)$$

$$= 16\angle 0°A$$

$$= 16\ Amp. \quad (\boldsymbol{Ans.})$$



** ৭। $(-4 - j3)$ কে পোলার ফরমে প্রকাশ কর। বাকাশিবো- ২০২০

উত্তরঃ $-4 - j3 = \sqrt{(-4)^2 + (-3)^2} \angle \tan^{-1} \frac{-3}{-4}$

$= 5 \angle \tan^{-1} \frac{3}{4}$

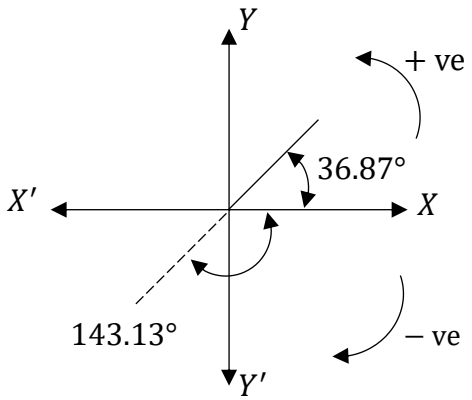
$= 5 \angle 36.87°$

$= 5 \angle 36.87° - 180°$

[যেহেতু ভেক্টরটি তৃতীয় চতুর্ভাগে অবস্থিত]

$= 5 \angle -143.13°$

ব্যাখ্যা ঃ



***** ৮। $(8 + j6)$ ভেক্টরকে পোলার ও এক্সপোনেনশিয়াল ফরমে লেখ।** বাকাশিবো- ২০২১

উত্তরঃ $8 + j6 = \sqrt{8^2 + 6^2} \angle \tan^{-1}\frac{6}{8}$

$= 10 \angle 36.87°$ [পোলার ফরম]

$= 10\, e^{j\,36.87}$ [এক্সপোনেনশিয়াল ফরম]

(Ans.)

❖প্রয়োজনীয় সূত্র❖

১) ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স, $X_L = 2\pi f L\ (\Omega)$

২) ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স, $X_C = \frac{1}{2\pi f C}\ (\Omega)$

৩) ইম্পিড্যান্স, $Z = R + j\,X_L$ [R-L সার্কিটে]

$Z = R - j\,X_C$ [R-C সার্কিটে]

$Z = R + j(X_L - X_C)$ [R-L-C সার্কিটে]

৪) কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z}\ (A)$ অথবা, $I = VY\ (A)$

৫) অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z}\ (\mho)$

এখানে, $L =$ ইন্ডাকট্যান্স (একক হেনরি -H)

$f =$ ফ্রিকুয়েন্সি (Hz)

$R =$ রেজিস্ট্যান্স (Ω)

$C =$ ক্যাপাসিট্যান্স (F)

৬) পাওয়ার, $P = VI\cos\theta\ (Watt)$

৭) পাওয়ার ফ্যাক্টর, $P.f = \cos\theta$ [$\theta =$ ফেজ কোণ]

❖ **পাওয়ার ফ্যাক্টর তিন প্রকার । যথা ঃ**

(১) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর (Unity)

(২) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (Lagging)

(৩) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (leading)

❖ **পাওয়ার ফ্যাক্টর চেনার উপায় ঃ-**

ইউনিটি ঃ শুধু রেজিস্টিভ সার্কিট বা লোডে পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি হবে। অর্থাৎ, $P.f = \cos\theta = 1$ হবে ।

ল্যাগিং ঃ

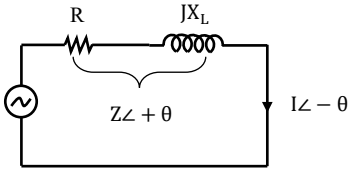
১. Pure Inductive সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর শূন্য (0) হবে। অর্থাৎ, যখন শুধু ইন্ডাকট্যান্স (L) থাকবে।

২. ইন্ডাকটিভ সার্কিটে অর্থাৎ (R-L) সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং হবে।

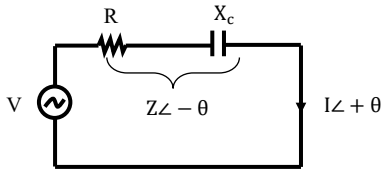
৩. অথবা, মোট ইম্পিড্যান্স, $Z = R + j\,X_L$ হলে $P.f$ ল্যাগিং হবে।

৪. অথবা, মোট ইম্পিড্যান্স (Z) এর কোণ (+ve) হলে $P.f$ ল্যাগিং হবে। অর্থাৎ, $[\,Z\angle +\theta\,]$

৫. অথবা, মোট কারেন্ট (I) এর কোণ (-ve) হলে $P.f$ ল্যাগিং হবে। অর্থাৎ, $[\,I\angle -\theta\,]$



❖ লিডিং ঃ



১.Pure Capacitive সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর, $p.f = 0$ হবে। অর্থাৎ, সার্কিটে যখন শুধু ক্যাপাসিটিভ (C) থাকবে।

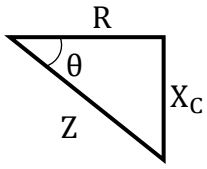
২.ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে বা লোডে অর্থাৎ (R-C) সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হবে।

৩.অথবা, মোট ইম্পিড্যান্স, $Z = R - j\,X_C$ হলে, $P.f$ লিডিং হবে।

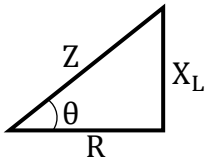
৪.অথবা, মোট ইম্পিড্যান্স (Z) এর কোণ নেগেটিভ (-ve) হলে $P.f$ লিডিং হবে। অর্থাৎ, [$Z\angle-\theta$]

৫.অথবা, মোট কারেন্ট (I) এর কোণ পজেটিভ (+ve) হলে $P.f$ লিডিং হবে। অর্থাৎ, [$I\angle+\theta$]

❖ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ ঃ



ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে
অর্থাৎ, $(X_C > X_L)$



ইন্ডাকটিভ সার্কিটে
অর্থাৎ, $(X_L > X_C)$

পিথাগোরাসের সূত্র হতে,

১) $(\text{অতিভুজ})^2 = (\text{লম্ব})^2 + (\text{ভূমি})^2$

বা, $Z^2 = (X_C)^2 + R^2$

$\therefore Z^2 = R^2 + (X_C)^2$

২) $\cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভুজ}}$

বা, $\cos\theta = \frac{R}{Z}$

$\therefore P.f = \cos\theta = \frac{R}{Z}$

১) $Z^2 = R^2 + (X_L)^2$

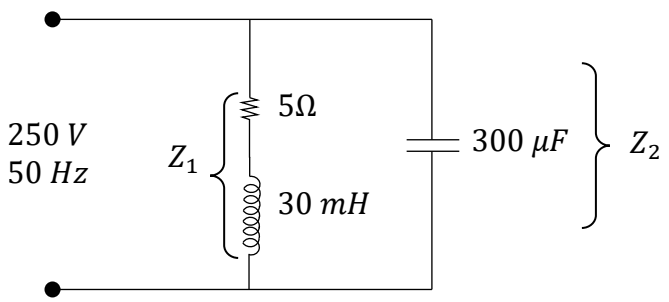
২) পাওয়ার ফ্যাক্টর,

$$P.f = \cos\theta = \frac{R}{Z}$$

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

***** ১। 5Ω রেজিস্ট্যান্স ও $30\ mH$ ইন্ডাকট্যান্সবিশিষ্ট একটি চোক কয়েলের সাথে $300\ \mu F$ -এর একটি ক্যাপাসিটর প্যারালালে সংযুক্ত করে $250\ V, 50Hz$ উৎসের সাথে সংযোগ করা হলে নির্ণয় কর ঃ (ক) সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, (খ) পাওয়ার** বাকাশিবো- ২০১৭

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

$R = 5\Omega$

$L = 30\ mH = 30 \times 10^{-3}\ H$

$C = 300\ \mu F = 300 \times 10^{-6}\ F$

$V = 250\ V$

$f = 50\ Hz$

(ক) $Z = ?$

(খ) $P = ?$

আমরা জানি, ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স, $X_L = 2\pi f L$

$= 2\pi \times 50 \times 30 \times 10^{-3}$

$= 9.42\ \Omega$

এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স, $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

$= \frac{1}{2\pi \times 50 \times 300 \times 10^{-6}}$

$= 10.61\ \Omega$

(ক) সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = Z_1 || Z_2$

$[Z_1 = 5 + j\ 9.42,\ Z_2 = 0 - j\ 10.61]$

$= (5 + j\ 9.42) || (0 - j\ 10.61)$

$= 22.01 \angle -14.57\ \Omega$ (**Ans.**)

❖ ক্যালকুলেটর দিয়ে সমাধান করার নিয়ম ঃ

$(((5 + 9.42j)^{-1} + (0 - 10.61j)^{-1})^{-1}$

অথবা, সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = Z_1 || Z_2$

$$= \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{(5+j9.42)\times(0-j\ 10.61)}{5+j\ 9.42+0-j\ 10.61}$$

$$= \frac{99.94-j\ 53.05}{5-j\ 1.19}$$

$$= 22.01 \angle -14.57\ \Omega \qquad (\textbf{Ans.})$$

[$\therefore\ Z\angle\theta \rightarrow$ ফেজ কোণ]

(খ) কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z} = \frac{250}{22.01\angle -14.57} = 11.35 \angle 14.57\ A$

Power, $P = VI\cos\theta$

$$= 250 \times 11.35 \times \cos(14.57) \qquad [\theta = 14.57°]$$

$$= 2746.25\ W\ (\textbf{Ans.})$$

$$= \frac{2746.25}{1000}\ KW$$

$$= 2.746\ KW \quad (\textbf{Ans.})$$

**** ২। একটি প্যারালাল সার্কিটের ২ টি শাখার ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে $(20 + j\ 15)$ ও $(30 + j\ 20)\Omega$ হলে নির্ণয় কর ঃ**

(ক) সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, (খ) সমতুল্য অ্যাডমিট্যান্স, (গ) সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স ও রিয়্যাকট্যান্স (ঘ) সমতুল্য কন্ডাকট্যান্স ও সাসেপট্যান্স।

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৬, ১৭

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 20 + j\ 15\ \Omega$

$Z_2 = 30 + j\ 20\ \Omega$

(ক) সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = Z_1 || Z_2$

$= (20 + j\,15)||(30 + j\,20)$

$= 14.76 \angle 35.56° \,\Omega$ (**Ans.**)

(খ) সমতুল্য অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z}$

$= \frac{1}{14.76 \angle 35.56}$

$= 0.067 \angle -35.56 \,℧$ (**Ans.**)

(গ) সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = 14.76 \angle 35.56$

$= 12.01 + j\,8.59$ $[Z = R + j\,X_L]$

∴ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, $R = 12.01\,\Omega$ এবং সমতুল্য রিয়্যাকট্যান্স,

$X_L = 8.59\,\Omega$

(ঘ) $Y = 0.067\angle -35.56$

$= 0.05507 - j\,0.03938 \,℧$

$[Y = G - j\,B_L]$

∴ সমতুল্য কন্ডাকট্যান্স, $G = 0.05507 \,℧$ এবং সমতুল্য সাসেপট্যান্স, $B_L = 0.03938 \,℧$ (**Ans.**)

***** ৩। একটি R-L-C প্যারালাল সার্কিটের তিনটি শাখার ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে $(8 + j\,6)\Omega$, $j\,10\ \Omega$ ও $(20 - j\,20)\ \Omega$ ঐ সার্কিটে $220\ V$ সরবরাহ দিলে গৃহীত কারেন্ট এবং পাওয়ার নির্ণয় কর।**

বাকাশিবো- ২০১৮

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = (8 + j\,6)\Omega$

$Z_2 = j\,10\ \Omega$

$= 0 + j\,10\ \Omega$,$Z_3 = (20 - j\,20)\Omega$

$V = 220\ V$

$I = ?$

$P = ?$

সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = Z_1||Z_2||Z_3$

$= (8 + j\,6)||(0 + j\,10)||(20 - j\,20)$

$= 5.85 \angle 52.125\ \Omega$

কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{5.85 \angle 52.125}$

$= 37.63 \angle -52.125°\ Amp$ (**Ans.**)

Power, $P = VI\cos\theta$

$= 220 \times 37.63 \times \cos(52.125)$

[ফেজ কোণ, $\theta = 52.125°$]

$= 5082.57$ W (**Ans.**)

***** ৩। একটি R-L-C প্যারালাল সার্কিটের ৩ টি শাখার ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে $(8 + j6)\Omega, (j\,10)\Omega$ ও 20Ω। ঐ সার্কিটে $220\,V$ সরবরাহ দিলে গৃহীত কারেন্ট, পাওয়ার ফ্যাক্টর ও পাওয়ার নির্ণয় কর।**

বাকাশিবো- ২০১৯

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = (8 + j\,6)\Omega$

$Z_2 = j\,10\,\Omega$

$= (0 + j\,10)\Omega$

$Z_3 = 20\,\Omega$

$= (20 + j\,0)\Omega$

$V = 220\angle\,0°$

$P.f = ?$

$I = ?$

$P = ?$

সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, $Z = Z_1||Z_2||Z_3$

$= (8 + j\,6)||(0 + j\,10)||(20 + j0)$

$= 4.85\,\angle\,50.91\ \ \Omega$

$\therefore$ কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z}$

$= \frac{220\angle 0°}{4.85\angle\,50.91}$

$= 45.35\,\angle - 50.91\,A$ **(Ans.)**

$\therefore$ পাওয়ার ফ্যাক্টর, $p.f = \cos\theta = \cos(50.91)$

$= 0.63$ (Lagging) **(Ans.)**

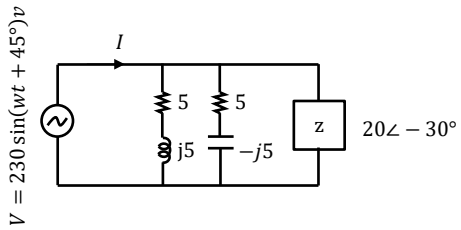
$\therefore$ পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$

[এখানে পাওয়ার বলতে Active power কে বোঝানো হয়েছে]

$$= 220 \times 45.35 \times 0.63$$
$$= 6285.51\ W \quad (\mathbf{Ans.})$$

***** ৪। একটি প্যারালাল সার্কিটের তিনটি শাখার ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে $(5 + j\,5)\Omega$, $(5 - j5)$ এবং $(20\angle -30°)\Omega$। সার্কিটের মোট অ্যাডমিট্যান্স, মোট কারেন্ট বের কর। যখন সরবরাহ ভোল্টেজ, $V = 230\sin(\omega t + 45°)\,V$.** বাকাশিবো- ২০২১

সমাধানঃ দেওয়া আছে,



$Z_1 = (5 + j\,5)\Omega$

$Z_2 = (5 - j5)\Omega$

$Z_3 = (20\angle -30°)\Omega$

$Y = ?$

$I = ?$

$V = 230\sin(\omega t + 45°)V$

$V = V_m\sin(\omega t \pm \theta)$ [ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মানের সমীকরণ]

$\therefore V_{rms} = V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{230}{\sqrt{2}} = 162.63$

$\therefore V = 162.63\angle 45°$

সমতুল্য ইম্পিড্যান্স,

$$Z = Z_1||Z_2||Z_3$$
$$= (5 + j\,5)||(5 - j5)||(20\angle - 30°)$$
$$= 4.088\angle - 5.86\ \Omega$$

$\therefore$ অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{4.088\angle -5.86}$

$$= 0.244\angle\ 5.86\ \mho\ \textbf{(Ans.)}$$

$\therefore$ কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z} = \frac{162.62\ \angle\ 45}{4.088\ \angle -5.86}$

$$= 39.78\ \angle\ 50.86\ Amp \quad (\textbf{Ans.})$$

অধ্যায়-২ এসি সার্কিটের পাওয়ার হিসাব

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। অ্যাক্টিভ পাওয়ার/অ্যাভারেজ পাওয়ার/প্রকৃত পাওয়ার কাকে বলে?**

উত্তরঃ ভোল্টেজ (V) এবং কারেন্টের অনুভূমিক উপাদান $(I\cos\theta)$ এর গুণফলকে অ্যাক্টিভ পাওয়ার বলে। একে P দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক W বা kW.

সূত্র ঃ $P = VI\cos\theta$

***** ২। রিয়্যাক্টিভ পাওয়ার (Vertical power) কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৪, ১৭, ১৮, ২১

উত্তরঃ ভোল্টেজ (V) এবং কারেন্টের উল্লম্ব উপাদান $(I\sin\theta)$ এর গুণফলকে রিয়্যাকটিভ পাওয়ার বলে। একে Q বা P_r দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক ভার (VAR) বা কিলোভার $(KVAR)$.

সূত্র ঃ Q বা $P_r = VI\sin\theta$

**** ৩। আপাত পাওয়ার কাকে বলে?**

উত্তরঃ ভোল্টেজ এবং কারেন্টের গুণফলকে আপাত (Apparent) পাওয়ার বলে। একে S বা P_a দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক VA বা KVA.

সূত্র ঃ S বা $P_a = VI$

***** ৪। রিয়্যাক্টিভ পাওয়ারের একক কী?** বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৭, ১৮, ২১

উত্তরঃ রিয়্যাকটিভ পাওয়ারের একক ভার (VAR) বা কিলোভার $(KVAR)$.

***** ৫। কোন ধরনের সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য হয় এবং কেন?**

বাকাশিবো- ২০১৪, ১৪, ১৭, ১৯

উত্তরঃ বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ এবং বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের পাওয়ার অপচয় শূন্য হয়। কারণ বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ এবং ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের ফেজ কোণ, $\theta = 90°$ হয়।

পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$ $\quad [\theta = \theta_v - \theta_i]$

$= VI\cos 90°$ $\quad [\theta = 90°]$

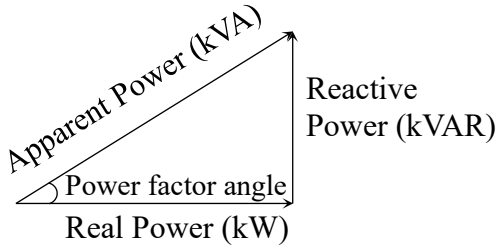
$= VI \times 0$ $\quad [\cos 90° = 0]$

$= 0$

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। পাওয়ার ফ্যাক্টর কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১৩, ১৫

উত্তরঃ এসি সার্কিটে ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মধ্যবর্তী কোণের কোসাইন মানকে $(\cos\theta)$ পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। পাওয়ার ফ্যাক্টরের কোনো একক নেই।

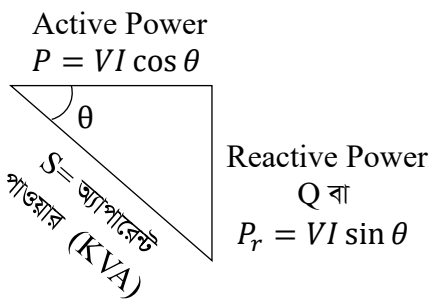


$$\therefore Power\ factor = \frac{Real\ Power\ (kw)}{Apparent\ Power\ (KVA)}$$

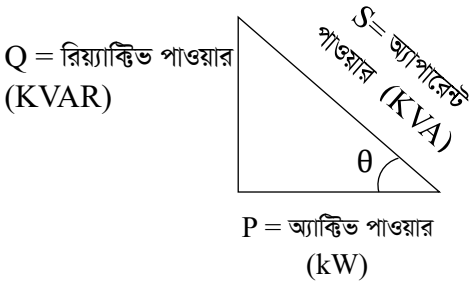
$$= \frac{kW}{\sqrt{kW^2 + kVAR^2}} \qquad [kVA^2 = kW^2 + kVAR^2]$$

**** ২। পাওয়ার ত্রিভুজ এঁকে প্রত্যেক বাহুর নাম লেখ।** বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তরঃ নিম্নে পাওয়ার ত্রিভুজ দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ পাওয়ার ত্রিভুজ



চিত্র ঃ পাওয়ার ত্রিভুজ

*** ৩। তিনটি শাখা বিশিষ্ট একটি প্যারালাল সার্কিট লাইন হতে $18\angle -36.86°\ A$ কারেন্ট গ্রহণ করে। ১ম ও ২য় শাখার কারেন্ট যথাক্রমে $5\angle 30°\ A$ এবং $8\angle -45°\ A$ হলে, ৩য় শাখার কারেন্ট ও ফেজ কোণ নির্ণয় কর। বাকাশিবো- ২০২০

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

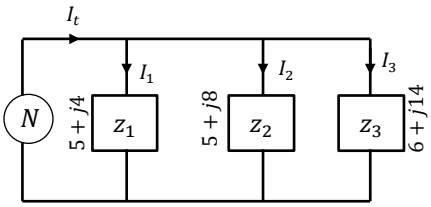
মোট কারেন্ট, $I_T = 18\angle -36.86°$

শাখা কারেন্ট,

$I_1 = 5\angle 30°\ A$

$I_2 = 8\angle -45°\ A$

$I_3 = ?$



মোট কারেন্ট, $I_T = I_1 + I_2 + I_3$

$\Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I_T$

$\Rightarrow I_3 = I_T - I_1 - I_2$

$= (18\angle -36.86°) - (5\angle 30°) - (8\angle -45°)$

$= 8.82\angle -60°\ A$ **(Ans.)**

$\therefore$ ফেজ কোণ, $\theta = -60°$ **(Ans.)**

***** ৪। দেখাও যে, এসি সার্কিটের গড় পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$. অথবা, প্রমাণ কর যে, এসি সার্কিটের কার্যকরী পাওয়ার, $P = VI\cos\alpha$** বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৭, ১৮

উত্তরঃ আমরা জানি, R-L-C সিরিজ সার্কিটের ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান, $v = V_m \sin\omega t$ বা $v = V_{max}\sin\omega t$ এবং কারেন্টের তাৎক্ষণিক মান, $i = I_{max}\sin(\omega t \pm \theta)$

১.[এখানে, $(-)$ হচ্ছে ইন্ডাকটিভ সার্কিটের ক্ষেত্রে এবং $(+)$ হচ্ছে ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের ক্ষেত্রে। আর প্রমাণে θ থাকলে θ ধরতে হবে অথবা, ϕ থাকলে ϕ ধরতে হবে]

২.[ইন্ডাকটিভ অথবা ক্যাপাসিটিভ যেকোনো একটি সার্কিট ধরে প্রমাণ করতে হবে। অর্থাৎ $(+)$ অথবা $(-)$ যেকোনো একটি কারেন্টের তাৎক্ষণিক মানের সমীকরণ ধরে প্রমাণ করতে হবে]

তাৎক্ষণিক পাওয়ার, $P_i = vi$

$$= V_m \sin\omega t \,.\, I_m \sin(\omega t \pm \theta)$$

$$= V_m \sin\omega t \,.\, I_m \sin(\omega t - \theta)$$

[ইন্ডাকটিভ সার্কিট ধরে অর্থাৎ, $i = I_m \sin(\omega t - \theta)$]

$$= V_m I_m \sin\omega t . \sin(\omega t - \theta)$$

$$= V_m I_m \frac{1}{2} \times 2 . \sin\omega t \,.\, \sin(\omega t - \theta)$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} \times 2 \sin\omega t \,.\, \sin(\omega t - \theta)$$

$[\cos(\omega t - \omega t + \theta) - \cos(\omega t + \omega t - \theta)]$
[সূত্র ঃ $2\sin A . \sin B = \cos(A - B) - \cos(A + B)$]
$\left[\sqrt{2} \times \sqrt{2} = (\sqrt{2})^2 = 2\right]$

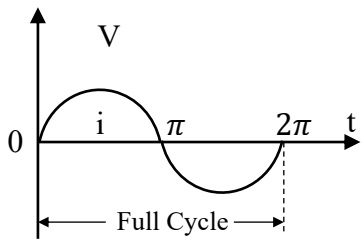
$$= \frac{V_m I_m}{\sqrt{2}\times\sqrt{2}}$$

$$[\cos(\omega t - \omega t + \theta - \cos(\omega t + \omega t - \theta)]$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} [\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)]$$

সূত্র

$$\therefore P_i = VI\,[\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)] \quad \left[\begin{array}{c} V = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \\ I = I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \end{array}\right]$$



$\therefore$ পূর্ণ সাইকেলের জন্য গড় পাওয়ার, $P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} P_i\, d\omega t$

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} VI[\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)]\,.\,d\omega t$$

[P_i এর মান বসিয়ে পাই]

$$= \frac{VI}{2\pi}\int_0^{2\pi}[\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)].\,d\omega t$$

$$= \frac{VI}{2\pi}\left[\int_0^{2\pi}\cos\theta\,.\,d\omega t - \int_0^{2\pi}\cos(2\omega t - \theta)\,.\,d\omega t\right]$$

$$= \frac{VI}{2\pi}\,.\,[\cos\theta\,.\,\omega t]_0^{2\pi} - \left[\frac{\sin(2\omega t - \theta)}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{VI}{2\pi}.\left[\cos\theta(2\pi - 0) - \left(\frac{\sin(4\pi-\theta)}{2} - \frac{\sin(0-\theta)}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{VI}{2\pi}\left[\cos\theta \times 2\pi - \left(\frac{\sin(4\pi-\theta)}{2} - \frac{\sin(-\theta)}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{VI}{2\pi} \times 2\pi\cos(\theta - 0)$$

$$= \frac{VI}{2\pi} \times 2\pi\cos\theta$$

$$= VI\cos\theta$$

$$\therefore P = VI\cos\theta$$ (দেখানো হলো)

ব্যাখ্যা ঃ

$$\frac{\sin(4\pi-\theta)}{2} - \frac{\sin(0-\theta)}{2}$$

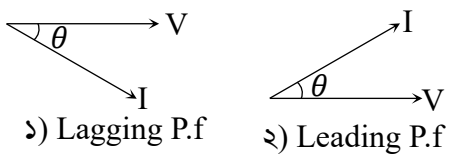
$$= \frac{\sin(4\times180-\theta)}{2} - \frac{\sin(-\theta)}{2}$$

$$= -\frac{\sin\theta}{2} + \frac{\sin\theta}{2}$$

$$= 0$$

***** ৫। ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট ও ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক লেখ।** বাকাশিবো- ২০২১

উত্তরঃ ইন্ডাকটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের পরে অবস্থান করে, অর্থাৎ পাওয়ার ফ্যাক্টর $(P.f)$ ল্যাগিং হয়। আর ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের পূর্বে (আগে) অবস্থান করে, অর্থাৎ পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হয়।



১) Lagging P.f ২) Leading P.f

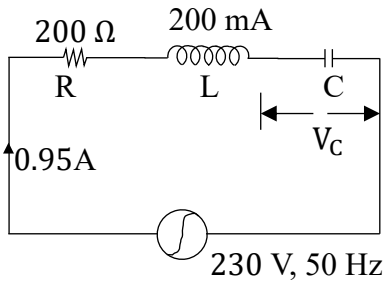
১ নং চিত্রে Current ভোল্টেজ থেকে $\theta°$ পিছনে।
২ নং চিত্রে Current ভোল্টেজ থেকে $\theta°$ এগিয়ে আছে।

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

***** ১। একটি RLC সিরিজ সার্কিটের সর্বোচ্চ $0.95\ A$ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যখন সরবরাহ ভোল্টেজ $230\angle 0°\ Volt,\ R = 200\ \Omega,\ L = 200\ mH$ হলে নির্ণয় কর ঃ** বাকাশিবো- ২০২১

(ক) ক্যাপাসিট্যান্স, (খ) মোট ইম্পিড্যান্স, (গ) পাওয়ার ফ্যাক্টর, (ঘ) মোট পাওয়ার, (ঙ) ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ।

সমাধানঃ দেওয়া আছে,



$I = 0.95$

$V = 230\angle 0°\ V$

$R = 200\ \Omega$

$L = 200\ mH$

$= 200 \times 10^{-3}\ H$

(ক) $C = ?$

(খ) $Z = ?$

(গ) $p.f = ?$

(ঘ) $P = ?$

(ঙ) $V_c = ?$

ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স,

$$X_L = 2\pi f L$$
$$= 2\pi \times 50 \times 200 \times 10^{-3}$$
$$= 62.83\ \Omega$$

(খ) ইম্পিড্যান্স, $Z = \frac{V}{I}$

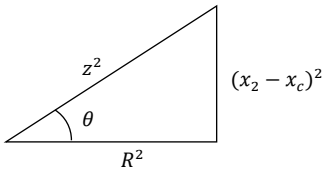
$$= \frac{230}{0.95} = 242.105\ \Omega$$

(ক) $Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$

$$\Rightarrow (242.105)^2 = (200)^2 + (62.83 - X_C)^2$$
$$\Rightarrow (242.105)^2 - (200)^2 = (62.83 - X_C)^2$$
$$\Rightarrow (62.83 - X_C)^2 = 18614.83$$
$$\Rightarrow 62.83 - X_C = \pm\sqrt{18614.83}$$

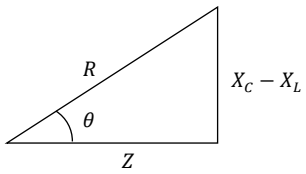
[উভয় পক্ষকে বর্গমূল করে]

$$\Rightarrow 62.83 - X_C = \pm 136.436$$



হয়, $62.83 - X_C = -136.436$

$$\Rightarrow 62.83 + 136.436 = X_C$$
$$\therefore X_C = 199.266$$



$$\therefore X_C = 199.266$$
$$\Rightarrow \frac{1}{2\pi f c} = 199.266$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 199.266}$$

$$\therefore C = 15.97\ \mu F \quad (\textbf{Ans.})$$

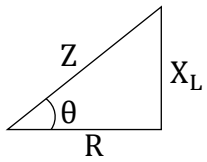
বিকল্প পদ্ধতি

$$\tan\theta = \frac{X_C - X_L}{R}$$

$$\Rightarrow \tan(34.3) = \frac{X_C - 62.83}{200}$$

$$\therefore X_C = 199.266\ \Omega$$

(গ) পাওয়ার ফ্যাক্টর, $\cos\theta = \frac{R}{Z}$



$$= \frac{200}{242.105}$$

$$= 0.826 \text{ (lagging)} \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঘ) পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$

$$= 230 \times 0.95 \times 0.826$$

$$= 180.481\ W \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঙ) $V_C = I\,X_C$

$$= 0.95 \times 199.266$$

$$= 189.3027\ V \quad (\textbf{Ans.})$$

**** ২। কোনো সার্কিটের আপাত পাওয়ার $100\ KVA$ এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.8 ল্যাগিং হলে ঐ সার্কিটের রিয়্যাকটিভ পাওয়ার কত হবে?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫

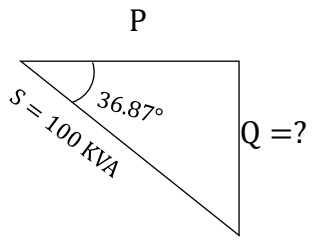
সমাধানঃ দেওয়া আছে,

আপাত পাওয়ার,

S বা $P_a = 100\ KVA$

$p.f = \cos\theta = 0.8$ (ল্যাগিং)

রিয়্যাকটিভ পাওয়ার, P_r বা $Q = ?$



চিত্র ঃ পাওয়ার ত্রিভুজ

$$\cos\theta = 0.8$$

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(0.8)$$

$$= 36.87°$$

$$\therefore \sin\theta = \frac{Q}{S} \qquad [\sin\theta = \frac{\text{লম্ব}}{\text{অতিভুজ}}]$$

$$\Rightarrow Q = S \times \sin\theta$$

$$= 100 \times \sin(36.87°)$$

$$= 60\ KVAR \qquad (\textbf{Ans.})$$

অধ্যায়-৩ সিরিজ সার্কিটে রেজোন্যান্স

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১৩, ১৫

উত্তরঃ এসি সিরিজ সার্কিটে যখন ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_L) এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_C) এর মান সমান হয় তখন সার্কিটটিকে রেজোন্যান্স সার্কিট বলা হয়। অর্থাৎ, $X_L = X_C$ হবে। এসি সিরিজ সার্কিটে যখন সর্বোচ্চ কারেন্ট এবং মিনিমাম ইম্পিড্যান্স হয় তখন তাকে রেজোন্যান্স সার্কিট বলা হয়।

***** ২। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের কারেন্টের মান সর্বোচ্চ হয় কেন?**

বাকাশিবো- ২০১৫, ১৭, ১৮, ১৯

উত্তরঃ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ইম্পিড্যান্স (Z) সর্বনিম্ন হয়, তাই কারেন্ট (I) সর্বোচ্চ হয়।

ব্যাখ্যা ঃ RLC সিরিজ সার্কিটের ইম্পিড্যান্স,

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

বা, $Z = R + j(X_L - X_L)$

[রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X_L = X_C$]

বা, $Z = R + j0$

$\therefore Z = R$

এবং কারেন্ট, $I = \frac{V}{Z}$

যেহেতু, $I \propto \frac{1}{Z}$

অর্থাৎ, ইম্পিড্যান্স কমলে কারেন্ট বৃদ্ধি পাবে।

অতএব, ইম্পিড্যান্স (Z) সর্বনিম্ন হলে কারেন্ট (I) সর্বোচ্চ হবে।

***** ৩। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১৬, ১৮

উত্তরঃ যে ফ্রিকুয়েন্সিতে এসি সার্কিটে রেজোন্যান্স সংঘটিত হয়, সেই ফ্রিকুয়েন্সিকে রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি (Resonance Frequency) বলে। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিকে f_o বা f_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক হার্টজ (Hz)

***** ৪। অসিলেটর সার্কিটে কোন ধরনের রেজোন্যান্স ব্যবহার করা হয়?** বাকাশিবো- ২০১৮, ২২

উত্তরঃ অসিলেটর সার্কিটে সিরিজ রেজোন্যান্স ব্যবহার করা হয়।

*** ৫। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের অ্যাক্টিভ, রিয়্যাক্টিভ এবং আপাত পাওয়ারের মান কত হয়?**

উত্তরঃ **অ্যাক্টিভ পাওয়ার ঃ** $P = VI\cos\theta$

$$= VI \times 1 \quad [\cos\theta = 1]$$

$$\therefore P = VI$$

রিয়্যাক্টিভ পাওয়ার ঃ $Q = VI\sin\theta$

$$= VI \times \sin(0°)$$

$$= VI \times 0 \quad [\sin(0°) = 0]$$

$$\therefore Q = 0$$

আপাত পাওয়ার ঃ $S = VI$

$Pf = \cos\theta = 1$

বা, $\theta = \cos^{-1}(1)$

$\therefore \theta = 0°$

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। রেজোন্যান্স বলতে কী বুঝায়? বাকাশিবো- ২০১২, ১৫

উত্তরঃ রেজিস্টর, ইন্ডাক্টর এবং ক্যাপাসিটরের সমন্বয়ে গঠিত এসি সার্কিটের যে অবস্থায় ভোল্টেজ এবং কারেন্ট ইনফেজে থাকে অর্থাৎ পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি($\cos\theta = 1$) হয়, সার্কিটের ঐ অবস্থাকে রেজোন্যান্স বলে। অর্থাৎ Inductor ও Capacitor থাকবে কিন্তু সম্পূর্ণ সার্কিটটি Resistive Circuit এর মত আচরণ করবে।

***** ২। প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$**

অথবা, সিরিজ রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

অথবা, R-L-C সিরিজ সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয়ের সূত্র প্রতিষ্ঠা কর। বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৪, ১৫, ১৭, ২৩

উত্তরঃ আমরা জানি,

সিরিজ রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে,

$$X_L = X_C$$

বা, $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$

বা, $2\pi fL \times 2\pi fC = 1$

বা, $f^2 4\pi^2 LC = 1$

বা, $f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$

বা, $f = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 LC}}$

বা, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$\therefore f_r = f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ **(প্রমাণিত)**

***** ৩। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৫, ১৮, ১৯, ২১, ২৪

উত্তরঃ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নে দেওয়া হলো ঃ

১) সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি হয়। অর্থাৎ, $P.f = \cos\theta = 1$ হয়।

২) ভোল্টেজ এবং কারেন্ট ইনফেজে থাকে। অর্থাৎ, ফেজ কোণ, $\theta = 0°$ হয়।

৩) ইন্ডাক্টিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_L) এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাক্ট্যান্স (X_C) সমান হয়। অর্থাৎ, $X_L = X_C$ হয়।

৪) এতে ইম্পিড্যান্সের মান সর্বনিম্ন হয়। অর্থাৎ, $Z = R$

৫) কারেন্টের মান সর্বোচ্চ হয়।

৬) মোট রিয়্যাকট্যান্স (X) শূন্য হয়। অর্থাৎ, $X = X_L - X_C = 0$

৭) অ্যাডমিট্যান্সের মান (Y) সর্বোচ্চ হয়। অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z}$

*** ৪। সিরিজ রেজোন্যান্স সংঘটিত করার পদ্ধতিগুলো কী কী?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪

উত্তরঃ সিরিজ রেজোন্যান্স সংঘটিত করার পদ্ধতিগুলো নিম্নে দেওয়া হলো ঃ

১) সার্কিটের ইন্ডাকট্যান্সের (L) মান পরিবর্তন করে।

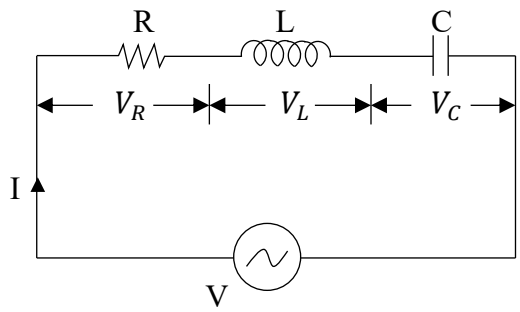
২) সার্কিটের ক্যাপাসিট্যান্সের (C) মান পরিবর্তন করে।

৩) সার্কিটের সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি (f) পরিবর্তন করে।

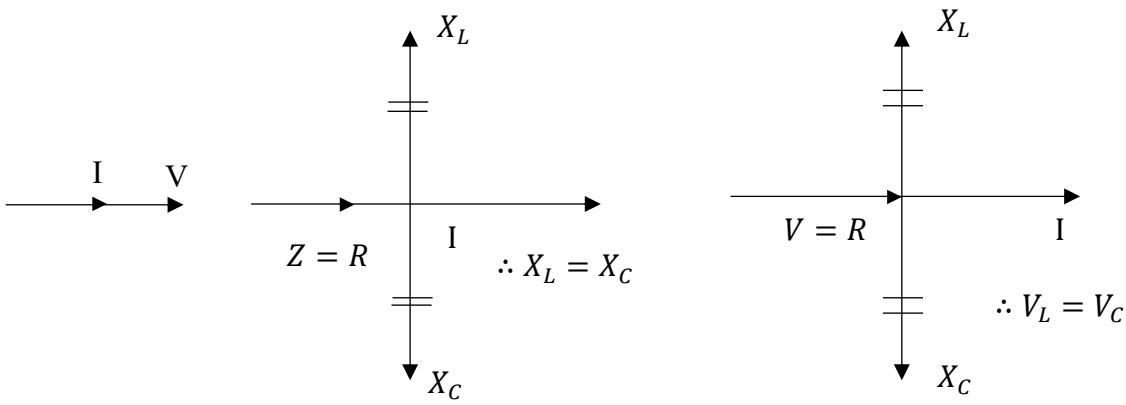
***** ৫। R-L-C সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

বাকাশিবো- ২০১৫, ২০, ২১

উত্তরঃ R-L-C সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম নিম্নে দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ RLC সিরিজ সার্কিট



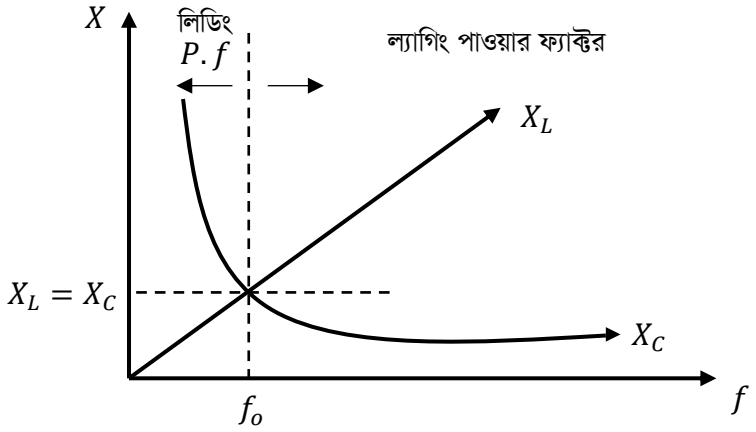
চিত্র ঃ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির কার্ভের বর্ণনা দাও, যখন ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনশীল।**

অথবা, RLC সিরিজ রেজোন্যান্স কার্ভ অঙ্কন কর। উক্ত সার্কিটে ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন এর সাথে পাওয়ার ফ্যাক্টর কীভাবে পরিবর্তন হয় ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ



চিত্র ঃ RLC Series Resonance Curve

উপরে একটি RLC সিরিজ রেজোন্যান্স কার্ভ দেখোনো হয়েছে। কার্ভ থেকে দেখা যাচ্ছে যে, ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করলে X_L এর মান বৃদ্ধি পায়, কারণ $X_L = 2\pi fL$, অর্থাৎ $X_L \propto f$ এবং ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করলে X_C এর মান কমতে থাকে কারণ, $X_C = \frac{1}{2\pi fc}$ অর্থাৎ, $X_C \propto \frac{1}{f}$। লো-ফ্রিকুয়েন্সিতে সার্কিটের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_L) এর মান আস্তে আস্তে বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_C) এর মান সর্বোচ্চ

হতে আস্তে আস্তে কমতে থাকে। যেহেতু এই অবস্থায় $X_C > X_L$ হয়, তাই পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হয়।

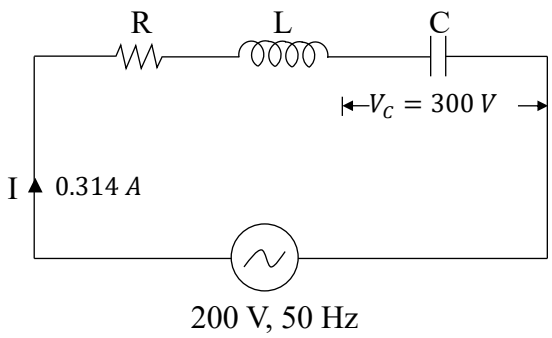
এই ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করতে থাকলে এমন একটি অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন $X_L = X_C$ হয়। RLC সার্কিটের এই অবস্থাকে রেজোন্যান্স অবস্থা বলে। রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি (Unity) হয়।

এই ফ্রিকুয়েন্সিকে আরো বৃদ্ধি করতে থাকলে সার্কিটের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্সের (X_L) মান ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_C) এর চেয়ে আরো বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, $X_L > X_C$ হয়। এই অবস্থায় সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং হয়।

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

***** ১। একটি RLC সিরিজ সার্কিটের রেজিস্টরে $50\ Hz$ সরবরাহে সর্বোচ্চ $0.314\ A$ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সার্কিটের ক্যাপাসিটিভ ভোল্টেজ, $V_C = 300\ V$ হলে সার্কিটের উপাদানগুলোর মান নির্ণয় কর।** বাকাশিবো- ২০১৭

সমাধানঃ



দেওয়া আছে, $V_C = 300\ V$

$V_R = V_s = 200\ V$

$f = 50\ Hz$

$I = 0.314\ A$

$R = ?$

$L = ?$

$C = ?$

আমরা জানি, RLC সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে, $Z = R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{200}{0.314}$$

$$= 636.94\ \Omega$$

$\therefore$ রেজিস্ট্যান্স, $R = 636.94\ \Omega$ **(Ans.)**

আবার, ক্যাপাসিটরের ভোল্টেজ, $V_C = I \times X_C$

বা, $300 = 0.314 \times X_C$

বা, $X_C = \frac{300}{0.314}$

$\therefore X_C = 955.41\ \Omega$

আমরা জানি, $X_C = \frac{1}{2\pi fc}$

নোট ঃ এখানে সর্বোচ্চ **Current** প্রবাহিত বলায় সার্কিটটি **Resonance** সার্কিট। যদিও **Resonance** সংগঠিত হয়েছে উল্লেখ করা নেই।

বা, $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$

$= \frac{1}{2\pi \times 50 \times 955.41}$

$= 3.33 \times 10^{-6}\ F$

$= 3.33\ \mu F$ **(Ans.)**

সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে, $X_L = X_C = 955.41\ \Omega$

$\therefore X_L = 2\pi f L$

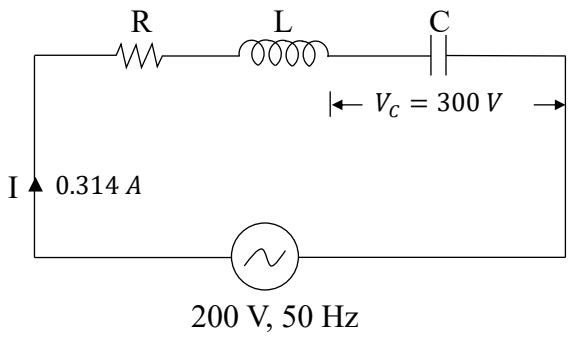
বা, $955.41 = 2\pi \times 50 \times L$

বা, $L = \frac{955.41}{2\pi \times 50}$

$\therefore L = 3.04\ H$ **(Ans.)**

***** ২। R-L-C Series circuit এ Inductor Variable এবং $200\sqrt{2}\ \sin 100\pi t$ Volt supply দিলে Maximum (সর্বোচ্চ) $0.314\ A$ Current Inductor দিয়ে প্রবাহিত হয়। Capacitive Voltage, $Vc = 300\ V$ হলে সার্কিটের (Ckt) এর উপাদানগুলো (Parameters) বের কর।**

সমাধানঃ



আমরা জানি, RLC সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে, $Z = R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{200}{0.314}$$

$$= 636.94\ \Omega$$

$\therefore$ রেজিস্ট্যান্স, $R = 636.94\ \Omega$ **(Ans.)**

আবার, ক্যাপাসিটরের ভোল্টেজ, $V_C = I \times X_C$

বা, $300 = 0.314 \times X_C$

বা, $X_C = \frac{300}{0.314}$

$\therefore X_C = 955.41\ \Omega$

দেওয়া আছে,

$$V = 200\sqrt{2}\sin 100\pi t \text{ Volt}$$

$$V = V_m \sin wt \pm \theta$$

$$\therefore V = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

$$= 200\ V$$

আমরা জানি, $X_C = \frac{1}{2\pi f c}$

বা, $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$

$$= \frac{1}{2\pi \times 50 \times 955.41}$$

$$= 3.33 \times 10^{-6}\ F$$

$$= 3.33\ \mu F \textbf{ (Ans.)}$$

সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটে, $X_L = X_C = 955.41\ \Omega$

$$\therefore X_L = 2\pi f L$$

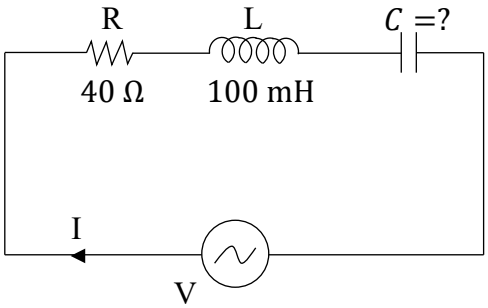
বা, $955.41 = 2\pi \times 50 \times L$

বা, $L = \frac{955.41}{2\pi \times 50}$

$$\therefore L = 3.04\ H \textbf{ (Ans.)}$$

***** ৩। 40 Ω রেজিস্ট্যান্স ও 100 mH ইন্ডাকট্যান্সের সাথে কত মানের ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে সমগ্র সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক (Unity) হবে?** বাকাশিবো- ২০২০

সমাধানঃ



দেওয়া আছে, $R = 40\ \Omega$

$L = 100\ mH = 100 \times 10^{-3}\ H$

$C = ?$

$f = 50$

আমরা জানি,

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-3} = 31.41\ \Omega$$

Series Resonance এর ক্ষেত্রে, $X_L = X_C = 31.41\ \Omega$

বা, $X_C = 31.41$

বা, $\frac{1}{2\pi f c} = 31.41$

বা, $C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 31.41}$

$\therefore C = 101.34 \times 10^{-6}\ F$

$= 101.34\ \mu F$ **(Ans.)**

$[1\ F = 10^{-6}\ \mu F]$

অধ্যায়-৪

সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যান্ডউইডথ এবং ॥সধঃযনরঃ{Q}-ফ্যাক্টর

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যবহার লেখ।** বাকাশিবো- ২০১৩, ২৩

উত্তরঃ সিরিজ রেজোন্যান্স এর ব্যবহার নিম্নরূপ ঃ

১) রেডিও সার্কিটে টিউনিং এর কাজে।

২) ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে।

৩) কমিউনিকেশন সিস্টেমে।

৪) হাই ফ্রিকুয়েন্সি ফিল্টার সার্কিটে।

৫) অসিলেটর সার্কিটে।

৬) রাডারে এবং সোলারে।

**** ২। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি কত প্রকার ও কী কী?** বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তরঃ কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি দুই প্রকার। যথা ঃ

১) লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_L) এবং

২) আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_H)

**** ৩। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১৪, ২২

উত্তরঃ ব্যান্ডউইডথ এর সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির মানকে কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

**** ৪। লোয়ার এবং আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?** বাকাশিবো- ১২

উত্তরঃ ব্যান্ডউইডথ এর সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির মানকে আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে এবং ব্যান্ডউইডথ এর সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির মানকে লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

***** ৫। হাফ-পাওয়ার পয়েন্ট কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৫, ১৮, ১৯, ২০, ২৩

উত্তরঃ রেজোন্যান্স এর পূর্বে এবং পরে লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি এবং আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সির জন্য যে পাওয়ার পাওয়া যায় তাকে হাফ পাওয়ার পয়েন্ট বলে।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ব্যান্ডইউডথ কাকে বলে?**

অথবা, RLC সিরিজ সার্কিটের ব্যান্ডউইডথ কাকে বলে?

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৪, ১৫, ১৮, ২১, ২২, ২৩

উত্তরঃ সিরিজ রেজোন্যান্স কার্ভ এর পূর্বে এবং পরে যে দুইটি বিন্দুতে কারেন্ট রেজোন্যান্স কারেন্টের 70.7% হয় সে দুইটি বিন্দুর ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যকে ব্যান্ডউইডথ (Bandwidth) বলে। একে প্রকাশ করা হয় Δf বা $\Delta\omega$ বা BW দ্বারা এবং এর একক হার্টজ (Hz).

***** ২। Q – Factor কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৪, ১৫, ১৬, ২৩

উত্তরঃ RCL সিরিজ সার্কিটে ইন্ডাকট্যান্স অথবা ক্যাপাসিট্যান্সের রিয়্যাকটিভ পাওয়ার এবং সার্কিটের গড় পাওয়ারের অনুপাতকে Q-ফ্যাক্টর বলে।

অর্থাৎ, $Q_0 = \frac{P_L}{P} = \frac{I^2X_L}{I^2R} = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{\omega L}{R} \quad [\omega = 2\pi f]$

অথবা, $Q_0 = \frac{P_C}{P} = \frac{I^2X_C}{I^2R} = \frac{\frac{1}{2\pi fC}}{R} = \frac{1}{2\pi fCR} = \frac{1}{\omega CR}$

অথবা, সিরিজ সার্কিটে রেজোন্যান্সের সময় ইন্ডাক্টর (L) অথবা ক্যাপাসিটর (C) এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ সার্কিটের সরবরাহ

ভোল্টেজের (V) চেয়ে অনেক বৃদ্ধি পায় । এই রেজোন্যান্সের কারণে সৃষ্ট ভোল্টেজ বিবর্ধন-কে সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের $Q - factor$ বলে।

$[Q - factor$ বা $Quality - factor]$

**** ৩। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ক্ষেত্রে দেখাও যে, $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$, যেখানে প্রতিকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।** বাকাশিবো- ২০১৮

উত্তরঃ আমরা জানি,

$$Q - factor, Q_0 = \frac{\text{L বা C এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ}}{\text{সরবরাহ ভোল্টেজ}}$$

$$= \frac{V_L}{V}$$

[V_L বা V_C যে কোনো একটি ধরে প্রমাণ করলেই হবে]

$$= \frac{IX_L}{IR} \quad [\text{সূত্র ঃ } V_L = IX_L \text{ এবং } V = IR]$$

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

$$= \frac{2\pi fL}{R} \quad [X_L = 2\pi fL]$$

$$= \frac{2\pi L}{R} \times f$$

$$= \frac{2\pi L}{R} \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি}, f = f_0 = f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}]$$

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

$$= \frac{\sqrt{L}\times\sqrt{L}}{R\times\sqrt{L}\times\sqrt{C}}$$

$$\left[\begin{array}{c}\sqrt{L}\times\sqrt{L} = \left(\sqrt{L}\right)^2 = L \\ \sqrt{LC} = \sqrt{L}\times\sqrt{C}\end{array}\right]$$

$$= \frac{\sqrt{L}}{R\times\sqrt{C}}$$

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

$$\therefore Q - \text{factor}, Q_0 = \frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (\textbf{Proved}).$$

অথবা, [বিকল্প নিয়ম]

আমরা জানি, $Q - \text{factor}, Q_0 = \frac{P_L}{P}$

$$= \frac{I^2X_L}{I^2R}$$ [সূত্র ঃ $P_L = I^2X_L$ এবং $P = I^2R$]

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

$$= \frac{2\pi fL}{R} \qquad [X_L = 2\pi fL]$$

$$= \frac{2\pi L}{R}\times f$$

$$= \frac{2\pi L}{R}\times\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ [রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $\therefore f = f_0 = f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$]

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

$$= \frac{\sqrt{L}\times\sqrt{L}}{R\times\sqrt{L}\times\sqrt{C}}$$

$$\left[\begin{array}{c}\sqrt{L}\times\sqrt{L} = \left(\sqrt{L}\right)^2 = L \\ \sqrt{LC} = \sqrt{L}\times\sqrt{C}\end{array}\right]$$

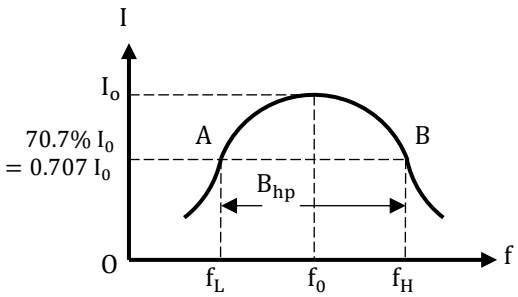
$$= \frac{\sqrt{L}}{R\times\sqrt{C}}$$

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

$$\therefore Q - \text{factor}, Q_0 = \frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad \textbf{(Proved).}$$

***** ৪। ব্যান্ডউইডথ কাকে বলে? চিত্রসহ বর্ণনা দাও।** বাকাশিবো- ২০১৮

উত্তরঃ ব্যান্ডউইডথ এর চিত্রসহ নিম্নে বর্ণনা দেওয়া হলো ঃ



সংজ্ঞা ঃ সিরিজ রেজোন্যান্স কার্ভ এর পূর্বে এবং পরে যে দুইটি বিন্দুতে কারেন্ট রেজোন্যান্স কারেন্টের (I_0) 70.7% হয় সে দুইটি বিন্দুর ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যকে ব্যান্ডউইডথ (Bandwidth) বলে। একে প্রকাশ করা হয় Δf বা $\Delta\omega$ বা BW দ্বারা এবং এর একক হার্টজ (Hz).

উপরের চিত্র হতে,

$I_0 =$ রেজোন্যান্স কারেন্ট,

f_L = লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি,

f_H = আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি,

f_0 = রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি।

A ও B বিন্দু দুটিকে হাফ-পাওয়ার পয়েন্ট বলা হয়। A ও B বিন্দুতে কারেন্ট রেজোন্যান্স (I_0) কারেন্টের 70.7% হয়। A বিন্দুর ফ্রিকুয়েন্সি হচ্ছে f_L এবং B বিন্দুর ফ্রিকুয়েন্সি f_H.

আর A ও B বিন্দুর ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্য হচ্ছে ব্যান্ডউইডথ। অর্থাৎ,

$\Delta f = f_H - f_L$.

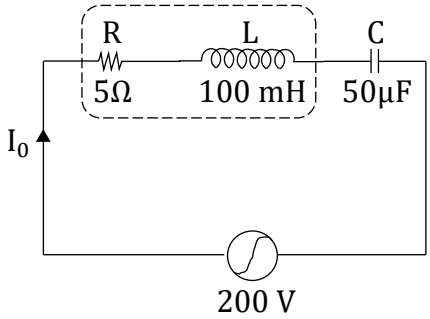
SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

*** ১। একটি কয়েলের রোধ 5Ω এবং ইন্ডাকট্যান্স $100\ mH$ এর সাথে সিরিজে 50μF একটি ক্যাপাসিটর সংযুক্ত করে $200\ V$ সরবরাহের সাথে সংযোগ করা হলো । নির্ণয় কর ঃ

(ক) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি (f_0) (খ) রেজোন্যান্স কারেন্ট (I_0), (গ) $Q - factor\ (Q_0)$

(ঘ) ব্যান্ডউইডথ ফ্রিকুয়েন্সি (Δf) (ঙ) রেজোন্যান্স অবস্থায় ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ। বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৫, ২৩

উত্তরঃ



দেওয়া আছে,

$R = 5\Omega$

$L = 100\ mH$

$= 100 \times 10^{-3} H$

$C = 50\ \mu F$

$= 50 \times 10^{-6} F$

(ক) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{100\times10^{-3}\times50\times10^{-6}}}$$

$$= 71.176\ Hz \quad (\textbf{Ans.})$$

(খ) রেজোন্যান্স কারেন্ট,

$$I_0 = \frac{V}{R} = \frac{200}{5} = 40\ Amp \qquad (\textbf{Ans.})$$

(গ) $Q - Factor, Q_0 = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$

$$= \frac{1}{5} \times \sqrt{\frac{100\times10^{-3}}{50\times10^{-6}}}$$

$$= 8.94 \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঘ) ব্যান্ডউইডথ ফ্রিকুয়েন্সি, $\Delta f = \frac{R}{2\pi L} = \frac{5}{2\pi\times100\times10^{-3}}$

$$= 7.96\ Hz \qquad (\textbf{Ans.})$$

অথবা, $\Delta f = \frac{f_0}{Q_0}$

$$= \frac{71.176}{8.94}$$

$$= 7.96\ Hz \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঙ) রেজোন্যান্স অবস্থায় ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ,

$$V_C = IX_L$$

$$= 40 \times \frac{1}{2\pi f_0 C} \qquad \left[X_C = \frac{1}{2\pi f_0 C}\right]$$

$$= 40 \times \frac{1}{2\pi \times 71.176 \times 50 \times 10^{-6}}$$

$$= 1788.86\ V \quad (\textbf{Ans.})$$

**** ২। একটি RLC সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের রোধ, ইন্ডাকট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্স যথাক্রমে $100\Omega, 10mH$ ও $200\mu F$ এবং ঐ সার্কিটে $50\ V$ সরবরাহ দিলে নির্ণয় কর ঃ**

(ক) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি (f_0) (খ) ব্যান্ডউইডথ (Δf) (গ) হাফ-পাওয়ার ফ্রিকুয়েন্সি $(f_1$ ও $f_2)$

(ঘ) রেজোন্যান্স কারেন্ট (I_0) বাকাশিবো- ২০১৯

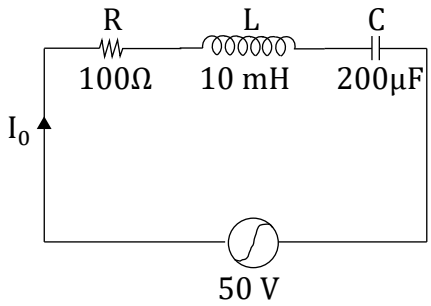
সমাধানঃ দেওয়া আছে,

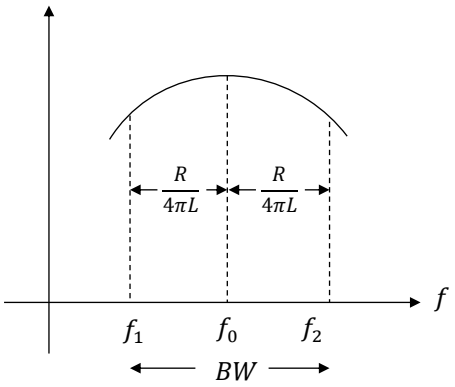
$R = 100\Omega$

$L = 10\ mH$

$= 10 \times 10^{-3} H$

$C = 200\ \mu F = 200 \times 10^{-6} F$





(ক) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{10\times10^{-3}\times200\times10^{-6}}}$$

$$= 112.54\ Hz \quad (\textbf{Ans.})$$

(খ) ব্যান্ডউইডথ, $\Delta f = \frac{R}{2\pi L}$

$$= \frac{100}{2\pi\times10\times10^{-3}}$$

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

(গ) লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি, f_1 বা $f_L = f_0 - \frac{R}{4\pi L}$

$$= 112.54 - \frac{100}{4\pi\times10\times10^{-3}}$$

$$= 112.54 - 795.77$$

$$= -683.23\ Hz \quad (\textbf{Ans.})$$

এবং আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি, f_2 বা $f_H = f_0 + \frac{R}{4\pi L}$

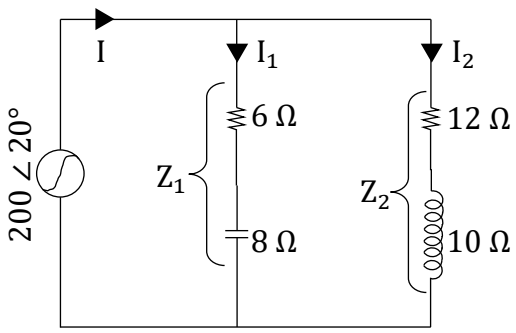
$$= 112.54 + \frac{100}{4\pi\times10\times10^{-3}}$$

$$= 112.54 + 795.77$$
$$= 908.31\ Hz \quad (\textbf{Ans.})$$

(ঘ) রেজোন্যান্স কারেন্ট, $I_0 = \frac{V}{R} = \frac{50}{100} = 0.5\ (\textbf{Ans.})$

*** ৩। একটি প্যারালাল সার্কিটের দুটি শাখার ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে $(6 - j8)$ ও $(12 + j10)$ এবং ঐ সার্কিটে $200 \angle 20°V$ সরবরাহ দিলে মোট কারেন্টের রেজোন্যান্স এর পার্থক্য লেখ।** বাকাশিবো- ২০১৩

সমাধানঃ



$$\therefore I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{200 \angle 20°}{6-j8} = 20 \angle 73.13\ A$$
$$\therefore I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{200 \angle 20°}{12+j10} = 12.803 \angle -19.81\ A$$

$\therefore$ মোট কারেন্ট, $I = I_1 + I_2$
$$= (20 \angle 73.13) + (12.803 \angle -19.81)$$
$$= 23.18 \angle 39.66\ A$$

দেওয়া আছে, $Z_1 = 6 - j8\ \Omega$

$Z_2 = 12 + j10\ \Omega$

$V = 200 \angle 20°\ V$

রেজোন্যান্স ও মোট কারেন্টের পার্থক্য = ?

বিকল্প পদ্ধতি ঃ যেহেতু প্যারালালে Voltage সমান তাই,

$$V_T = V_1 = V_2 = V$$

$$I_T = I_1 + I_2$$

$$= \frac{V}{z_1} + \frac{V}{z_2}$$

$$= \frac{200\angle 20^\circ}{6-j8} + \frac{200\angle 20^\circ}{12+j10}$$

$$\therefore I_T = 23.18\angle 39.66A$$

আমরা জানি, মোট কারেন্ট রেজোন্যান্স কারেন্টের 70.7%

$$\Rightarrow I = I_0 \times 70.7\%$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{I}{70.7\%}$$

$$= \frac{I}{\frac{70.7}{100}}$$

$$= \frac{23.18 \angle 39.66}{0.707}$$

$$\therefore I_0 = 32.79 \angle 39.66 \text{ A}$$

∴ রেজোন্যান্স কারেন্ট ও মোট কারেন্টের পার্থক্য,

$$= I_0 - I$$

$$= (32.79 \angle 39.66) - (23.18 \angle 39.66)$$

$$= 9.618 \angle 39.66 \text{ Amp} \quad (\textbf{Ans.})$$

অধ্যায়-৫ প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। প্যারালাল রেজোন্যান্স বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০১৯, ২১

উত্তরঃ

অ্যাডমিট্যান্স

$Y = G \pm jB$ → সাসেপ্ট্যান্স

কন্ডাকট্যান্স

প্যারালাল সার্কিটের যখন ইন্ডাক্টিভ সাসেপ্ট্যান্স ক্যাপাসিটিভ সাসেপ্ট্যান্স b_c সমান হয় তখন সার্কিটের উক্ত অবস্থাকে প্যারালাল রেজোন্যান্স বলে।

অর্থাৎ, $B_L = B_C$

$\Rightarrow B_L - B_C = 0$

অথবা, দুই বা ততোধিক ইন্ডাকটিভ (L) বা ক্যাপাসিটিভ (C) শাখাবিশিষ্ট এসি প্যারালাল সার্কিটের শাখা কারেন্ট সমূহের রিয়্যাকটিভ (উল্লম্ব) উপাংশগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হলে সার্কিটের এই অবস্থাকে প্যারালাল রেজোন্যান্স বলে।

অর্থাৎ, $I_C \sin\theta_c - I_L \sin\theta_L = 0$ হবে।

***** ২। প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটে কারেন্ট সর্বনিম্ন হয় কেন?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৭

উত্তরঃ যেহেতু প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের ইম্পিড্যান্স সর্বোচ্চ হয় তাই প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের কারেন্ট সর্বনিম্ন হয়।

অর্থাৎ, $I_{min} = \frac{V}{Z_{max}}$ অথবা, প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের ইম্পিডেন্স এর মান সর্বোচ্চ বিধায় কারেন্টের মান সর্বনিম্ন হয়।

***** ৩। প্যারালাল রেজোন্যান্স এর শর্তগুলো লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৮, ১৯, ২০

উত্তরঃ প্যারালাল রেজোন্যান্স এর শর্তগুলো নিম্নরূপ ঃ

১) অ্যাডমিট্যান্সগুলোর উল্লম্ব উপাংশের (রিয়্যাকটিভ উপাংশ) ভেক্টর যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $B = B_L - B_C = 0$ হবে।

২) শাখা কারেন্ট গুলোর উল্লম্ব উপাংশ (রিয়্যাকটিভ উপাংশ) এর ভেক্টর যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $I_C \sin\theta_c - I_L \sin\theta_L = 0$

*** ৪। একটি বিশুদ্ধ বা খাঁটি (Pure) ইন্ডাক্টর এবং ক্যাপাসিটর প্যারালালে সংযুক্ত আছে। রেজোন্যান্স অবস্থায় এর কারেন্ট কত হবে?**

বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তরঃ প্যারালাল রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের কারেন্ট সর্বনিম্ন হয়।

অর্থাৎ, $I_{min} = \frac{V}{Z_{max}}$

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্য গুলো কী কী?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫, ২০, ২১, ২২

উত্তরঃ প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্য গুলো নিম্নরূপ ঃ

১) কারেন্ট (I_0) সর্বনিম্ন হবে।

২) ইম্পিড্যান্স (Z) সর্বোচ্চ হবে।

৩) অ্যাডমিট্যান্স (Y) সর্বনিম্ন হবে।

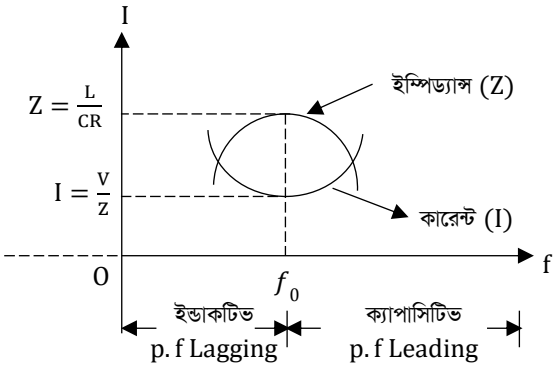
৪) পাওয়ার ফ্যাক্টর একক (Unity) হবে।

৫) ইন্ডাকটিভ এবং ক্যাপাসিটিভ সাসেপ্ট্যান্স এর মান সমান হবে। অর্থাৎ, $B_L = B_C$

৬) শাখা কারেন্ট সমূহের উল্লম্ব উপাংশের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $I_C \sin\theta_c - I_L \sin\theta_L = 0$

***** ২। প্যারালাল সার্কিটে কখন রেজোন্যান্স ঘটে?** বাকাশিবো- ২০১৫, ১৬

উত্তরঃ এসি প্যারালাল সার্কিটে যখন শাখা কারেন্ট অথবা অ্যাডমিট্যান্সের উল্লম্ব উপাংশের ভেক্টর যোগফল শূন্য হয় তখন প্যারালাল রেজোন্যান্স সংঘটিত হয়। অর্থাৎ, $I_C \sin\theta_C - I_L \sin\theta_L = 0.$

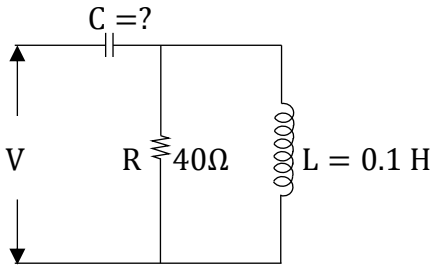


চিত্র ঃ প্যারালাল রেজোন্যান্স কার্ভ

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

*** ১। 40 Ω রেজিস্ট্যান্স (রোধ) এবং 0.1 H ইন্ডাকট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত অবস্থায় কত মানের ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযুক্ত করলে সমগ্র সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক হবে?** বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫, ১৭

সমাধানঃ



চিত্র ঃ ১

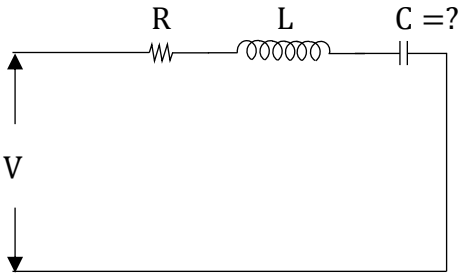
$$Z = (R \,||\, jX_L)$$
$$= (40)||(0 + j\,31.41)$$
$$= (15.25 + j\,19.429)\Omega$$

[সূত্র ঃ $\mathbf{Z = R + jX_L}$]

$\therefore X_L = 2\pi fL$

$= 2\pi \times 50 \times 0.1$ [$\therefore$ f = 50 ধরে]

$= 31.41\ \Omega$



চিত্র ঃ ২

Series Resonance এর ক্ষেত্রে, $X_L = X_C$

$$\Rightarrow 19.429 = X_C$$

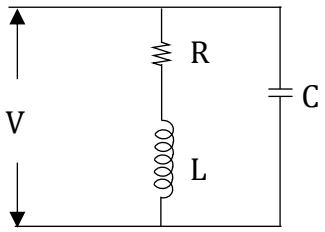
$$\Rightarrow 19.429 = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{19.429 \times 2\pi \times 50}$$

$$\therefore C = 163.83 \times 10^{-6} F = 163.83\ \mu F \quad (\textbf{Ans.})$$

**** ২। একটি প্যারালাল সার্কিটের প্রথম শাখায় 0.0001Ω রেজিস্ট্যান্স ও $0.002H$ ইন্ডাকট্যান্স এবং দ্বিতীয় শাখায় $0.0005\ \mu F$ ক্যাপাসিট্যান্স আছে। কত ফ্রিকুয়েন্সিতে সার্কিটটি রেজোন্যান্স হবে?**

সমাধানঃ



দেওয়া আছে, রোধ, $R = 0.0001\Omega$

ইন্ডাকট্যান্স, $L = 0.002\ H$

ক্যাপাসিট্যান্স, $C = 0.0005\ \mu F$

$$= 0.0005 \times 10^{-6}$$

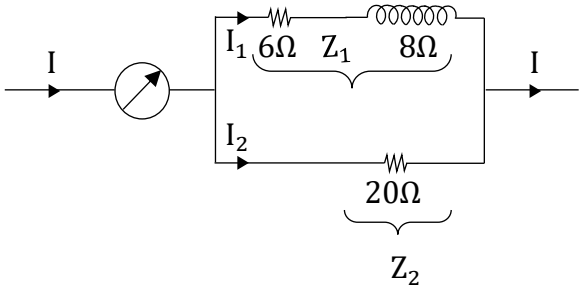
আমরা জানি, R-L এবং C শাখার জন্য প্যারালাল রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{1}{0.002\times0.0005\times10^{-6}} - \frac{(0.0001)^2}{(0.002)^2}}$$
$$= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{(1\times10^{12}) - (2.5\times10^{-3})}$$
$$= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{1\times10^{12}}$$
$$= \frac{1}{2\pi} \times 1000000$$
$$= 159154.94 \text{ Hz}$$
$$= \frac{159154.94}{1000} \text{ KHz} \qquad [1 \text{ KHz} = 1000 \text{ Hz}]$$
$$= 159.15 \text{ KHz} \quad (\textbf{Ans.})$$

**** ৩। নিম্নোক্ত সার্কিটের প্রতি শাখার পাওয়ার বের কর। যখন Total Power 2200W হয়।**

সমাধানঃ



মোট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_t = Z_1 || Z_2$$
$$= (6 + j8) \,||\, 20$$
$$= (6 + j8) \,||\, (20 + j0) \qquad [Z = R + jX_L]$$
$$= (5.94 + j\,4.32)\ \Omega$$
$$= (7.35 \angle 36.03)\ \Omega$$

মোট পাওয়ার, $P = I^2R$

$$\Rightarrow 2200 = I^2 \times 5.94$$

[মোট সার্কিটের সমতুল্য রোধ, $R = 5.94\Omega$]

$$\Rightarrow \frac{2200}{5.94} = I^2$$

$$\Rightarrow I^2 = \frac{2200}{5.94}$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{2200}{5.94}}$$

$$\Rightarrow I = 19.24\ A \quad \rightarrow$$

$$\therefore\ I = 19.24\ \angle -36.03°A$$

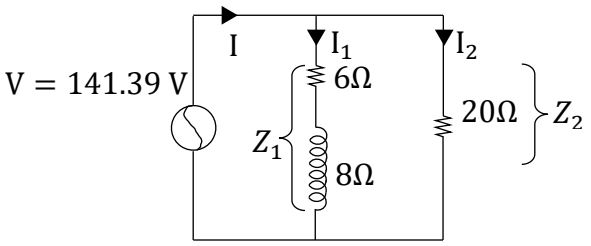
আবার, $P = VI\cos\theta$

$$\Rightarrow 2200 = V \times 19.24 \times \cos(36.03)$$

$$\Rightarrow V = \frac{2200}{19.24 \times \cos(36.03)}$$

$$\Rightarrow V = \frac{2200}{15.559}$$

$$\therefore V = 141.39\ V$$



$$\therefore I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{141.39}{6+j8} = 14.14\angle -53.13\ A$$

$$\therefore I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{141.39}{20} = 7.06\ A$$

প্রতি শাখার পাওয়ার,

$$P_1 = I_1^2 R_1$$
$$= (14.14)^2 \times 6$$
$$= 1199.63\ W \quad (\textbf{Ans.})$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = (7.06)^2 \times 20 = 996.872\ W \quad (\textbf{Ans.})$$

[অথবা, কারেন্ট ডিভাইডার সূত্র প্রয়োগ করে, I_1 & I_2 বের করা যাবে।]

$$I_1 = \frac{I \times Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{19.24\angle -36.03° \times 20}{(6 + j8) + 20} = 14.14\angle -53.13\ A$$

$$\therefore\ I_2 = \frac{I \times Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{19.24\angle -36.02 \times (6 + j8)}{(6 + j8) + 20} = 7.07\ A$$

অথবা, $I_2 = I - I_1$

$$= (19.24\angle -36.03) - (14.14\angle -53.13)$$
$$= 7.07\ A \quad (\textbf{Ans.})$$

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]

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

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

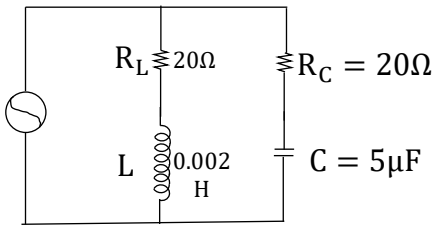
$$= \frac{2\pi f_0}{2\pi \Delta f}$$

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

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]

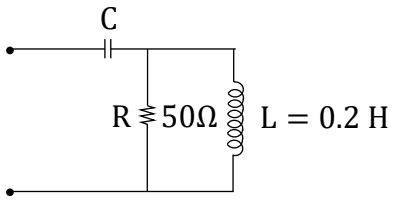
***** ২। 50Ω রোধ এবং 0.2H ইন্ডাকট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত অবস্থায় কত মানের ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক (Unity) হবে?** বাকাশিবো- ২০১৪

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

অধ্যায়-৭ পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। পলিফেজ সিস্টেম কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১২, ১৪, ১৫, ১৮

উত্তরঃ যে সকল পাওয়ার সিস্টেম দুই বা ততোধিক অনুরূপ (একই ধরনের) ফেজের সমন্বয়ে গঠিত হয়, তাকে পলিফেজ সিস্টেম বলে। যেমন ঃ পলিফেজ সিস্টেম $2\text{-}\phi$, $3\text{-}\phi$, $6\text{-}\phi$, $12\text{-}\phi$ এর হয়ে থাকে। তবে তিন ফেজ $(3\text{-}\phi)$ সিস্টেম সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয়।

***** ২। তিন ফেজ $(3\text{-}\phi)$ সিস্টেমের ফেজ পার্থক্য কত ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি?** বাকাশিবো- ২০১৮, ১৯

উত্তরঃ তিন ফেজ $(3\text{-}\phi)$ সিস্টেমের ফেজ পার্থক্য $120°$ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি হয়। $\frac{360}{n} = \frac{360}{3} = 120°$

***** ৩। দুই ফেজ $(2\text{-}\phi)$ সিস্টেমে (পদ্ধতিতে) ফেজ পার্থক্য কত ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি?**

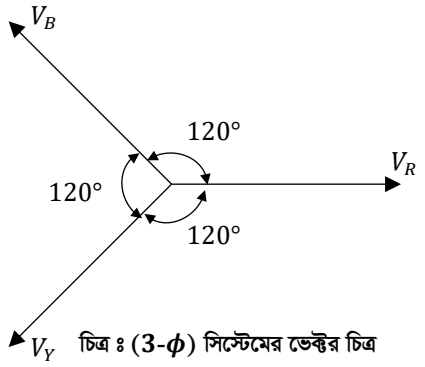
অথবা, দুই ফেজ $(2\text{-}\phi)$ পদ্ধতিতে ভোল্টেজ তরঙ্গ পরস্পর কত ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রিতে স্থানচ্যুত থাকে?

উত্তরঃ দুই ফেজ $(2\text{-}\phi)$ পদ্ধতিতে ভোল্টেজ তরঙ্গ পরস্পর $90°$ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রিতে স্থানচ্যুত থাকে।

***** ৪। তিন ফেজ (3-ϕ) সিস্টেমের ভোল্টেজের ভেক্টর চিত্র আঁক।**

বাকাশিবো- ২০১৬, ২০

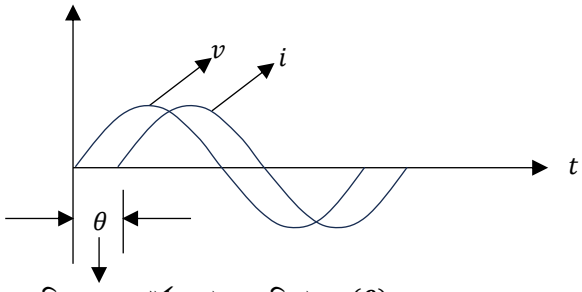
উত্তরঃ



চিত্র ঃ (3-ϕ) সিস্টেমের ভেক্টর চিত্র

**** ৫। ফেজ ডিফারেন্স কী?** বাকাশিবো- ২০১১, ১৫

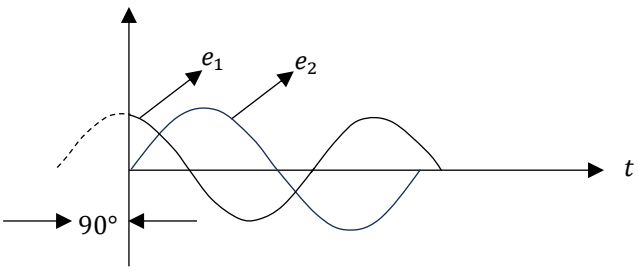
উত্তরঃ একই ধরনের দুইটি অথবা ভিন্ন ভিন্ন দুটি পরিবর্তনশীল রাশির শূন্য মান অথবা সর্বোচ্চ মানের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানকে (কোণকে) ফেজ ডিফারেন্স বলে।



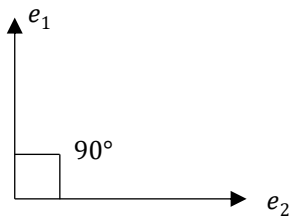
চিত্র ঃ ফেজ পার্থক্য বা ফেজ ডিফারেন্স (θ)

**** ৬। দুই ফেজ (2-ϕ) সিস্টেমের ফেজ দুটির পার্থক্য কত ডিগ্রি? ওয়েভ ডায়াগ্রাম এর মাধ্যমে দেখাও।** বাকাশিবো- ২০১৩, ১৬

উত্তরঃ দুই ফেজ (2-ϕ) সিস্টেমের ফেজ দুটির পার্থক্য 90° ডিগ্রি হয়ে থাকে।



চিত্র ঃ 2-ϕ সিস্টেমের ওয়েভ ডায়াগ্রাম

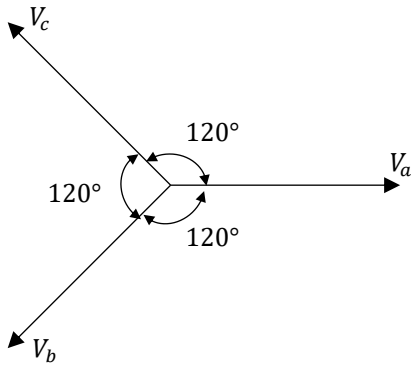


চিত্র ঃ 2-ϕ সিস্টেমের ভেক্টর চিত্র

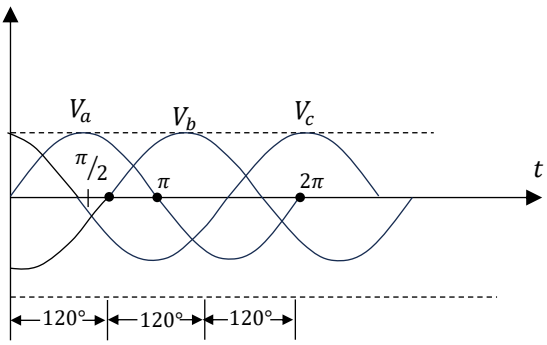
SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। তিন ফেজ (3-ϕ) পদ্ধতির ওয়েভ ও ভেক্টর চিত্র আঁক।** বাকাশিবো- ২০১৪, ১৫, ২০, ২৪

উত্তরঃ



চিত্র ঃ (3-ϕ) সিস্টেমের ভেক্টর ডায়াগ্রাম



চিত্র ঃ (3-ϕ) সিস্টেমের ওয়েভ ডায়াগ্রাম

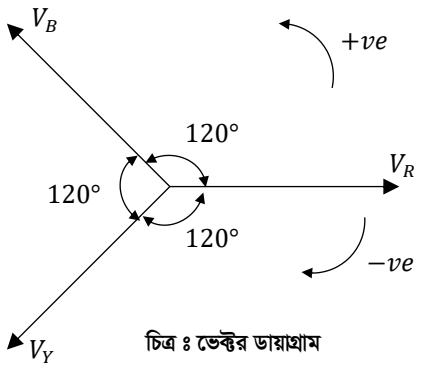
***** ২। তিন ফেজ এর ক্রম অনুসারে ভোল্টেজ সমীকরণ লেখ।**

উত্তরঃ ফেজ ভোল্টেজ সমূহ ঃ

১.$V_R = V_P\angle 0°$

২.$V_Y = V_P\angle -120°$

৩.$V_B = V_P\angle -240°$



চিত্র ঃ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

ফেজ ভোল্টেজ এর সমীকরণ সমূহ ঃ

১.$V_R = V_m \sin(\omega t + 0°)$

২.$V_Y = V_m \sin(\omega t - 120°)$

৩.$V_B = V_m \sin(\omega t - 240°)$

***** ৩। এক-ফেজ ও তিন-ফেজ সাপ্লাই-এর পার্থক্য লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৮, ২০

উত্তরঃ এক-ফেজ ও তিন-ফেজ সাপ্লাই-এর মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ ঃ

এক-ফেজ (1-ϕ) সাপ্লাই	**তিন-ফেজ (3-ϕ) সাপ্লাই**
১) দুইটি তার সংযোগ করা থাকে। একটি ফেজ ও একটি নিউট্রাল।	১) এটি তিন-ফেজ, তিন তার অথবা তিন ফেজ, চার তার বিশিষ্ট হয়।
২) সরবরাহ ভোল্টেজ $(220 - 250)V$ হয়।	২) সরবরাহ ভোল্টেজ $(400 - 440)V$ হয়।
৩) একই দূরত্বে সমপরিমাণ পাওয়ার প্রেরণ করতে তামার পরিমাণ বেশি লাগে।	৩) একই দূরত্বে সমপরিমাণ পাওয়ার প্রেরণ করতে তামার পরিমাণ কম লাগে।

এক-ফেজ (1-ϕ) সাপ্লাই	তিন-ফেজ (3-ϕ) সাপ্লাই
৪) 1-ϕ মোটরের দক্ষতা কম।	৪) 3-ϕ মোটরের দক্ষতা বেশি।
৫) 1-ϕ মোটর নিজে নিজে চালু হতে পারে না।	৫) 3-ϕ মোটর নিজে নিজে চালু হতে পারে।
৬) 1-ϕ দিয়ে কখনও 3-ϕ লোড চালানো যায় না।	৬) কিন্তু 3-ϕ দিয়ে 1-ϕ লোড চালানো যায়।
৭) লস বেশি হয় এবং দক্ষতা কম হয়।	৭) দক্ষতা বেশি এবং লস কম।
৮) এটা সহজ সার্কিট সিস্টেম।	৮) এটা জটিল সার্কিট সিস্টেম।
৯) বাসা বাড়িতে ব্যবহৃত হয়।	৯) শিল্প-কারখানায় ব্যবহৃত হয়।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। এক ফেজ পদ্ধতির তুলনায় তিন ফেজ পদ্ধতির সুবিধাগুলো লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৪'পরি, ১৫, ১৬, ১৯'পরি, ২০'পরি, ২৩

অথবা, সিঙ্গেল-ফেজ (1-ϕ) এর তুলনায় থ্রি-ফেজ (3-ϕ) এর সুবিধাগুলো লেখ ।

উত্তরঃ এক ফেজ পদ্ধতির তুলনায় তিন ফেজ পদ্ধতির সুবিধাগুলো নিম্নরূপ ঃ

১.3-ϕ থেকে খুব সহজেই 1-ϕ এ সাপ্লাই দেওয়া যায়, কিন্তু 1-ϕ থেকে 3-ϕ সিস্টেমে সাপ্লাই দেওয়া যায় না।

২.এর দক্ষতা বেশি হয়।

৩.লস কম হয়।

৪.কম প্রয়োজন হয়।

৫.1-ϕ মোটর নিজে নিজে চালু হতে পারে না, কিন্তু 3-ϕ মোটর নিজে নিজে চালু হতে পারে।

৬.একই ক্ষমতা সম্পন্ন 1-ϕ ট্রান্সফরমারের তুলনায় 3-ϕ ট্রান্সফরমারের আকার ছোট, ওজনে হালকা এবং খরচ কম হয়।

৭.আর্মেচার রিয়্যাকশন জনিত কারণে 1-ϕ অল্টারনেটরকে সিনক্রোনাইজিং করা কঠিন কিন্তু 3-ϕ অল্টারনেটরকে খুব সহজেই সিনক্রোনাইজিং করা যায়।

৮.3-ϕ সিস্টেমে দুই ধরনের ভোল্টেজ পাওয়া যায়। যার ফলে 1-ϕ এবং 3-ϕ লোডে সাপ্লাই দেওয়া যায়।

অধ্যায়-৮ পলিফেজ পাওয়ার সিস্টেম এর ফেজ সিকুয়েন্স

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ফেজ সিকুয়েন্স (ফেজ ক্রম) কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১৩'পরি, ১৪, ১৫, ১৫'পরি

উত্তরঃ যে ক্রম অনুসারে পলিফেজ সিস্টেমের ভোল্টেজ গুলো তাদের পজিটিভ সর্বোচ্চ মান এবং অন্যান্য তাৎক্ষণিক মান অতিক্রম করে তাকে ফেজ সিকুয়েন্স (ফেজ ক্রম) বলে। ফেজ সিকুয়েন্স দুই প্রকার। যথা- পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স এবং নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স।

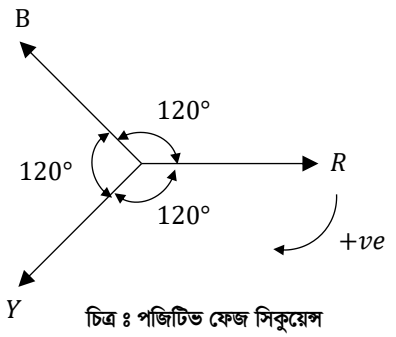
⇒ পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স → R-Y-B

⇒ নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স → R-B-Y

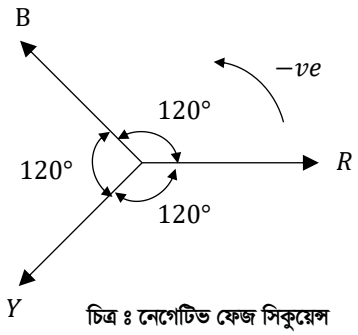
***** ২। ফেজ সিকুয়েন্স কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তরঃ ফেজ সিকুয়েন্স দুই প্রকার। যথা-

পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স → R-Y-B এবং নেগেটিভ (রিভার্স) সিকুয়েন্স → R-B-Y



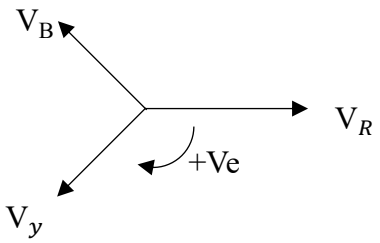
চিত্র ঃ পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স



চিত্র ঃ নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স

***** ৩। পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কাকে বলে?**

উত্তরঃ যদি কোনো $3-\varphi$ পাওয়ার সিস্টেমের ফেজ সিকুয়েন্স R-Y-B হয়, তখন তাকে পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স বলে।



***** ৪। রিভার্স (নেগেটিভ) ফেজ সিকুয়েন্স কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৫'পরি, ১৬

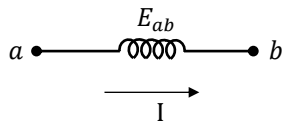
উত্তরঃ যখন কোনো $3\ \varphi$ (তিন ফেজ) সিস্টেমের যে কোনো দুইটি ফেজকে পরস্পর এর মধ্যে স্থান পরিবর্তন করা হয় তখন তাকে রিভার্স (নেগেটিভ) ফেজ সিকুয়েন্স বলে। যেমন ঃ পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স → R-Y-B এবং নেগেটিভ (রিভার্স) সিকুয়েন্স → R-B-Y [সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, Y ও B ফেজ পরস্পর এর মধ্যে স্থান পরিবর্তন করেছে]

***** ৫। ডাবল সাবস্ক্রিপ্ট নোটেশন কী?**

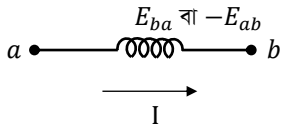
বাকাশিবো- ২০১২, ১২'পরি, ১৩'পরি, ১৪, ১৪'পরি, ১৫, ১৬'পরি, ১৮, ১৯, ২২, ২৩, ২৪

অথবা, Double subscript notation (দ্বি-লিপি অঙ্কপাতন) বলতে কী বুঝায়?

উত্তরঃ যে পদ্ধতিতে কোনো এসি সার্কিটের ভোল্টেজ বা কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশনার জন্য যে দুটি অক্ষরের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় তাকে Double subscript notation (দ্বি-লিপি অঙ্কপাতন) বলা হয়।



চিত্র ঃ (ক)



চিত্র ঃ (খ)

***** ৬। ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষার পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।**

বাকাশিবো- ২০১৭, ২০

উত্তরঃ সাধারণত দুইভাবে ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষা করা হয়। যথা ঃ

১.বাতি ও ক্যাপাসিটর পদ্ধতি এবং

২.ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর পদ্ধতি।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

*** ১। ডাবল সাবস্ক্রিপ্ট নোটেশনের সাহায্যে $330\angle 0°\ V$ এবং $230\angle -120°V$ দুইটির যোগফল নির্ণয় কর। বাকাশিবো- ২০১৮

সমাধানঃ

ধরি,

$E_{ab} = 330\angle 0°\ V$

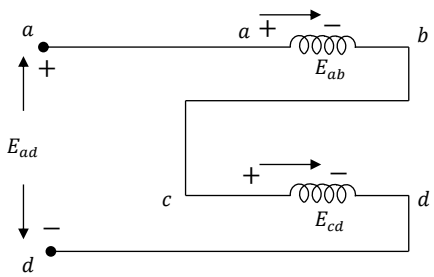
$E_{cd} = 230\angle -120°\ V$

$\therefore E_{ad} = ?$

$$\therefore E_{ad} = E_{ab} + E_{cd}$$
$$= (330\angle 0°) + (230\angle -120°)$$
$$= 293.08\angle -42.81°V \textbf{ (Ans.)}$$

ব্যাখ্যা ঃ

KVL প্রয়োগ করে, $+E_{ad} - E_{ab} - E_{cd} = 0$



$$\therefore E_{ad} = E_{ab} + E_{cd}$$

*** ২। ডাবল সাবস্ক্রিপ্ট নোটেশনের সাহায্যে $230\angle 0°\ V$ এবং $230\angle -120°\ V$ দুটির যোগফল নির্ণয় কর। বাকাশিবো- ২০১৯'পরি

সমাধানঃ ধরি,

$E_{ab} = 230\angle 0°\ V$

$E_{cd} = 230\angle -120°\ V$

$\therefore E_{ad} = ?$

$$\therefore E_{ad} = E_{ab} + E_{cd}$$
$$= (230\angle 0°) + (230\angle -120°)$$
$$= 230\angle -60°\ V$$ **(Ans.)**

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষা (চেকিং) এর যে কোনো একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।** বাকাশিবো- ২০১২, ১৫'পরি, ১৭, ১৮, ১৯, ১৯'পরি, ২৪

অথবা, কী কী পদ্ধতিতে ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষা (চেকিং) করা যায়, চিত্রসহ বর্ণনা কর।

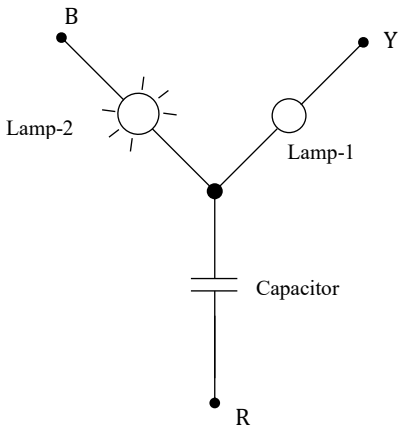
উত্তরঃ ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষা সাধারণত দুটি পদ্ধতিতে করা হয়। যথা ঃ

ক) বাতি ও ক্যাপাসিটর পদ্ধতি।

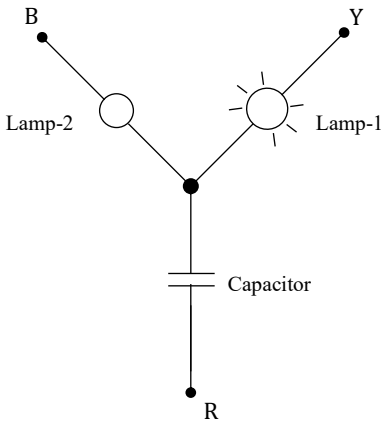
খ) ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর পদ্ধতি।

পদ্ধতি দুটি নিম্নে বর্ণনা করা হল ঃ

ক) বাতি ও ক্যাপাসিটর পদ্ধতি ঃ



চিত্র ঃ R-Y-B ফেজ সিকুয়েন্স

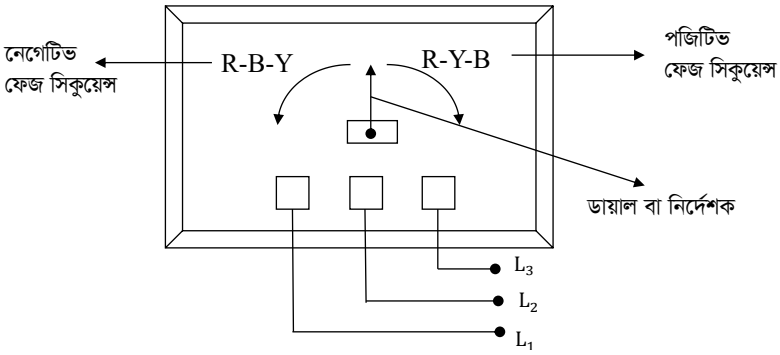


চিত্র ঃ R-B-Y ফেজ সিকুয়েন্স

বর্ণনা ঃ উপরে বাতি ও ক্যাপাসিটর পদ্ধতির সাহায্যে ফেজ সিকুয়েন্স কিভাবে নির্ণয় করা হয় তার দুটি চিত্র দেখানো হয়েছে। এই পদ্ধতিতে দুটি ল্যাম্প (বাতি) এবং একটি ক্যাপাসিটরকে স্টার কানেকশনের মাধ্যমে সংযোগ করা

হয়। এই সার্কিটকে যখন 3-φ লাইনের সাথে সংযুক্ত করা হয় তখন একটি ল্যাম্প বেশি জ্বলবে অপর ল্যাম্পটি জ্বলবে না। যখন Lamp-2 বেশি জ্বলবে অথবা বেশি আলো দিবে এবং Lamp-1 জ্বলবে না অথবা কম জ্বলবে তখন ফেজ সিকুয়েন্স হবে R-Y-B (পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স)। আবার যখন Lamp-1 জ্বলবে অথবা বেশি আলো দিবে, কিন্তু Lamp-2 জ্বলবে না অথবা কম জ্বলবে তখন ফেজ সিকুয়েন্স R-B-Y হবে। এইভাবে খুব সহজেই দুটি বাতি ও একটি ক্যাপাসিটর ব্যবহার করে 3-φ (তিন ফেজ) সিস্টেমের ফেজ সিকুয়েন্স নির্ণয় করা যায়।

(খ) ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর পদ্ধতি ঃ



চিত্র ঃ ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর

বর্ণনা ঃ উপরে একটি ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর পদ্ধতির চিত্র দেখানো হয়েছে। এই ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর-এ একটি নির্দেশক পয়েন্টার থাকে যার মাধ্যমে খুব সহজেই বুঝা যায় যে 3-φ লাইনের ফেজ সিকুয়েন্স পজিটিভ না নেগেটিভ। এখানে তিনটি সংযোগ পয়েন্ট থাকে 3-φ এর তিনটি লাইন সংযোগ করার জন্য। যে 3-φ সাপ্লাই লাইন এর ফেজ সিকুয়েন্স চেক করতে হবে, সেই সাপ্লাই লাইন এর ফেজ তিনটিকে ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর এর

L_1 , L_2 , ও L_3 লাইন এর সাথে সংযোগ করতে হবে। লাইন তিনটিকে সংযোগ করে 3-φ এর মেইন সুইচ চালু (অন) করলে ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর এর ডায়াল বা নির্দেশক পয়েন্টারটি যদি ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরে বা ডান দিকে ঘুরে তখন ফেজ সিকুয়েন্স হবে R-Y-B বা পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স। আর 3-φ সাপ্লাই দেওয়ার পরে ডায়াল বা নির্দেশক পয়েন্টারটি যদি ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে বা বাম দিকে ঘুরে তখন ফেজ সিকুয়েন্স হবে R-B-Y বা নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স। এই নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্সকে পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্সে রাখার জন্য যে কোনো দুইটি ফেজ লাইন এর সংযোগ পরস্পর এর মধ্যে পরিবর্তন করতে হবে। তাহলে ফেজ সিকুয়েন্স পজিটিভ (R-Y-B) হবে। এইভাবে খুব সহজেই ফেজ সিকুয়েন্স ইন্ডিকেটর ব্যবহার করে ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষা (চেকিং) করা হয়।

ক লাল, হলুদ, নীল রঙের তার বের করা হয়।

অধ্যায়-৯ পাওয়ার সিস্টেমে স্টার সংযোগ

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। নিউট্রাল পয়েন্ট কী?**
অথবা, নিউট্রাল তার বলতে কী বুঝায়? বাকাশিবো- ২০১৮, ১৯, ১৯'পরি

উত্তরঃ তিন-ফেজ (3-φ) স্টার কানেকশনে তিনটি ফেজের একটি করে প্রান্ত নিয়ে যে বিন্দুতে সংযোগ করা হয় তাকে নিউট্রাল পয়েন্ট বলে। আর এই নিউট্রাল পয়েন্ট (বিন্দু) থেকে যে তার সংযোগ করে বাহিরে নিয়ে আসা হয় তাকে নিউট্রাল তার বলে।

***** ২। ব্যালেন্স (সুষম) সিস্টেম কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৩, ১৫

উত্তরঃ যখন তিন-ফেজ (3-φ) সিস্টেমে প্রতিফেজের ইম্পিড্যান্স, কারেন্ট ও পাওয়ার সমান হয় তখন তাকে ব্যালেন্স (সুষম) সিস্টেম বলে।

***** ৩। ব্যালেন্সড বা সুষম সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য লেখ।** বাকাশিবো-২০১৮

উত্তরঃ ব্যালেন্সড বা সুষম সিস্টেমের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো ঃ

(ক) ব্যালেন্স সিস্টেমে প্রতিটি ফেজের মধ্যবর্তী কোণের মান সমান হয়।
(খ) প্রত্যেক ফেজের ইম্পিড্যান্স সমান হয়।
(গ) প্রত্যেক ফেজের কারেন্ট এর মান সমান হয়।
(ঘ) প্রত্যেক ফেজের পাওয়ার সমান হয়।

(ঙ) প্রত্যেক ফেজের ভোল্টেজ সমান হয়।

***** ৪। তিন-ফেজ স্টার সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেমের সুবিধাগুলো লেখ।**

বাকাশিবো-২০২০

উত্তরঃ তিন-ফেজ স্টার সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেমের সুবিধাগুলো নিম্নরূপ ঃ
(ক) স্টার সিস্টেম-এ নিউট্রাল পয়েন্টকে আর্থিং করা যায়, বিধায় ফল্ট কারেন্ট হতে সিস্টেমকে রক্ষা করে।
(খ) একই লাইন ভোল্টেজ এর জন্য ডেল্টা-এর তুলনায় স্টার সিস্টেমে তার এর পরিমাণ কম লাগে।
(গ) সমপরিমাণ লাইন ভোল্টেজের জন্য-স্টার কানেকশনে অল্টারনেটরে ইনসুলেশন কম প্রয়োজন হয়।
(ঘ) স্টার সংযুক্ত অল্টারনেটরের তৃতীয় এবং উহার গুণিতক হারমোনিক্স গুলোকে দূর করা যায়।

***** ৫। আনব্যালেন্স (অসম) সিস্টেম কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৩, ১৫

উত্তরঃ যখন তিন-ফেজ সিস্টেমের প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, কারেন্ট ও পাওয়ার ভিন্ন হয় তখন তাকে আনব্যালেন্স (অসম) সিস্টেম বলে।

***** ৬। ফ্লোটিং (ভাসমান) নিউট্রাল কাকে বলে?**

অথবা, Floating Neutral কী? বাকাশিবো- ২০১৩, ১৪, ১৮'পরি, ২২, ২৩, ২৪

উত্তরঃ যখন আনব্যালেন্স লোডের নিউট্রাল পয়েন্ট-এর সাথে পাওয়ার উৎস এর নিউট্রাল পয়েন্ট সংযুক্ত করা হয়, তখন ফেজ ভোল্টেজ সমূহ

আনব্যালেন্স লোড অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, এই অবস্থায় প্রতি ফেজের ভোল্টেজ সমান হয় না। এই সমস্যাকে ফ্লোটিং (ভাসমান) নিউট্রাল বলে।

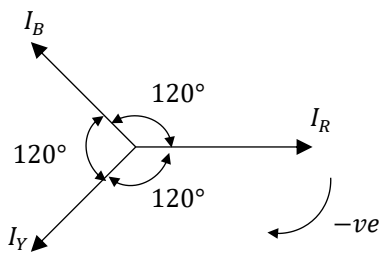
***** ৭। তিন-ফেজ, তিন তার স্টার কানেকশন (সংযোগ) কোথায় ব্যবহার করা হয়?**

উত্তরঃ তিন ফেজ, তিন তার স্টার কানেকশন ওপেন ডেল্টা ট্রান্সফরমারে ব্যবহার করা হয়।

***** ৮। তিন ফেজ ব্যালেন্সড পাওয়ার সিস্টেমের তিন ফেজ অ্যাকটিভ পাওয়ার নির্ণয় এর সূত্রটি লিখ।** বাকাশিবো-২০১৫ (পরি), ১৭, ১৯

উত্তরঃ অ্যাকটিভ পাওয়ার, $P = 3V_P I_P \cos\theta$

অথবা, $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$



চিত্র ঃ 3 – φ এর ভেক্টর ডায়াগ্রাম

রিয়্যাকটিভ পাওয়ার, $Q = 3V_P I_P \sin\theta$

অথবা, $Q = \sqrt{3} V_L I_L \sin\theta$

অ্যাপারেন্ট পাওয়ার (আপাত পাওয়ার), $S = 3V_P I_P$

অথবা, $S = \sqrt{3} V_L I_L$

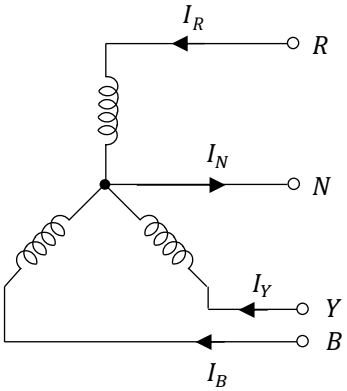
SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

*** ১। দেখাও যে, সুষম তিন-ফেজ স্টার সংযোগ সিস্টেমে নিউট্রাল কারেন্ট শূন্য হয়।

অথবা, দেখাও (3-φ) ব্যালেন্স সিস্টেমের নিউট্রাল কারেন্ট শূন্য।

বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৩'পরি, ১৪, ১৪'পরি, ১৫, ১৭, ১৭'পরি, ১৮'পরি, ১৯, ২২, ২৩, ২৪

উত্তরঃ



চিত্র ঃ $3-\varphi$ স্টার সংযোগ

ধরি,

(3-φ) ব্যালেন্স লোডের ফেজ কারেন্ট I_P

∴ প্রতিফেজের কারেন্ট $I_R = I_P\angle 0°A$

$I_Y = I_P\angle -120°A$

$I_B = I_P\angle -240°A$

অথবা, $I_B = I_P\angle +120°\ A$

∴ নিউট্রাল কারেন্ট,

$I_N = I_R + I_Y + I_B$

$$= I_P\angle 0° + I_P\angle -120° + I_P\angle -240°$$

$$= I_P \times \{(1\angle 0°) + (1\angle -120°) + (1\angle -240°)\}$$

$$= I_P \times 0$$

$$= 0$$ (দেখানো হলো)

বিকল্প নিয়ম ঃ

প্রতি ফেজের কারেন্টের সমীকরণ, $I_R = I_m \sin \omega t$

$$I_Y = I_m \sin(\omega t - 120°)$$

$$I_B = I_m \sin(\omega t - 240°)$$

অথবা, $I_B = I_m \sin(\omega t + 120°)$

∴ নিউট্রাল কারেন্ট, $I_N = I_R + I_Y + I_B$

$$= I_m \sin \omega t + I_m \sin(\omega t - 120°) + I_m \sin(\omega t - 240°)$$

$$= I_m \{\sin \omega t + \sin(\omega t - 120°) + \sin(\omega t - 240°)\}$$

$$= I_m \{\sin \omega t + \sin \omega t.\cos 120° - \cos \omega t.\sin 120° + \sin \omega t.\cos 240° - \cos \omega t.\sin 240°\}$$

[সূত্র ঃ $\sin(A - B) = \sin A.\cos B - \cos A.\sin B$]

[$\sin(\omega t - 120°) = \sin \omega t.\cos 120° - \cos \omega t.\sin 120°$]$= I_m \left\{\sin \omega t + \sin \omega t.\left(\frac{1}{2}\right) - \cos \omega t.\frac{\sqrt{3}}{2} + \sin \omega t.\left(-\frac{1}{2}\right) - \cos \omega t.\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right\}$

$$= I_m \left(\sin \omega t - \frac{\sin \omega t}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\cos \omega t - \frac{\sin \omega t}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}\cos\omega t\right)$$

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

$$= I_m \left(\frac{2\sin\omega t - \sin\omega t - \sin\omega t}{2}\right)$$ [ল.সা.গু করে]

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

$$= I_m \left(\frac{0}{2}\right)$$

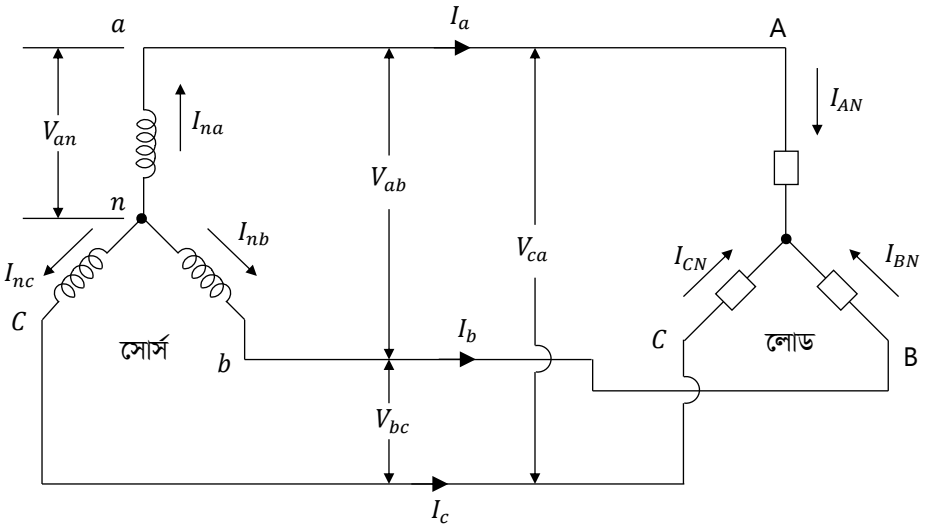
$$= I_m \times 0$$

$$= 0$$ **(দেখানো হলো)**

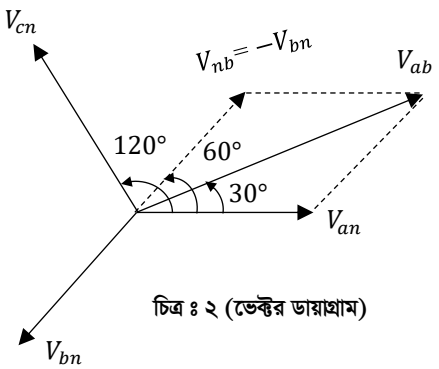
SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। দেখাও যে, ব্যালেন্স স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে $V_L = \sqrt{3}V_P$ অথবা, দেখাও যে, সুষম স্টার পদ্ধতিতে $V_L = \sqrt{3}V_P$ এবং $I_L = I_P$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)** বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৩, ১৪'পরি, ১৫, ১৫'পরি, ১৬, ১৮, ১৮'পরি, ১৯, ১৯'পরি, ২০, ২০'পরি, ২৩, ২৪

উত্তরঃ



চিত্র ১ ঃ (তিন ফেজ স্টার সংযোগ)



চিত্র ঃ ২ (ভেক্টর ডায়াগ্রাম)

লাইন ভোল্টেজ ঃ যে কোনো দুটি লাইনের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে লাইন ভোল্টেজ বলে।

অর্থাৎ লাইন ভোল্টেজ সমূহ হলো ঃ $V_L = V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}$

ফেজ ভোল্টেজ ঃ নিউট্রাল লাইন এবং যেকোনো একটি ফেজের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে ফেজ ভোল্টেজ বলে।

অর্থাৎ ফেজ ভোল্টেজ সমূহ হলো ঃ $V_P = V_{an}, V_{bn}, V_{cn}$

সামান্তরিকের লব্ধির সূত্রানুসারে (ভেক্টর চিত্র হতে)

$$V_{ab}^2 = (V_{an})^2 + (V_{nb})^2 + 2V_{an}.V_{nb}\cos 60°$$

বা, $V_L^2 = V_P^2 + V_P^2 + 2.V_P.V_P.\cos 60°$

বা, $V_L^2 = V_P^2 + V_P^2 + 2.V_P^2.\cos 60°$

বা, $V_L^2 = V_P^2 + V_P^2 + 2V_P^2.\frac{1}{2}$

$\left[\cos 60° = \frac{1}{2}\right]$

বা, $V_L^2 = V_P^2 + V_P^2 + V_P^2$

বা, $V_L^2 = 3V_P^2$

বা, $V_L = \sqrt{3V_P^2}$

বা, $V_L = \sqrt{3}.\sqrt{V_P^2}$

বা, $V_L = \sqrt{3}V_P$ **(দেখানো হলো)**

বা, $V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ **(দেখানো হলো)**

আবার, ১ নং চিত্র হতে পাই,

$$I_{na} = I_a = I_{AN}$$

$$\therefore I_P = I_L$$

আবার, $I_{nb} = I_b = I_{BN}$

$$\therefore I_P = I_L$$

এবং $I_{nc} = I_c = I_{CN}$

$$\therefore I_P = I_L$$

$\therefore$ সকল ক্ষেত্রে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট সমান হয়। অর্থাৎ

$I_P = I_L$ **(দেখানো হলো)**

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

প্রয়োজনীয় সূত্রসমূহ

❖ **স্টার সংযোগ এর ক্ষেত্রে ঃ**

১) লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট সমান হয়, অর্থাৎ, $I_L = I_P$

২) লাইন ভোল্টেজ, $V_L = \sqrt{3}V_P\angle 30°$

৩) Active power (প্রকৃত পাওয়ার) বা Average (গড়) পাওয়ার বা Absorbed (গৃহীত) Power, $P = 3V_P I_P \cos\theta$

অথবা, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$ (একক W বা kW)

৪) Reactive (রিয়্যাকটিভ) Power, $Q = 3V_P I_p \sin\theta$

অথবা, $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin\theta$ (একক VAR বা kVAR)

৫) Apparent (আপাত) Power বা, Complex (জটিল) Power, $S = 3V_P I_P$

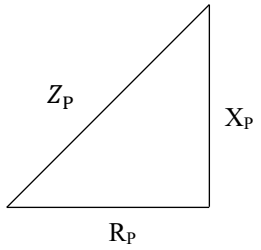
অথবা, $S = \sqrt{3}V_L I_L$ (একক VA বা kVA)

৬) স্টার (Y) সংযোগ এর ক্ষেত্রে যদি একটি ফেজ বা বাহু বা লোড খোলা (Open) থাকে তখন এক ফেজ (1-φ) এর সূত্র ব্যবহার করে পাওয়ার নির্ণয় করতে হবে। $\therefore P = VI\cos\theta = V_L I_L \cos\theta$

৭) নিউট্রাল কারেন্ট, $I_N = I_R + I_Y + I_B$

৮) প্রতি ফেজের রোধ ও রিয়্যাকট্যান্স,

$$\cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভুজ}}$$



চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ

বা, $\cos\theta = \frac{R_P}{Z_P}$

বা, $R_P = Z_P \cos\theta$

এবং $\sin\theta = \frac{\text{লম্ব}}{\text{অতিভুজ}}$

বা, $\sin\theta = \frac{X_P}{Z_P}$

বা, $X_P = Z_P \sin\theta$

**** ১। তিনটি অনুরূপ (একই) লোড স্টার সংযোগে 400 V, 50 Hz সোর্স (উৎস) হতে $25\angle -40°$ A কারেন্ট গ্রহণ করে। লোডের কার্যকরী (অ্যাকটিভ) পাওয়ার এবং প্রতি কার্যকরী (রিয়্যাকটিভ) পাওয়ার নির্ণয় কর।** বাকাশিবো-২০১৩, ১৮ (পরি)

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

লাইন ভোল্টেজ, $V_L = 400$ V

লাইন কারেন্ট,

$I_L = I_P = 25\angle -40°A$

$P = ?$

$Q = ?$

লোডের কার্যকরী পাওয়ার, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times \cos(40)$

$= 13268.27$ W

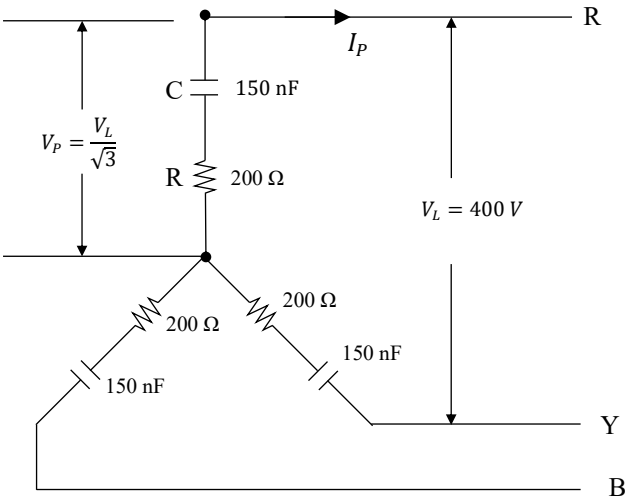
$$= \frac{13268.27}{1000}\ kW$$
$$= 13.27\ kW\ \textbf{(Ans.)}$$

∴ লোডের প্রতিকার্যকরী পাওয়ার, $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin\theta$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times \sin(40)$$
$$= 11133.407\ VAR$$
$$= \frac{11133.407}{1000}\ kVAR$$
$$= 11.13\ kVAR\ \textbf{(Ans.)}$$

***** ২। একটি (3-φ), 400 V স্টার সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজের রোধ 200 Ω ক্যাপাসিট্যান্স 150 nF সিরিজে সংযুক্ত আছে। লোডের মোট পাওয়ার, লাইন কারেন্ট, পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং অ্যাপারেন্ট পাওয়ার নির্ণয় কর।** বাকাশিবো-২০২১

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

$$C = 150\text{nF} = 150 \times 10^{-9}\text{F}$$

R = 200 Ω

ধরি, f = 50 Hz

$$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231\ V$$

$$[V_L = \sqrt{3}\ V_P]$$

নোট ঃ

$*$ 1μF (মাইক্রো ফ্যারাড) $= 1 \times 10^{-6}$F

$*$ 1nF (ন্যানো ফ্যারাড) $= 1 \times 10^{-9}$F

$*$ 1pF (পিকো ফ্যারাড) $= 1 \times 10^{-12}$F

আমরা জানি, ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স,

$$X_c = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 150 \times 10^{-9}}$$

$$= 21220.65\Omega$$

∴ প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, $Z_P = R - jX_c$

$$= 200 - j21220.65$$

$$= (21221.59\angle -89.46)\Omega$$

∴ প্রতি ফেজের কারেন্ট, $I_P = \frac{V_P}{Z_P} = \frac{231}{21221.59\angle -89.46}$

$$\therefore I_P = 0.01088\angle 89.46 \text{ Amp}$$

∴ লাইন কারেন্ট, $I_L = I_P = 0.01088\angle 89.46$ A **(Ans.)**

∴ পাওয়ার ফ্যাক্টর, $P.f = \cos\theta = \cos(89.46°) = 0.0089$ (লিডিং) **(Ans.)**

মোট পাওয়ার (অ্যাকটিভ পাওয়ার), $P = 3V_P I_P \cos\theta$

$= 3 \times 231 \times 0.01088 \times 0.0089$

$= 0.0668$ W **(Ans.)**

∴ অ্যাপারেন্ট (আপাত) পাওয়ার, $S = 3V_P I_P$

$= 3 \times 231 \times 0.01088$

$= 7.53$ VA **(Ans.)**

অথবা,

পাওয়ার, $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 0.01088 \times 0.0089$

$= 0.067$ W (**Ans**)

অথবা, $S = \sqrt{3} V_L I_L$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 0.01088$

$= 7.53$ VA (**Ans**)

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি, ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স,

$$X_c = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 150 \times 10^{-9}}$$

$$= 21220.65\Omega$$

∴ প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, $Z_P = R - jX_c$

$$= 200 - j21220.65$$
$$= (21221.59\angle - 89.46)\ \Omega$$

$$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times \angle - 30 = 231\angle - 30°\ V$$

ফেজ কারেন্ট,

$$I_P = \frac{V_P}{z_P} = \frac{231\angle -30}{21221\angle -89.46} = 0.01088\angle 59.46\ A$$

পাওয়ার ফ্যাক্টর, $P.f = \cos\theta = \cos(59.46) = 0.508$ (লিডিং)

মোট পাওয়ার (Active Power) $P = 3V_P I_P \cos\theta$

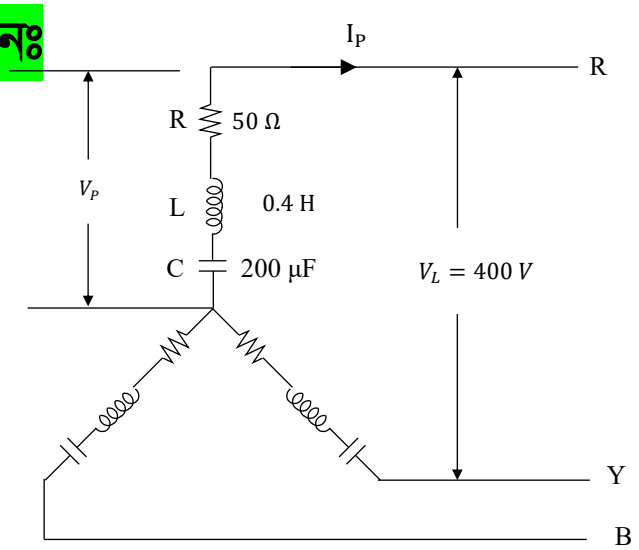
$$= 3 \times 231 \times 0.01088 \times 0.508$$
$$= 3.83\ W$$ **(Ans.)**

$\therefore$ অ্যাপারেন্ট (আপাত) পাওয়ার, $S = 3V_P I_P$

$$= 3 \times 231 \times 0.01088$$
$$= 7.54\ VA$$ **(Ans.)**

**** ৩। (3-φ), 400V স্টার সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজে 50Ω রোধ, 0.4H ইন্ডাকট্যান্স এবং 200μF ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযুক্ত আছে। লোডের পাওয়ার নির্ণয় কর।** বাকাশিবো- ২০১৪, ২৪

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

লাইন ভোল্টেজ, $V_L = 400V$

রোধ, $R = 50\Omega$

ইন্ডাকট্যান্স, $L = 0.4H$

ক্যাপাসিট্যান্স, $C = 200\mu F = 200 \times 10^{-6} F$

[ফ্রিকুয়েন্সি না দেওয়া থাকলে, $f = 50Hz$ ধরতে হবে]

লোড পাওয়ার, $P = ?$

আমরা জানি, $X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0.4 = 125.66\Omega$

এবং $X_C = \frac{1}{2\pi fc}$

$= \frac{1}{2\pi \times 50 \times 200 \times 10^{-6}}$

$= 15.91\Omega$

∴ প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, $Z_P = R + j(X_L - X_C)$

$= 50 + j\,(125.66 - 15.91)$

$= 50 - j\,109.75$

$= 120.6\angle -65.5°\Omega$ [ফেজ কোণ, $\theta = 65.5°$]

∴ ফেজ ভোল্টেজ, $V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231V$

$[V_L = \sqrt{3}\,V_P]$

∴ প্রতি ফেজের কারেন্ট,

$I_P = \frac{V_P}{Z_P} = \frac{231}{120.6\angle -65.5} = 1.92\angle 65.5$ Amp

∴ লোডের (প্রকৃত) পাওয়ার, $P = 3V_P I_P \cos\theta = 3 \times 231 \times 1.92 \times \cos(65.5) = 551.77$ W **(Ans.)**

অথবা,

$P = 3I_P^2 R_P$

$= 3 \times (1.92)^2 \times 50$

$= 552.96$ W

***** ৪। একটি সুষম স্টার লোডকে 440 V, 50 Hz, 3-φ সরবরাহের সাথে সংযুক্ত করলে লোডটি 50A কারেন্ট এবং 32 kW পাওয়ার গ্রহণ করে। এক্ষেত্রে প্রতি ফেজের রোধ ও ইন্ডাকট্যান্স এর মান নির্ণয় কর।**

বাকাশিবো-২০১৫

সমাধানঃ দেওয়া আছে,লাইন ভোল্টেজ, $V_L = 440\ V$

ফ্রিকুয়েন্সি, $f = 50\ Hz$

ফেজ কারেন্ট, $I_P = I_L = 50\ A$

অ্যাকটিভ পাওয়ার, $P = 32\ kW = 32 \times 1000\ W$

রেজিস্ট্যান্স, $R_P = ?$

ইন্ডাকট্যান্স, $L = ?$

আমরা জানি, অ্যাকটিভ পাওয়ার, $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$

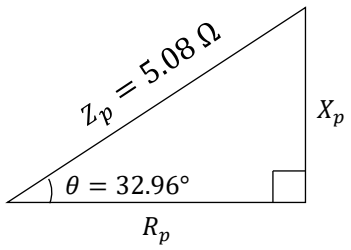
$$\text{বা, } \cos\theta = \frac{P}{\sqrt{3} V_L I_L}$$

$$\text{বা, } \cos\theta = \frac{32 \times 1000}{\sqrt{3} \times 440 \times 50}$$

$$\text{বা, } \cos\theta = 0.839$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}(0.839)$$

$$\therefore \theta = 32.96^\circ$$



$\therefore \cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভুজ}}$

বা, $\cos\theta = \frac{R_P}{Z_P}$

বা, $R_P = Z_P \times \cos\theta$

$= 5.08 \times \cos(32.96)$

$\therefore R_P = 4.26\ \Omega$

ফেজ ইম্পিড্যান্স, $Z_P = \frac{V_P}{I_P}$ $\left[\therefore V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{440}{\sqrt{3}} = 254.03V\right]$

$= \frac{254.03}{50}$

$= 5.08\ \Omega$

$\therefore Z_P = 5.08\angle 32.96° = (4.26 + j2.76)\ \Omega$

$\therefore$ প্রতি ফেজের রোধ (রেজিস্ট্যান্স), $R_P = 4.26\Omega$

$\therefore$ প্রতি ফেজের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স, $X_P = 2.76\ \Omega$

বা, $2\pi fL = 2.76$

বা, $L = \frac{2.76}{2\pi f}$

$= \frac{2.76}{2\pi \times 50}$

$\therefore L = 8.78 \times 10^{-3}\ H$

$= 8.78\ mH$ (**Ans**)

$\therefore \sin\theta = \frac{\text{লম্ব}}{\text{অতিভুজ}}$

বা, $\sin\theta = \frac{X_P}{Z_P}$

বা, $X_P = Z_P \times \sin\theta$

বা, $X_P = 5.08 \times \sin(32.96)$

$\therefore X_P = 2.76\ \Omega$

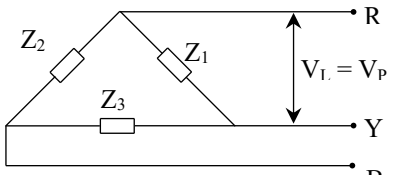
অধ্যায়-১০

ডেল্টা সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেম

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। ডেল্টা সংযোগ পদ্ধতি কাকে বলে?**

উত্তরঃ তিন ফেজ $(3-\varphi)$ সিস্টেমে যখন একটি ফেজের শেষ প্রান্তকে দ্বিতীয় ফেজের শুরুর প্রান্তে আবার দ্বিতীয় ফেজের শেষ প্রান্তকে তৃতীয় ফেজের শুরুর প্রান্তে এবং তৃতীয় ফেজের শেষ প্রান্তকে প্রথম ফেজের শুরুর প্রান্তে সংযোগ করলে তখন তাকে ডেল্টা সংযোগ পদ্ধতি বলে। ডেল্টা সংযোগের অপর নাম মেশ (Mesh) সংযোগ। ডেল্টা সংযোগকে গ্রীক বর্ণমালা ডেল (Δ) এর মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ঃ $(3-\varphi)$ ডেল্টা সংযোগ

*** ২। ডেল্টা সংযোগ এর অপর নাম কী?**

উত্তরঃ ডেল্টা সংযোগ এর অপর নাম হলো মেশ (Mesh) সংযোগ।

***** ৩। $(3-\varphi)$ ডেল্টা সংযোগের লাইন ও ফেজ কারেন্ট এর মধ্যে সম্পর্ক কী?**

উত্তরঃ $(3-\varphi)$ ডেল্টা সংযোগের লাইন ও ফেজ কারেন্ট,

$I_L = \sqrt{3} I_P$ [I_P = ফেজ কারেন্ট]

***** ৪। একটি ডেল্টা (Δ) সংযুক্ত লোডের লাইন কারেন্ট $17.32A$ হলে এর ফেজ কারেন্ট কত?** বাকাশিবো- ২০২১

উত্তরঃ আমরা জানি, $I_L = \sqrt{3} I_P$

বা, $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$

$= \frac{17.32}{\sqrt{3}}$

$= 10A$ **(Ans.)**

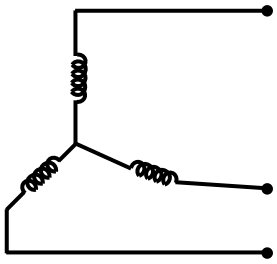
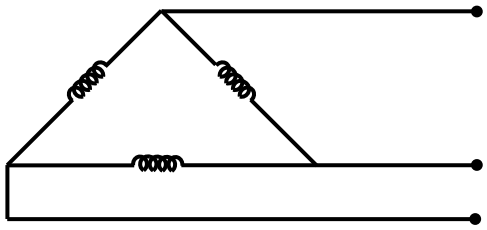
SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। তিন ফেজ স্টার ও ডেল্টা সংযোগের পার্থক্য লেখ।**
অথবা, স্টার ও ডেল্টায় সংযুক্ত পাওয়ার সিস্টেমের তুলনা কর।

বাকাশিবো- ২০১২'পরি, ১৪, ১৪'পরি, ১৫'পরি, ১৭'পরি, ১৮'পরি, ১৯, ২২, ২৩, ২৪

উত্তরঃ তিন ফেজ স্টার ও ডেল্টা সংযোগের পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো ঃ

$(3-\varphi)$ স্টার সংযোগ	$(3-\varphi)$ ডেল্টা সংযোগ
১) স্টার সংযোগ লাইন ভোল্টেজ, ফেজ ভোল্টেজের $\sqrt{3}$ গুণ হয়। অর্থাৎ $V_L = \sqrt{3}V_P$	১) ডেল্টা সংযোগে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ সমান হয়। অর্থাৎ $V_L = V_P$
২) স্টার সংযোগে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট সমান হয়। অর্থাৎ $I_L = I_P$	২) ডেল্টা সংযোগ লাইন কারেন্ট, ফেজ কারেন্টের $\sqrt{3}$ গুণ হয়। অর্থাৎ $I_L = \sqrt{3}I_P$
৩) নিউট্রাল পয়েন্ট থাকে।	৩) নিউট্রাল পয়েন্ট থাকে না।
৪) $(1-\varphi)$ ও $(3-\varphi)$ উভয় লোড চালানো যায়।	৪) শুধু $(3-\varphi)$ লোড চালানো যায়।
৫) স্টার সংযুক্ত লোডের পাওয়ার, ডেল্টা সংযুক্ত লোডের $\frac{1}{3}$ গুণ হয়। অর্থাৎ, $P_Y = \frac{1}{3}P_\Delta$	৫) ডেল্টা সংযুক্ত লোডের পাওয়ার, স্টার সংযোগের চেয়ে ৩ গুণ বেশি হয়। অর্থাৎ, $P_\Delta = 3P_Y$
৬) ইনসুলেশন কম প্রয়োজন হয়।	৬) ইনসুলেশন বেশি প্রয়োজন হয়।

$(3-\varphi)$ স্টার সংযোগ	$(3-\varphi)$ ডেল্টা সংযোগ
৭) স্টার সিস্টেম আন-ব্যালেন্স হতে পারে।	৭) ডেল্টা সিস্টেম কখনও আনব্যালেন্স হতে পারে না।
৮) সংযোগ চিত্র ঃ 	৮) সংযোগ চিত্র ঃ 

**** ২। ডেল্টা সংযোগ এর তুলনায় স্টার সংযোগের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।** বাকাশিবো- ২০১৩'পরি, ১৪'পরি, ১৫, ২০'পরি

উত্তরঃ ডেল্টা সংযোগ এর তুলনায় স্টার সংযোগের সুবিধাগুলো নিম্নরূপ ঃ

(ক) স্টার সিস্টেম-এ নিউট্রাল পয়েন্টকে আর্থিং করা যায়, বিধায় ফল্ট কারেন্ট হতে সিস্টেমকে রক্ষা করে।

(খ) একই লাইন ভোল্টেজ এর জন্য ডেল্টা-এর তুলনায় স্টার সিস্টেমে তার এর পরিমাণ কম লাগে।

(গ) সমপরিমাণ লাইন ভোল্টেজের জন্য-স্টার কানেকশনে অল্টারনেটরে ইনসুলেশন কম প্রয়োজন হয়।

(ঘ) স্টার সংযুক্ত অল্টারনেটরের তৃতীয় এবং উহার গুণিতক হারমোনিক্স গুলোকে দূর করা যায়।

(ঙ) তিন-ফেজ $(3-\varphi)$ চার তার স্টার সিস্টেম থেকে এক-ফেজ $(1-\varphi)$ লোডে সাপ্লাই দেওয়া যায়।

ডেল্টা সংযোগ এর তুলনায় স্টার সংযোগের অসুবিধাগুলো নিম্নরূপ ঃ

(ক) উচ্চ পাওয়ার (লোডের) জন্য স্টার সংযোগ সুবিধাজনক নয়।

(খ) শুধু ব্যালেন্স লোডের জন্য স্টার সিস্টেম ব্যবহৃত হয় না।

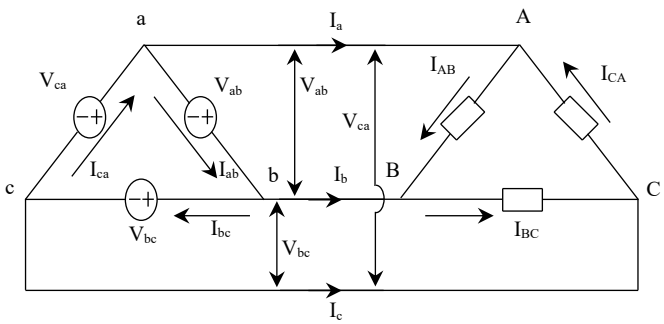
(গ) রোটারি কনভার্টারের জন্য স্টার সংযোগ সুবিধাজনক নয়।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

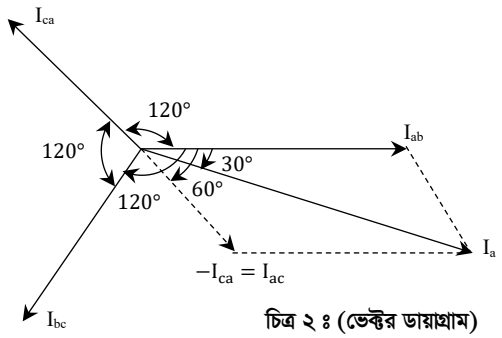
***** ১। ডেল্টা সংযোগ পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট এবং ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর অথবা, দেখাও যে, $I_L = \sqrt{3}I_P$**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩'পরি, ১৫, ১৭, ১৯, ২০, ২১, ২২

উত্তরঃ



চিত্র ১ ঃ (ডেল্টা সিস্টেমের সংযোগ চিত্র)



চিত্র ২ ঃ (ভেক্টর ডায়াগ্রাম)

∴ লাইন কারেন্ট, $I_L = I_a, I_b, I_c$ এবং ফেজ কারেন্ট,

$I_P = I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}$

২ নং চিত্র ভেক্টর ডায়াগ্রাম হতে পাই,

সামান্তরিকের সূত্রানুসারে,

$$I_a^2 = I_{ab}^2 + I_{ac}^2 + 2I_{ab}.I_{ac}.\cos 60°$$

বা, $I_L^2 = I_P^2 + I_P^2 + 2.I_P.I_P.\frac{1}{2}$

$$\left[\cos 60° = \frac{1}{2}\right]$$

বা, $I_L^2 = I_P^2 + I_P^2 + I_P^2$

বা, $I_L^2 = 3I_P^2$

বা, $I_L = \sqrt{3I_P^2}$

বা, $I_L = \sqrt{3}.\sqrt{I_P^2}$

বা, $I_L = \sqrt{3}\, I_P$ (দেখানো হলো) অথবা, $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$

(দেখানো হলো)

১ নং চিত্র হতে পাই,

তিন-ফেজ পদ্ধতির লোড বা ফেজের আড়াআড়িতে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে ফেজ ভোল্টেজ বলে। আর যে কোনো দুইটি লাইনের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে লাইন ভোল্টেজ বলে।

যেহেতু ডেল্টায় সংযুক্ত লোডের যেকোনো দুইটি লাইনের মধ্যে একটি ফেজ সংযুক্ত থাকে।

সুতরাং ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ ভোল্টেজ সমান হয়।

অর্থাৎ $V_L = V_P = V_{ab} = V_{bc} = V_{ca}$

$\therefore V_L = V_P$ **(দেখানো হলো)**

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

❖প্রয়োজনীয় সূত্র সমূহ❖

❖ ডেল্টা (Δ) সংযোগের ক্ষেত্রে ঃ

১) লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ ভোল্টেজ সমান হয়। অর্থাৎ $V_L = V_P$

২) লাইন কারেন্ট, ফেজ কারেন্টের $\sqrt{3}$ গুণ হয়। অর্থাৎ

$I_L = \sqrt{3}I_P$ বা, $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$

৩) Active power (প্রকৃত পাওয়ার) বা Average (গড়) পাওয়ার বা Absorbed (গৃহীত) Power, $P = 3V_P I_P \cos\theta$

(একক W বা kW) অথবা, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$

৪) Reactive (রিয়্যাকটিভ) Power, $Q = 3V_P I_p \sin\theta$ অথবা, $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin\theta$ (একক VAR বা KVAR)

৫) Apparent (আপাত) Power বা, Complex (জটিল) Power, $S = 3V_P I_P$ অথবা, $S = \sqrt{3}V_L I_L$ (একক VA বা KVA)

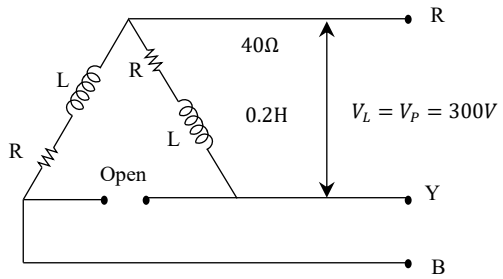
৬) ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে যদি একটি ফেজ বা একটি বাহু বা একটি লোড খোলা থাকে তখন বাকি দুটি ফেজ এর হিসাব করতে হবে।

অর্থাৎ এই অবস্থায় অ্যাকটিভ পাওয়ার নির্ণয় এর সূত্র হবে,

$P = 2V_P I_P \cos\theta.$

***** ১। 3-φ, 300V ডেল্টা সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজে 40Ω রোধ এবং 0.2H ইন্ডাকট্যান্স সিরিজে সংযুক্ত আছে। একটি লাইন বিচ্ছিন্ন অবস্থায় সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।** বাকাশিবো- ২০১২ 'পরি

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

$V_L = V_P = 300\ V$

$R = 40\ \Omega$

$L = 0.2\ H$

$P = ?$

[ধরি, $f = 50\ Hz$]

প্রতি ফেজের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স,

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0.2 = 62.83\ \Omega$$

∴ প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, $Z_P = R + jX_L$

[RL সার্কিটে, $Z = R + jX_L$]

$= 40 + j62.83$

$= 74.48\angle 57.52°\ \Omega$ [ফেজ কোণ, $\theta = 57.52°$]

∴ প্রতিফেজের কারেন্ট, $I_P = \frac{V_P}{Z_P}$

$$= \frac{300}{74.48\angle 57.52°}$$

$$= 4.03\angle -57.52° \text{Amp}$$

অথবা,

$$P = 2I_P^2 R_P$$

$$= 2 \times (4.03)^2 \times 40$$

$$= 1299.272 \text{ W}$$

$$= \frac{1299.272}{1000} \, k\text{W} \quad [1\,W = \frac{1}{1000}\,kW]$$

$$= 1.29\, k\text{W} \textbf{ (Ans.)}$$

∴ অ্যাকটিভ (প্রকৃত) পাওয়ার, $P = 2V_P I_P \cos\theta$

$$= 2 \times 300 \times 4.03 \times \cos(57.52)$$

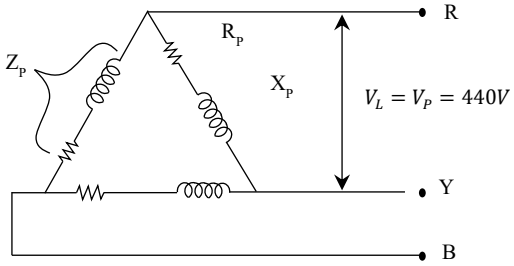
$$= 1298.478 \text{ W}$$

$$= \frac{1298.478}{1000}\, k\text{W}$$

$$= 1.29\, k\text{W} \textbf{ (Ans.)}$$

**** ২। একটি সুষম ডেল্টা সংযুক্ত লোডকে 400 V, 50 Hz, 3 − φ সরবরাহের সাথে সংযোগ করলে লোডটি 40 A কারেন্ট এবং 20 kW পাওয়ার গ্রহণ করে। প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, রেজিস্ট্যান্স এবং রিয়্যাকট্যান্স এর মান নির্ণয় কর।**

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

$V_L = V_P = 440\ V$

$f = 50\ Hz$

$I_L = 40\ A$

$P = 20\ kW = 20 \times 1000\ W$

$Z_P = ?$

$R_P = ?$

$X_P = ?$

ফেজ কারেন্ট, $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$

$= \frac{40}{\sqrt{3}}$

$= 23.09\ A$

পাওয়ার, $P = 3V_P I_P \cos\theta$

বা, $20 \times 1000 = 3 \times 440 \times 23.09 \times \cos\theta$

বা, $\cos\theta = \frac{20\times1000}{3\times440\times23.09}$

বা, $\theta = \cos^{-1}(0.656)$

$\therefore \theta = 49°$

প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, $Z_P = \frac{V_P}{I_P} = \frac{440}{23.09} = 19.05\ A$

$\therefore Z_P = 19.05\angle 49°\ \Omega$ **(Ans.)**

বিকল্প নিয়ম ঃ

$\therefore R_P = Z_P \cos\theta = 19.05 \times \cos(49°) = 12.5\ \Omega$

এবং, $X_P = Z_P \sin\theta = 19.05 \times \sin(49°) = 14.37\ \Omega$

আবার, $Z_P = 19.05\angle 49°$

$\underset{R_P}{\downarrow} = \underset{X_P}{\downarrow} 12.5 + j14.37\ \Omega$

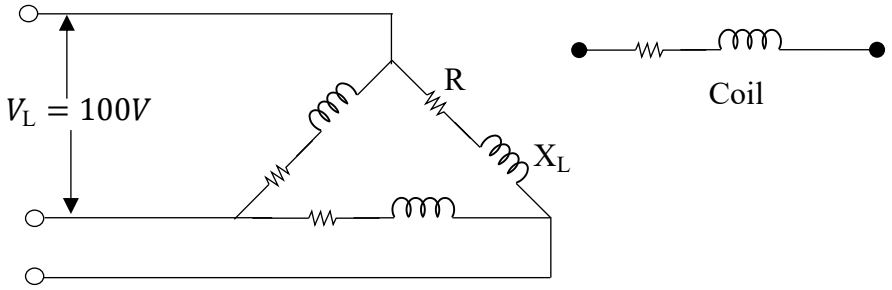
$\therefore$ প্রতি ফেজের রেজিস্ট্যান্স, $R_P = 12.5\ \Omega$ **(Ans.)**

$\therefore$ প্রতি ফেজের রিয়্যাকট্যান্স, $X_P = 14.37\ \Omega$ **(Ans.)**

৩। তিনটি কয়েল দিয়ে গঠিত একটি সুষম ডেল্টা সংযুক্ত লোড 100 ভোল্ট 3-ফেজ সরবরাহ হতে 0.5 পাওয়ার ফ্যাক্টরে $10\sqrt{3}$ A লাইন কারেন্ট গ্রহণ করে। লোডের প্যারামিটার ও পাওয়ার নির্ণয় কর।

DUET: 2009-2010

সমাধানঃ



দেওয়া আছে,

$$V_L = 100V$$
$$I_L = 10\sqrt{3}\ A$$
$$P.f = \cos\theta = 0.5`$$
$$\theta = \cos^{-1}(0.5)$$
$$= 60°$$

$V_L = V_P = 100V$ [ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে, $V_L = V_P$]

$I_L = \sqrt{3}\, I_P$ [ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে, $I_L = \sqrt{3}\, I_P$]

$$\Rightarrow I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{10\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 10\ A$$

আবার,

$$Z_P = \frac{V_P}{I_P} = \frac{100}{10} = 10\Omega$$

$\therefore Z_P = 10\angle 60$

$= 5 + j8.66\ \Omega$

রেজিট্যান্স $= 5\Omega$ **(Ans)**

এখানে,

V_L = লাইন ভোল্টেজ

V_P = ফেজ ভোল্টেজ

I_L = লাইন কারেন্ট

I_P = ফেজ কারেন্ট

Z_P = প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স

ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স $= 8.66\Omega$ **(Ans)**

পাওয়ার $(P) = 3I_P^2R$

$= 3 \times 10^2 \times 5$ watt

$= 1500$ watt **(Ans)**

*** ৪। একটি ডেল্টা সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স (15 − j12) Ω হলে, লোডটিতে 400V, 50 Hz সরবরাহ প্রয়োগ করলে নির্ণয় কর ঃ (ক) অ্যাকটিভ পাওয়ার (খ) আপাত পাওয়ার (গ) রিয়্যাকটিভ পাওয়ার (ঘ) পাওয়ার ফ্যাক্টর।** বাকাশিবো- ২০২০'পরি

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

$Z_P = (15 - j12)\Omega$

$V_L = V_P = 400V$

$f = 50Hz$

$P = ?$

$S = ?$

$Q = ?$

ফেজ কারেন্ট, $I_P = \frac{V_P}{Z_P}$

$= \frac{400}{15-j12}$

$= 20.82\angle 38.66\ A$

(ক) অ্যাকটিভ পাওয়ার, $P = 3V_P I_P \cos\theta$

$= 3 \times 400 \times 20.82 \times 0.78$

$= 19487.52\ W$

$= 19.48\ kW$ **(Ans.)**

$[\cos\theta = \cos(38.66) = 0.78]$

(খ) আপাত পাওয়ার, $S = 3V_P I_P$

$= 3 \times 400 \times 20.82$

$= 24984$ VA

$= 24.98\ K$VA **(Ans.)**

(গ) রিয়্যাকটিভ পাওয়ার, $Q = 3V_P I_P \sin\theta$

$= 3 \times 400 \times 20.82 \times 0.62$

$[\sin\theta = \sin(38.66) = 0.62]$

$= 15490.08$ VAR

$= 15.5\ K$VAR **(Ans.)**

অথবা,

$$P.f = \cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{19487.52}{24984}$$

$= 0.78$ (লিডিং)

(ঘ) পাওয়ার ফ্যাক্টর, $p.f = \cos\theta = \cos(38.66)$

$= 0.78$ (লিডিং)

* $Z = R - jX_C$

* ক্যাপাসিটিভ লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর (p.f) লিডিং হয়।

অধ্যায়-১১

অসম-পাওয়ার ব্যবস্থা

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। অসম পাওয়ার সিস্টেম কাকে বলে?**
অথবা, আনব্যালেন্স পাওয়ার সিস্টেম কাকে বলে?

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৮, ০৯, ১৩'পরি, ২৩

উত্তরঃ যখন কোনো $(3-\varphi)$ পাওয়ার সিস্টেমে প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স, কারেন্ট এবং পাওয়ার অসমান হয় তখন তাকে অসম (আনব্যালেন্স) পাওয়ার সিস্টেম বলে।

***** ২। ফোর্টেস্কিউ থিওরেম কী?**

বাকাশিবো- ২০১০'পরি, ১৩'পরি, ১৫, ১৬'পরি, ২০'পরি, ২২

উত্তরঃ যখন অসম (আনব্যালেন্স) তিন ফেজ সিস্টেমের তিনটি ভেক্টরকে (ভোল্টেজ অথবা কারেন্ট এর) সুষম বা ব্যালেন্স সিস্টেমের তিন সেট ভেক্টর হিসেবে বিশ্লেষণ করা যায়, তাদেরকে অসম বা আনব্যালেন্স ভেক্টর গুলোর সিমেট্রিক্যাল (সুষম) কম্পোনেন্ট বলে। এটিই ফোর্টেস্কিউ থিওরেম নামে পরিচিত।

**** ৩। সিমেট্রিক্যাল কাম্পোনেন্ট কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১১, ১৩, ১২ 'পরি, ১৫, ১৫ 'পরি

উত্তরঃ যখন অসম (আনব্যালেন্স) তিন ফেজ সিস্টেমের তিনটি ভেক্টরকে (ভোল্টেজ অথবা কারেন্ট এর) সুষম বা ব্যালেন্স সিস্টেমের তিন সেট ভেক্টর

হিসেবে বিশ্লেষণ করা যায়, তাদেরকে অসম বা আনব্যালেন্স ভেক্টর গুলোর সিমেট্রিক্যাল (সুষম) কম্পোনেন্ট বলে।

*** ৪। সিমেট্রিক্যাল কম্পোনেন্ট ভেক্টরগুলো কী কী?**

উত্তরঃ সিমেট্রিক্যাল কম্পোনেন্ট ভেক্টরগুলো নিম্নরূপ ঃ

১) জিরো ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

২) পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

৩) নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। কী কী কারণে পলিফেজ সিস্টেম আনব্যালেন্স হয়?**

বাকাশিবো- ২০১৪ 'পরি, ১৫, ১৬ 'পরি, ১৭, ২০

উত্তরঃ যে যে কারণে পলিফেজ সিস্টেম আনব্যালেন্স হয় তা নিম্নরূপ ঃ

১) প্রতিটি ফেজের কৌণিক ব্যবধান অসমান হলে।

২) প্রত্যেক ফেজের ইম্পিড্যান্স ভিন্ন হলে।

৩) প্রত্যেক ফেজের কারেন্ট ভিন্ন হলে।

৪) প্রত্যেক ফেজের পাওয়ার ভিন্ন হলে।

৫) প্রত্যেক ফেজের ভোল্টেজ অসমান হলে।

***** ২। আনব্যালেন্স তিন-ফেজ সিস্টেমের ভেক্টরগুলো বিশ্লেষণ এর ধাপ কয়টি ও কী কী?**

উত্তরঃ আনব্যালেন্স সিস্টেমের ভেক্টরগুলো বিশ্লেষণ এর ধাপ নিম্নরূপ ঃ

১) জিরো ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

২) পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

৩) নেগেটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট।

**** ৩। পজিটিভ ফেজ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৩ 'পরি, ২০ 'পরি

উত্তরঃ পজিটিভ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট হচ্ছে $V_{a_1}, V_{b_1}, V_{c_1}$ অথবা, $I_{a_1}, I_{b_1}, I_{c_1}$ যা কোনো ব্যালেন্স সিস্টেমের তিনটি ফেজের মান নির্দেশ করে। ফেজগুলো পরস্পরের সাথে $120°$ ডিগ্রি কোণে অবস্থান করে এবং প্রতিটি ফেজ অরিজিনাল সিস্টেমের সাথে একই ফেজ সিকুয়েন্সে থাকে। এই ধরনের ফেজগুলোকে পজিটিভ সিকুয়েন্স কম্পোনেন্ট বলে।

**** ৪। ফেজ সিকুয়েন্স চেক করা প্রয়োজন কেন?**

অথবা, তিন-ফেজ সিস্টেমের ক্ষেত্রে ফেজ সিকুয়েন্স চেক করার প্রয়োজনীয়তা কী?

বাকাশিবো- ২০১৫, ১৫ 'পরি, ২২

উত্তরঃ ট্রান্সফরমার ব্যাংকিং অথবা ট্রান্সফরমার এর প্যারালাল সংযোগ এবং জেনারেটরের প্যারালাল অপারেশন এর জন্য ফেজ সিকুয়েন্স চেক করে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। ফেজ সিকুয়েন্স চেক না করে অথবা ফেজ সিকুয়েন্স ঠিক না রেখে প্যারালালে সংযোগ করলে মেশিনগুলো নষ্ট হয়ে যাবে। এছাড়া তিন-ফেজ $(3-\varphi)$ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক নির্ণয় করার জন্য ফেজ সিকুয়েন্স চেক করা প্রয়োজন হয়।

***** ৫। ‘j’ অপারেটর ও ‘a’ অপারেটর এর মধ্যে পার্থক্য লেখ।**

বাকাশিবো- ২০২১

উত্তরঃ ‘j’ অপারেটর ও ‘a’ অপারেটর এর মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো ঃ

‘j’ অপারেটর	‘a’ অপারেটর
১) ‘j’ এমন একটি অপারেটর যা কোনো ভেক্টর বা ফেজ এর সাথে গুণ আকারে থেকে উক্ত ভেক্টর বা ফেজকে $90°$ ডিগ্রি ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে বা বামদিকে ঘূর্ণন নির্দেশ করে, তাকে ‘j’ অপারেটর বলে।	১) ‘a’ এমন একটি অপারেটর, যার মান $a = 1\angle 120°$ এবং এটি কোনো ভেক্টরের সাথে মাল্টিপ্লায়ার (গুণ) আকারে থেকে উক্ত ভেক্টরকে ঘড়ির কাঁটার রিপরীত দিকে $120°$ অথবা বাম দিকে $120°$ ডিগ্রি ঘুরায়, তাকে ‘a’ অপারেটর বলে।
২) এর মান $j = \sqrt{-1}$	২) অপারেটর এর মান, $a = 1\angle 120°$
৩) ‘j’ অপারেটর এক-ফেজ $(1 - \varphi)$ এর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।	৩) ‘a’ অপারেটর $(3 - \varphi)$ এর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

প্রয়োজনীয় সূত্রসমূহ ঃ

(ক) জিরো সিকুয়েন্স এ ভোল্টেজ এর সূত্র ঃ

$$V_{a_0} = V_{b_0} = V_{c_0} = \frac{1}{3}(\mathrm{V_a} + \mathrm{V_b} + \mathrm{V_c})$$

$\longrightarrow V_{a_0}$

$\longrightarrow V_{b_0}$

$\longrightarrow V_{c_0}$

(খ) জিরো সিকুয়েন্সে কারেন্টের সূত্র ঃ

$$I_{a_0} = I_{b_0} = I_{c_0} = \frac{1}{3}(\mathrm{I_a} + \mathrm{I_b} + \mathrm{I_c})$$

$\longrightarrow I_{a_0}$

$\longrightarrow I_{b_0}$

$\longrightarrow I_{c_0}$

(গ) পজিটিভ সিকুয়েন্সে ভোল্টেজ ঃ

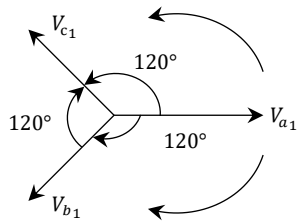
$$V_{a_1} = \frac{1}{3}(\mathrm{V_a} + {}_{\mathrm{a}}\mathrm{V_b} + {}_{\mathrm{a}^2}\mathrm{V_c})$$

$$\therefore V_{b_1} = V_{a_1}\angle -120^\circ$$

অথবা, $V_{b_1} = V_{a_1}\angle +240^\circ$ অথবা, $V_{b_1} = \mathrm{a}^2 V_{a_1}$

$$\therefore V_{c_1} = V_{a_1}\angle -240^\circ$$

অথবা, $V_{c_1} = V_{a_1}\angle +120^\circ$ অথবা, $V_{c_1} = aV_{a_1}$



চিত্র ঃ পজিটিভ সিকুয়েন্স

(ঘ) অনুরূপভাবে, পজিটিভ সিকুয়েন্সে কারেন্ট ঃ

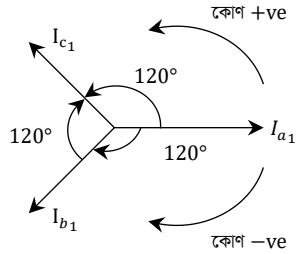
$$I_{a_1} = \frac{1}{3}(I_a + {}_a I_b + {}_{a^2} I_c)$$

$$\therefore I_{b_1} = I_{a_1}\angle -120^\circ$$

অথবা, $I_{b_1} = I_{a_1}\angle +240^\circ$ অথবা, $I_{b_1} = \mathrm{a}^2 I_{a_1}$

$$\therefore I_{c_1} = I_{a_1}\angle -240^\circ$$

অথবা, $I_{c_1} = I_{a_1}\angle +120^\circ$ অথবা, $I_{c_1} = aI_{a_1}$



(ঙ) নেগেটিভ সিকুয়েন্স ভোল্টেজ ঃ

$$\therefore V_{a_2} = \frac{1}{3}(V_a + {}_{a^2}V_b + {}_aV_c)$$

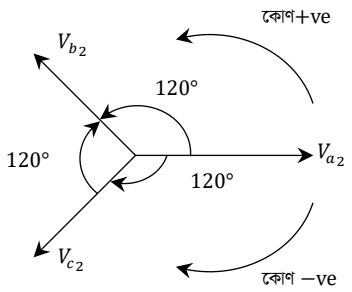
$$\therefore V_{b_2} = V_{a_2}\angle + 120^\circ \text{ অথবা, } V_{b_2} = aV_{a_2}$$

অথবা, $V_{b_2} = V_{a_2}\angle - 240^\circ$

$$\therefore V_{c_2} = V_{a_2}\angle + 240^\circ \text{ অথবা,}$$

$$V_{c_2} = V_{a_2}\angle - 120^\circ$$

অথবা, $V_{c_2} = a^2V_{a_2}$



(চ) অনুরূপ ভাবে নেগেটিভ সিকুয়েন্স কারেন্ট ঃ

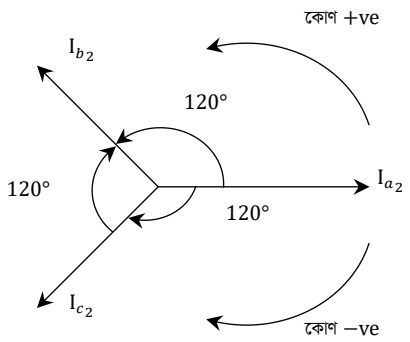
$$\therefore I_{a_2} = \frac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$\therefore I_{b_2} = I_{a_2} = \angle + 120^\circ \text{ অথবা, } I_{b_2} = aI_{a_2}$$

অথবা, $I_{b_2} = I_{a_2}\angle - 240^\circ$

$$\therefore I_{c_2} = I_{a_2}\angle + 240^\circ \text{ অথবা, } I_{c_2} = I_{a_2}\angle - 120^\circ$$

অথবা, $I_{c_2} = a^2 I_{a_2}$



(ছ) অপারেটর, $a = 1\angle 120^\circ$

$$a^2 = 1\angle 240^\circ$$

$$a^3 = 1\angle 360^\circ$$

*** ১। একটি তিন ফেজ আনব্যালেন্স সিস্টেমের কারেন্ট $\mathbf{I_a = 10\angle 30°A, I_b = 15\angle -60°A, I_c = 20\angle 45°A}$ হলে, নির্ণয় কর ঃ (ক) জিরো সিকুয়েন্স কারেন্ট, (খ) পজিটিভ সিকুয়েন্স কারেন্ট, (গ) নেগেটিভ সিকুয়েন্স কারেন্ট। বাকাশিবো- ২০২০

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

$I_a = 10\angle 30°A$

$I_b = 15\angle -60°A$

$I_c = 20\angle 45°A$

(a) $I_{a_0} = I_{b_0} = I_{c_0} = ?$

(b) $I_{a_1}, I_{b_1}, I_{c_1} = ?$

(c) $I_{a_2}, I_{b_2}, I_{c_2} = ?$

(ক) জিরো, সিকুয়েন্স এর ক্ষেত্রে ঃ

আমরা জানি,

$$I_{a_0} = I_{b_0} = I_{c_0} = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c)$$

$$= \frac{1}{3}\{(10\angle 30°) + (15\angle -60°) + (20\angle 45°)\}$$

$$= \frac{1}{3} \times (30.92\angle 11.47°)$$

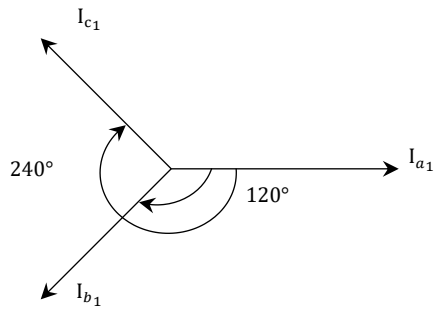
$$= \frac{30.92\angle 11.47°}{3}$$

$$= 10.31\angle 11.47°\ A\ \ (\mathbf{Ans})$$

(খ) পজিটিভ সিকুয়েন্স এর কারেন্ট ঃ

$a = 1\angle 120°$

$a^2 = 1\angle 240°$



চিত্র ঃ পজিটিভ সিকুয়েন্স

আমরা জানি,

$$I_{a_1} = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c)$$

$$= \frac{1}{3}\{(10\angle 30°) + (1\angle 120°) \times (15\angle -60°) + (1\angle 240°) \times (20\angle 45°)\}$$

$$= \frac{1}{3}\{(10\angle 30°) + (15\angle 60°) + (20\angle -75°)\}$$

$$= \frac{1}{3} \times (21.37\angle -3.56)$$

$$= \frac{21.37\angle -3.56}{3}$$

$$= 7.12\angle -3.56°A \quad (\mathbf{Ans})$$

$$\therefore I_{b_1} = I_{a_1}\angle -120°$$

$$= 7.12\angle -3.56° - 120°$$

$$= 7.12\angle -123.56°\text{A} \ (\textbf{Ans})$$

$$\therefore I_{c_1} = I_{a_1}\angle -240°$$

$$= 7.12\angle -3.56° - 240°$$

$$= 7.12\angle -243.56°\text{A} \ \ (\textbf{Ans})$$

(গ) নেগেটিভ সিকুয়েন্স এর কারেন্ট ঃ

$$I_{a_2} = \frac{1}{3}\left(I_a + a^2 I_b + aI_c\right)$$

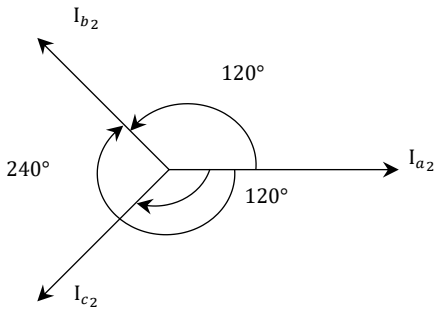
$$= \frac{1}{3}\{(10\angle 30°) + (1\angle 240°) \times (15\angle -60°) + (1\angle 120°) \times (20\angle 45°)\}$$

$$= \frac{1}{3}\{(10\angle 30°) + (15\angle 180°) + (20\angle 165°)\}$$

$$= \frac{1}{3} \times (27.6\angle 158.36°)$$

$$= \frac{27.6\angle 158.36}{3}$$

$$= 9.2\angle 158.36°\text{A} \ (\textbf{Ans})$$



চিত্র ঃ নেগেটিভ সিকুয়েন্স

$\therefore I_{b_2} = I_{a_2}\angle + 120°$

$= 9.2\angle 158.36° + 120°$

$= 9.2\angle 278.36°A$ (**Ans**)

অথবা, $I_{b_2} = I_{a_2}\angle - 240°$

$= 9.2\angle 158.36 - 240°$

$= 9.2\angle - 81.64°A$ (**Ans**)

$\therefore I_{c_2} = I_{a_2}\angle + 240°$

$= 9.2\angle 158.36 + 240°$

$= 9.2\angle 398.36°$

অথবা, $I_{c_2} = I_{a_2}\angle - 120°$

$= 9.2\angle 158.36 - 120°$

$= 9.2\angle 38.36°A$ (**Ans**)

*** ২। একটি তিন ফেজ $(3-\vartheta)$ আনব্যালেন্সড সিস্টেমের ভোল্টেজ, $V_a = 20\angle 30^\circ\ V, V_b = 50\angle -60^\circ\ V$, $V_c = 70\angle -90^\circ\ V$ হলে, জিরো, পজিটিভ এবং নেগেটিভ সিকুয়েন্স ভোল্টেজ নির্ণয় কর। বাকাশিবো- ২০১৮

সমাধানঃ জিরো সিকুয়েন্স ভোল্টেজ ঃ

আমরা জানি, $V_{a_0} = V_{b_0} = V_{c_0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c)$

$$= \frac{1}{3}\{(20\angle 30^\circ) + (50\angle -60^\circ) + (70\angle -90^\circ)\}$$

$$= \frac{1}{3} \times (111.63\angle -67.72^\circ)$$

$$= \frac{111.63\angle -67.72}{3}$$

$$= 37.21\angle -67.72^\circ\ V \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

পজিটিভ সিকুয়েন্স ভোল্টেজ ঃ

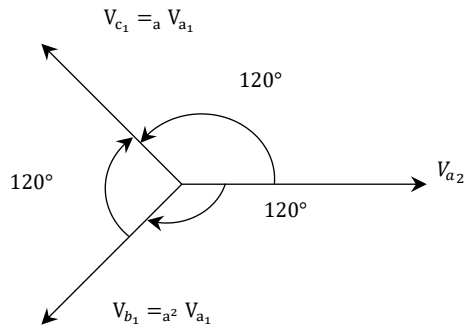
আমরা জানি, $V_{a_1} = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c)$

$$= \frac{1}{3}\{(20\angle 30^\circ) + (1\angle 120^\circ) \times (50\angle -60^\circ) + (1\angle 240^\circ) \times (70\angle -90^\circ)\}$$

$$= \frac{1}{3}\{(20\angle 30^\circ) + (50\angle 60^\circ) + (70\angle 150^\circ)\}$$

$$= \frac{90.17\angle 101.71^\circ}{3}$$

$$= 30.05\angle 101.71^\circ\ V \quad (\boldsymbol{Ans.})$$



$$\therefore V_{b_1} = V_{a_1}\angle -120°$$
$$= 30.05\angle 101.71 - 120°$$
$$= 30.05\angle -18.29°\ \text{V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

অথবা, $V_{b_1} = V_{a_1}\angle + 240°$

$= 30.05\angle 101.71° + 240°$

$= 30.05\angle 341.71°\ V \quad (\boldsymbol{Ans.})$

অথবা, $V_{b_1} = a^2 V_{a_1}$

$= (1\angle 240°) \times (30.05\angle 101.71)$

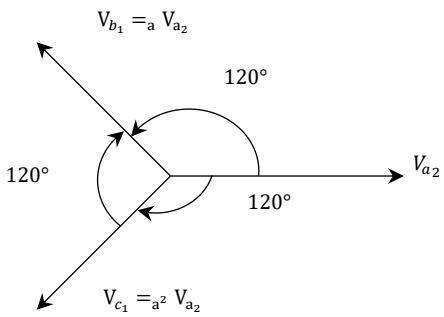
$= 30.05\angle -18.3°\ V \quad (\boldsymbol{Ans.})$

[এই তিনটি নিয়মের যেকোনো একটি নিয়মে সমাধান করলেই হবে]

নেগেটিভ সিকুয়েন্স ভোল্টেজ ঃ

আমরা জানি, $V_{a_2} = \frac{1}{3}(V_a + {}_{a^2}V_b + {}_aV_c)$

$= \frac{1}{3}\{(20\angle 30°) + (1\angle 240°) \times (50\angle -60°) + (1\angle 120°) \times (70\angle -90°)\}$



$$= \frac{52.96\angle 58.16}{3}$$

$$= 17.65\angle 58.16^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

$$\therefore V_{b_2} = V_{a_2}\angle + 120^\circ$$

$$= 17.65\angle 58.16^\circ + 120^\circ$$

$$= 17.65\angle 178.16^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

অথবা, $V_{b_2} =_a V_{a_2}$

$$= (1\angle 120^\circ) \times (17.65\angle 58.16^\circ)$$

$$= 17.65\angle 178.16^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

অথবা, $V_{b_2} = V_{a_2}\angle - 240^\circ$

$$= 17.65\angle 58.16 - 240^\circ$$

$$= 17.65\angle - 181.84^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

$$\therefore V_{c_2} = V_{a_2}\angle + 240^\circ$$

$$= 17.65\angle 58.16^\circ + 240^\circ$$

$$= 17.65\angle 298.16^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

অথবা, $V_{c_2} =_{a^2} V_{a_2}$

$$= (1\angle 240^\circ) \times (17.65\angle 58.16^\circ)$$

$$= 17.65\angle - 61.84^\circ \text{ V} \quad (\boldsymbol{Ans.})$$

অথবা, $V_{c_2} = V_{a_2}\angle -120°$

$= 17.65\angle 58.16 - 120°$

$= 17.65\angle -61.84°\ V \quad (\boldsymbol{Ans.})$

অধ্যায়-১২ নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। নন সাইনুসয়ডাল ওয়েভ কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১১, ১২, ১৬, ১৮, ২৩, ২৪

উত্তরঃ সাইনুসয়ডাল ওয়েভ হতে ভিন্ন ওয়েভ সমূহকে নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ বলে। যেমন ঃ স্কয়ার ওয়েভ, রেক্টিফাইড ওয়েভ, ডিসি ওয়েভ, স'টুথ ওয়েভ, ট্রাই-অ্যাঙ্গুলার ওয়েভ ইত্যাদ।

**** ২। ফোরিয়ার সিরিজটি কী?** বাকাশিবো- ২০১৩

উত্তরঃ একটি ফুরিয়ার সিরিজটি একটি তরঙ্গ রূপ বা অন্য পর্যায়ক্রমিক ক্রিয়াকে সাইন এবং কোসাইনগুলির যোগফল হিসাবে উপস্থাপন করে।

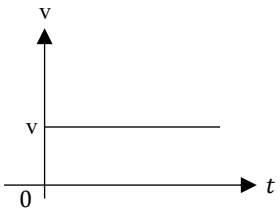
সিরিজটি হলো নিম্নরূপ ঃ $y = f_{(x)}$

$$= A_0 + A_1 \sin x + B_1 \cos x + A_2 \sin 2x + B_2 \cos 2x \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n \sin nx + B_n \cos nx$$

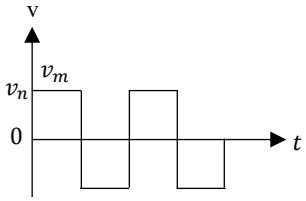
*** ৩। চিত্রসহ ৪ টি নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের উদাহরণ দাও।

বাকাশিবো- ২০১৯, ২২, ২৩

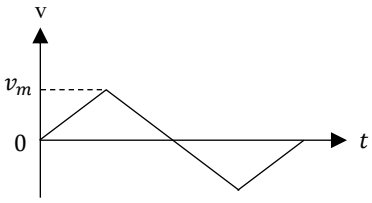
উত্তরঃ



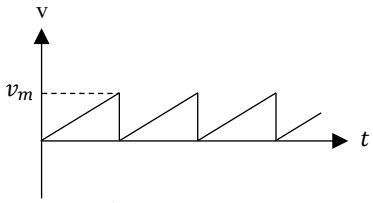
ডিসি ওয়েভ (DC wave)



স্কয়ার ওয়েভ (Square wave)



ট্রাইঅ্যাঙ্গুলার ওয়েভ (Triangular wave)



স'টুথ ওয়েভ (Saw-tooth wave)

*** ৪। নন- সাইনুসয়ডাল ওয়েভের অসুবিধাগুলো লেখ।

বাকাশিবো- ২০১৭, ২১

উত্তরঃ বর্তমান সময়ে এসি মেশিনগুলো এমনভাবে ডিজাইন করা হয়, যাতে এটির আউটপুট ভোল্টেজ এবং কারেন্ট ওয়েভ যেন আদর্শ সাইনুসয়ডাল ওয়েভ ফরম হয়। কিন্তু কিছু অবস্থার কারণে এরূপ ওয়েভফরম পাওয়া প্রকৃতপক্ষে সম্ভব নয়। তাই সকল অল্টারনেটিং ওয়েভ ফরমই আদর্শ সাইনুসয়ডাল আকৃতি হতে বিকৃত হয়। তাই এরূপ বিকৃত প্রাপ্ত ওয়েভ ফরমকে নন-সাইনুসয়ডাল বা জটিল ওয়েভ ফরম বলা হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। সাইনুসয়ডাল ওয়েভ ব্যবহারের সুবিধা কী?** বাকাশিবো- ২০১২, ১৫

উত্তরঃ সাইনুসয়ডাল ওয়েভ ব্যবহারের সুবিধাগুলো নিম্নরূপ ঃ

i) সরঞ্জাম এবং যন্ত্রপাতি দীর্ঘস্থায়ী হয়।

ii) এসি রাশির হিসাব-নিকাশ অপেক্ষাকৃত সহজ হয়।

iii) সরঞ্জাম এবং যন্ত্রপাতি শীতল এবং দক্ষতার সাথে সঞ্চালিত হয়।

iv) হামিং কম হয়।

v) বৈদ্যুতিক শব্দ কম তৈরি করে।

vi) সার্কিটের তাপমাত্রা স্ট্যাবিলিটি ভালো হয়।

অধ্যায়-১৩ নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ হারমোনিক্স

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। হারমোনিক্স কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৪, ১২, ১৩, ১৫, ১৬, ২১, ২৩, ২৪

উত্তরঃ হারমোনিক্স শব্দের অর্থ সদৃশ্য। হারমোনিক্স হলো এক ধরনের আনাবশ্যক উচ্চ তরঙ্গ যা মূল তরঙ্গের সাথে যুক্ত হয়ে বিকৃত তরঙ্গে রূপান্তরিত হয়।

***** ২। নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ কারেন্টের কার্যকরী মানের সূত্রটি লেখ।**

বাকাশিবো- ২০২০

উত্তরঃ নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভ কারেন্টের কার্যকরী মানের সূত্রটি হলো ঃ

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_1 m}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{I_2 m}{\sqrt{2}}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{I_n m}{\sqrt{2}}\right)^2}$$

$$= \sqrt{I_1^2 + I_2^2 \ldots I_n^2}$$

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। দেখাও যে, $(3-\emptyset)$ স্টার সংযোগের লাইন ভোল্টেজ তৃতীয় হারমোনিক্স মুক্ত।** বাকাশিবো- ২০১২, ১২' পরি, ১৪, ১৪' পরি, ১৫, ১৭, ১৭' পরি, ১৯, ২৩

উত্তরঃ $(3-\emptyset)$ সিস্টেমের তিনটি ফেজের হারমোনিক্স এর সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$e_R = E_{m_1}\sin(\omega t+\theta_1) + E_{m_2}\sin(2\omega t+\theta_2) + E_{m_3}\sin(3\omega t+\theta_3) + E_{m_4}\sin(\omega t+\theta_4) \text{ ...----(i)}$$

$$e_Y = E_{m_1}\sin(\omega t-120^\circ+\theta_1) + E_{m_2}\sin\{2(\omega t-120^\circ)+\theta_2\} + E_{m_3}\sin\{3(\omega t-120^\circ)+\theta_3\} + E_{m_4}\sin\{4(\omega t-120^\circ)+\theta_4\}\text{-------(ii)}$$

$$e_B = E_{m_1}\sin(\omega t-240^\circ+\theta_1) + E_{m_2}\sin\{2(\omega t-240^\circ)+\theta_2\} + E_{m_3}\sin\{3(\omega t-240^\circ)+\theta_3\} + E_{m_4}\sin\{4(\omega t-240^\circ)+\theta_4\} +\text{-------(iii)}$$

(i) নং সমীকরণে e_R এর ৩য় হারমোনিক্স থেকে, (ii) সমীকরণের e_R এর ৩য় হারমোনিক্স বিয়োগ করে পাই,

$$e_{RY} = E_{m_3}\sin(\omega t+\theta_3) - E_{m_3}\sin\{3(\omega t-120^\circ)+\theta_3\}$$

$$= E_{m_3}\sin(3\omega t+\theta_3) - E_{m_3}\sin(3\omega t-360^\circ+\theta_3)$$

$$= E_{m_3}\{\underbrace{\sin(3\omega t + \theta_3)}_{C} - \underbrace{\sin(3\omega t - 360° + \theta_3)}_{D}\}$$

[E_{m_3} কমন নিতে হবে]

$$= E_{m_3}\left\{2.\cos\frac{3\omega t+\theta_3+3\omega t-360°+\theta_3}{2}.\sin\frac{3\omega t+\theta-3\omega t+360°-\theta_3}{2}\right\}$$

$$= E_{m_3}\left\{2.\cos\frac{6\omega t+2\theta_3-360°}{2}.\sin\frac{360°}{2}\right\}$$

$$= E_{m_3}\left\{2.\cos\frac{6\omega t+2\theta_3-360°}{2}.\sin 180°\right\}$$

$$= E_{m_3}\left\{2.\cos\frac{6\omega t+2\theta_3-360°}{2}.0\right\} \; [\sin 180° = 0]$$

$$= E_{m_3} \times 0$$

$$\therefore e_{RY} = 0$$

অনুরূপভাবে e_Y ও e_B তৃতীয় হারমোনিক্স বিয়োগ করে পাই,

$$e_{YB} = E_{m_3}\sin\{(3\omega t - 120°) + \theta_3\} - E_{m_3}\sin\{(3(\omega t - 240°) + \theta_3)\}$$

$$= E_{m_3}\{\sin(3\omega t - 360° + \theta_3) - \sin(3\omega t - 720° + \theta_3)\}$$

$$= E_{m_3} \times 0$$

$$= 0$$

অনুরূপভাবে,

$$e_{BR} = E_{m_3}\sin\{3(\omega t - 240°) + \theta_3\}\, E_{m_3}\sin(3\omega t + \theta_3)$$

$$= E_{m_3}\{\sin(3\omega t - 720° + \theta_3) - \sin(3\omega t + \theta_3)\}$$

$$= E_{m_3} \times 0$$

$= 0$ (দেখানো হলো)

অধ্যায়-১৪ নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। নন-সাইসনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর কাকে বলে?**

বাকাশিবো- ২০১৮

উত্তরঃ অ্যাক্টিভ পাওয়ার এবং অ্যাপারেন্ট পাওয়ারের অনুপাতকে নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

$$\therefore \text{Power factor of non-sinusoidal} = \frac{\text{Active power}}{\text{Apparaent power}}$$

**** ২। নন-সাইনুসয়ডালে ওয়েভের যোগ ও রিয়োগ কীভাবে করা হয়?**

উত্তরঃ সাধারণ ভেক্টর যে নিয়মে যোগ ও বিয়োগ করা হয়, নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের যোগ ও বিয়োগ একই নিয়মে করা হয়, সুতরাং বিয়োগের বেলায় বিয়োগকৃত পদটির চিহ্ন উল্টিয়ে যোগ করা হয়।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয়ের ফর্মুলা কী?**

বাকাশিবো- ২০১৩, ১২, ১৫

উত্তরঃ নন-সাইনুসয়ডাল ওয়েভের পাওয়ার ফ্যাক্টর,

$$P_f = \frac{E_1 I_1 \cos\left(\alpha_1 - \alpha_1^{/}\right) + E_2 I_2 \cos\left(\alpha_2 - \alpha_2^{/}\right) + \cdots}{\sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \cdots} \times \sqrt{I_1^2 + I_2^2 \ldots}}$$

***** ২। নন-সাইনুসয়ডাল কারেন্টের গড় মান নির্ণয় কর।**

বাকাশিবো- ২০১৭, ১৮

উত্তরঃ গড় মান,

$$I_{ave} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}(100\sin\omega t + 60\sin 5\omega t).\,dwt$$

$$= \frac{1}{\pi}\left[100.(-\cos\omega t) + 60.\left(-\frac{\cos 5\omega t}{5}\right)\right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{1}{\pi}\left[-100\cos\omega t - \frac{60}{5}\cos 5\omega t\right]_0^{\pi}$$

$$= -\frac{1}{\pi}\left[100\cos\omega t + \frac{60}{5}\cos 5\omega t\right]_0^{\pi}$$

$$= -\frac{1}{\pi}\left[100\cos\pi + \frac{60}{5}\cos(5\times\pi) - 100\cos 0^\circ - \frac{60}{5}\cos(5\times 0^\circ)\right]$$ [আপার লিটিম—লোয়ার লিমিট]

$$= -\frac{1}{\pi}\left[(100 \times -1)\left(\frac{60}{5} \times -1\right) - (100 \times 1) - \left(\frac{60}{5} \times 1\right)\right]$$

$$= -\frac{1}{\pi}(-100 - 12 - 100 - 12)$$

$$= -\frac{1}{\pi} \times (-224)$$

$$= \frac{1}{\pi} \times 224$$

$$= \frac{224}{\pi}$$

$$= 71.3\text{A} \quad \text{(Ans)}$$

বিকল্প নিয়ম ঃ

$$I_{ave} = 0.636\left(\frac{V_{m_1}}{1} + \frac{V_{m_5}}{5}\right)$$

$$= 0.636\left(\frac{100}{1} + \frac{60}{5}\right)$$

$$= 0.636(100 + 12)$$

$$= 0.636 \times 112$$

$$= 71.232\text{A} \quad (\textbf{Ans})$$

[সূত্র ঃ $I_{ave} = 0.636\left(\frac{V_{m_1}}{1} + \frac{V_{m_2}}{2} + \frac{V_{m_3}}{3} + \cdots\right)$]

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

***** ১। $i = 100\sin\omega t + 60\sin 5\omega t$ নন-সাইনুসয়ডাল কারেন্টের গড় মান নির্ণয় কর।** বাকাশিবো- ২০০৭, ১৭, ১৮, ২৩

সমাধানঃ দেওয়া আছে, $i = 100\sin\omega t + 60\sin 5\omega t$

গড় মান, $I_{ave} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}(100\sin\omega t + 60\sin 5\omega t)\cdot d\omega t$

$= \frac{1}{\pi}\left[\int_0^{\pi} 100\sin\omega t\cdot d\omega t + \int_0^{\pi} 60\sin 5\omega t\cdot d\omega t\right]$

$= \frac{1}{\pi}\left[100\int_0^{\pi}\sin\omega t\cdot d\omega t + 60\int_0^{\pi}\sin 5\omega t\cdot d\omega t\right]$

$= \frac{1}{\pi}\left[100[-\cos\omega t]_0^{\pi} + 60\left[\frac{-\cos 5\omega t}{5}\right]_0^{\pi}\right]$

$\cos\pi = -1$
$\cos 0° = 1$
$\cos\pi = -1$

$[\int\sin\theta\cdot d\theta = -\cos\theta]$

$= \frac{1}{\pi}\left[100\{-\cos\pi - (-\cos 0°)\} + 60\left\{\frac{-\cos 5\times\pi}{5} - \left(-\frac{\cos 0°}{5}\right)\right\}\right]$

$= \frac{1}{\pi}\left[100\{-(-1) - (-1)\} + 60\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)\right]$

[মান বসিয়ে]

$= \frac{1}{\pi}\left\{100(1+1) + \left(60\times\frac{2}{5}\right)\right\}$

$= \frac{1}{\pi}(200 + 24)$

$$= \frac{224}{\pi}\ Amp.\ (\boldsymbol{Ans.})$$

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং

৩য় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০২২

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রিক্যাল, ইলেকট্রনিক্স, ইলেকট্রোমেডিক্যাল, টেলিকমিউনিকেশন (২০২২ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রিক্যাল সার্কিট-২ (বিষয় কোড ঃ ২৬৭৩১)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা **পূর্ণমান ঃ ৯০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২×১০ = ২০)

১। এসি সার্কিট পাওয়ার কয় প্রকার ও কী কী?

২। ভেক্টরের রেক্টেঙ্গুলার form বলতে কী বোঝায়?

৩। ডাইনামিক ইম্পিড্যান্স কী?

৪। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ফেজ কোণ কত?

৫। ফ্লোটিং নিউট্রাল কী?

৬। Band width বলতে কী বোঝায়?

৭। Cut-off frequency কী?

৮। Non-sinusoidal wave- এর চিত্র অঙ্কন কর।

৯। ডাবল সাবসক্রিফট নোটেশন কী?

১০। হারমোনিকস কী?

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩×১০ = ৩০)

১১। প্যারালাল রেজোন্যান্স- এর বৈশিষ্ট্য লেখ।

১২। যোগ কর ঃ $10_e^{-j30} + 20\angle 30^\circ$.

১৩। বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের পাওয়ার ওয়েভ অঙ্কন কর।

১৪। দেখাও যে, তিন-ফেজ সুষম স্টার পদ্ধতির নিউটাল কারেন্ট শুন্য।

১৫। একটি সার্কিটের আপাত পাওয়ার 50KVA 0.85 lagging পাওয়ার ফ্যাক্টরে এর Reactive পাওয়ার কত হবে?

১৬। ডাবল সাবস্ক্রিফট নোটেশনের সাহায্যে $230\angle 0^\circ$ volt $-230\angle -120^\circ$ volt দুটির যোগফল নির্ণয় কর।

১৭। ফাটেস কিউ থিওরেমটি লেখ।

১৮। পাওয়ার সিস্টেমে Zero sequence বলতে কী বোঝায়?

১৯। Phase sequence-এর গুরুত্ব বর্ণনা কর।

২০। 3-φ স্টার ও ডেল্টা পদ্ধতির মাঝে পার্থক্য লেখ।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৮×৫ = ৪০)

২১। দেখাও যে, 3-φ ব্যালেন্স ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে $I_L = \sqrt{3}I_P$ যেখানে অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

২২। দেখাও যে, ব্যান্ডউইথ $\Delta f = \frac{R}{2\pi L}$

২৩। $Z_1 = 5 + 4j$, $Z_2 = 5 + 8j$ ও $Z_3 = 6-4j$ প্যারালালে সংযুক্ত করা হলে ইম্পিড্যান্স অ্যাডমিটেন্স নির্ণয় কর।

২৩। 3-φ, 400 volt স্টার সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজে 20Ω রোধ 0.2H ইন্ডাকট্যান্স ও 200μF ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযুক্ত আছে লোডের পাওয়ার নির্ণয় কর।

২৪। Parallel resonance Circuit-এর Frequency নির্ণয় কর।

২৫। নিচের তিনটি অসম ভোল্টেজের জন্য পজিটিভ, নেগেটিভ ও জিরো সিকোয়েন্স ভোল্টেজগুলো নির্ণয় কর ঃ $V_a = 20\angle 30^\circ$, $V_b = 30\angle 60^\circ$ ও $V_0 = 30\angle 145^\circ$.

২৬। দেখাও যে, 3-φ স্টার সংযোগের লাইন ভোল্টেজ তৃতীয় হারমোনিকস মুক্ত?

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং

৩য় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০২৩

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রিক্যাল, ইলেকট্রনিক্স, ইলেকট্রোমেডিক্যাল, টেলিকমিউনিকেশন (২০২২ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রিক্যাল সার্কিট-২ (বিষয় কোড ঃ ২৬৭৩১)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা **পূর্ণমান ঃ ৯০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২×১০ = ২০)

১। ভেক্টরের রেক্ট্যাঙ্গুলার ফরম বলতে কী বুঝায়?

২। Q-ফ্যাক্টর কাকে বলে?

৩। প্যারালাল রেজোন্যান্স-এর শর্ত দুটি লেখ।

৪। ফ্লোটিং নিউট্রাল কী?

৫। হারমোনিক্স কাকে বলে?

৬। ব্যান্ডউইডথ (Bandwidth) বলতে কী বুঝায়?

৭। সাসসেপ্ট্যান্স কী?

৮। পলিফেজ জেনারেটর কাকে বলে?

৯। ডাবল সাবস্ক্রিপ্ট নোটেশন কী?

১০। হাফ-পাওয়ার পয়েন্ট কাকে বলে?

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩×১০ = ৩০)

১১. প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

১২. এসি প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

১৩. রেজোন্যান্স সার্কিটের ব্যবহার লেখ।

১৪. কী কী কারণে পলিফেজ সিস্টেম আন-ব্যালেন্সড হয়?

১৫. দেখাও যে, সুষম তিন-ফেজ স্টার সিস্টেমে নিউট্রাল কারেন্ট শূন্য হয়?

১৬. 400Volt, 50Hz ডেল্টা সংযোগে প্রতি ফেজের ইম্পিড্যান্স $(8 + j6)$ হলে, লাইন কারেন্ট বের কর।

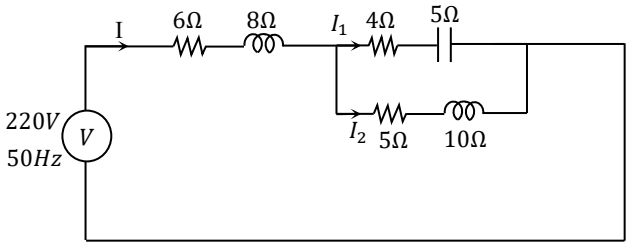
১৭. $i = 100\, sin\, wt + 60 \sin 5wt$ নন-সাইনুসয়ডাল কারেন্টের গড়মান নির্ণয় কর।

১৮. তিন-ফেজে স্টার ও ডেল্টা সংযোগের মাঝে পার্থক্য লেখ।

১৯. এক-ফেজের তুলনায় তিন-ফেজ ও পাওয়ার সিস্টেমের সুবিধাগুলো লেখ।

২০. তিন-ফেজ আনব্যালেন্সড সিস্টেম $V_{a_0}, V_{a_1}, V_{a_2}$ —এর সূত্র লেখ।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৮×৫ = ৪০)



২১। চিত্রে প্রদত্ত সার্কিটের মোট কারেন্ট ও শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।

২২। একটি কয়েলের রোধ 5Ω এবং ইন্ডাকট্যান্স 100 mH-এর সাথে সিরিজে $50\mu F$ একটি ক্যাপাসিটর সংযুক্ত করে $200\ Volt$ সরবরাহের সাথে সংযোগ করা হলো। নির্ণয় কর ঃ (ক) রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি; (খ) রেজোন্যান্স কারেন্ট; (গ) Q-ফ্যাক্টর; (ঘ) ব্যান্ডউইডথ ফ্রিকুয়েন্সি; (ঙ) রেজোন্যান্স অবস্থায় ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ।

২৩। প্রমাণ কর যে, R-L-C সিরিজ সার্কিটের ব্যান্ডউইডথ $\Delta f = \frac{R}{2\pi L}$।

২৪। তিন-ফেজ চার-তার স্টার সংযোগ পদ্ধতির ফেজের ডায়াগ্রামসহ $I_L = I_p$ ও $V_L = \sqrt{3}V_p$ সম্পর্কটি প্রতিপাদন কর।

২৫। দেখাও যে, তিন-ফেজ স্টার সংযুক্ত পদ্ধতির ভোল্টেজ তৃতীয় হারমোনিক্স যুক্ত।

২৬। একটি তিন-ফেজ তিন-তার পদ্ধতির ডেল্টা সংযুক্ত প্রতিটি ফেজে $(10 + j20)\Omega$ ইম্পিড্যান্স আছে। যদি সরবরাহ ভোল্টেজ 400Volt,

50Hz হয়, তবে (ক) লাইন কারেন্ট; (খ) ফেজ কারেন্ট; (গ) লাইন ভোল্টেজ; (ঘ) ফেজ ভোল্টেজ; (ঙ) ব্যয়িত পাওয়ার নির্ণয় কর।

২৭। ফোর্টেস্কিউ (Foretescue) থিওরেমটি গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং

৩য় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০২৪

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রিক্যাল, ইলেকট্রনিক্স, ইলেকট্রোমেডিক্যাল, টেলিকমিউনিকেশন (২০২২ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রিক্যাল সার্কিট-২ (বিষয় কোড ঃ ২৬৭৩১)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা **পূর্ণমান ঃ ৯০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২×১০ = ২০)

১। ডায়নামিক ইম্পিডেন্স কী?

২। ডাবল সাবস্ক্রিপ্ট নোটেশন কী?

৩। হারমোনিক্স কী?

৪। ফ্লোটিং নিউট্রাল কী?

৫। অ্যাডমিট্যান্স কাকে বলে?

৬। ইম্পিডেন্স ত্রিভুজ অঙ্কন কর।

৭। প্যারালাল রেজোন্যান্স বলতে কী বোঝায়?

৮। কোন ধরনের সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য হয় এবং কেন?

৯। এসি সার্কিটের পাওয়ার কয় প্রকার ও কী কী?

১০। R-L সিরিজ সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩×১০ = ৩০)

১১। দেখাও যে, তিন-ফেজ সুষম স্টার পদ্ধতির নিউট্রাল কারেন্ট শূন্য।

১২। প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি $fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ।

১৩। স্টার ও ডেল্টা সংযোগের মাঝে পার্থক্য লেখ।

১৪। রিভার্স ফেজ সিকুয়েন্সের অসুবিধা লেখ।

১৫। তিন-ফেজ পদ্ধতির ভোল্টেজ ওয়েভ ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

১৬। প্যারালাল রেজোন্যান্সের প্রয়োগক্ষেত্র উল্লেখ কর।

১৭। Q-ফ্যাক্টর কাকে বলে?

১৮। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

১৯। $(6 + j10)\Omega$ ও $(5 - j7)\ \Omega$-এর দুটি ইম্পিডেন্স প্যারালালে সংযোগ করলে সমতুল্য ইম্পিডেন্স কত হবে?

২০। R-L সিরিজ সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ আঁক।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৮×৫ = ৪০)

২১। দেখাও যে, ব্যান্ডউইডথ $\Delta f = \frac{R}{2\pi L}$.

২২। সুষম স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে দেখাও যে, $V_L = \sqrt{3}V_p, I_L = I_p$ ।

২৩। $R - L$ ও C শাখাবিশিষ্ট প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

২৪। দেখাও যে, বিশুদ্ধ ইন্ডাক্টিভ সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য।

২৫। $z_1 = 6 + j4, z_2 = 6 + j9$ ও $z_3 = 6 - j4$ প্যারালালে সংযুক্ত করা হলে, ইম্পিডেন্স ও অ্যাডমিট্যান্স নির্ণয় কর।

২৬। ফেজ সিকুয়েন্স পরীক্ষার যেকোনো একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২৭। $3-\phi$, 400V স্টার সংযুক্ত লোডের প্রতি ফেজে 50Ω রোধ, $0.4H$ ইন্ডাক্ট্যান্স এবং $200\mu F$ ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযুক্ত আছে। লোডের পাওয়ার নির্ণয় কর।