অধ্যায়-১২ এসি সার্কিটের পাওয়ার ও পাওয়ার ফ্যাক্টর

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। এসি পাওয়ার কত প্রকার ও কী কী**

বাকাশিবো-২০০৫, ১৬, ২০, ২৪

উত্তর ঃ এসি পাওয়ার তিন প্রকার। যথাঃ-

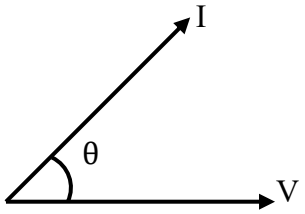
ক) প্রকৃত পাওয়ার (অ্যাকটিভ পাওয়ার)
খ) প্রতিক্রিয়াশীল পাওয়ার (রিয়্যাকটিভ পাওয়ার)
গ) আপাত পাওয়ার(অ্যাপারেন্ট পাওয়ার)

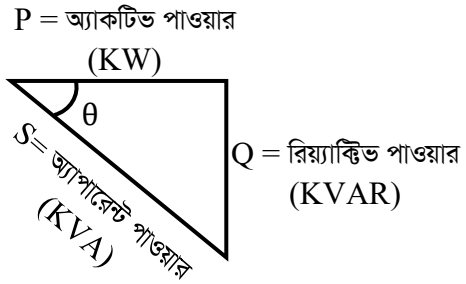
***** ২। পাওয়ার ফ্যাক্টর (Power factor) কী?**

বাকাশিবো-২০০১, ০২, ০৩, ০৪, ০৫, ১০, ১৪, ১৫, ১৬, ১৮, BPSC- 2019, DSS- 2019, BPDB- 2013, PGCB- 2017, WZPDCL- 2016, NESCO- 2020, BSEC- 2014, 18

অথবা, পাওয়ার ফ্যাক্টর বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ এসি সার্কিটের ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যবর্তী কোণের কোসাইন মানকে অর্থাৎ $\cos\theta$ কে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।





চিত্র ঃ পাওয়ার ত্রিভুজ

অথবা, অ্যাকটিভ পাওয়ার (প্রকৃত পাওয়ার) এবং অ্যাপারেন্ট পাওয়ারের (আপাত পাওয়ারের)

অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

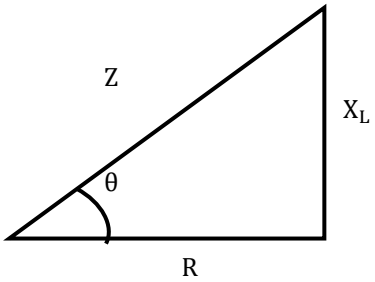
$$\therefore \text{p.f} = \cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভুজ}}$$

$$= \frac{\text{P (kw)}}{\text{S (KVA)}}$$

অথবা, এসি সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স ও ইম্পিড্যান্সের অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

$$\text{p.f} = \cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভুজ}}$$

$$= \frac{R}{Z}$$



চিত্র ঃ ইম্পিড্যান্স ত্রিভুজ

**** ৩। প্রকৃত পাওয়ার কী? এর প্রতীক ও একক কী ?**

বাকাশিবো- ২০১১, ১৩, ১৪, ১৫, ২৩

উত্তর ঃ ভোল্টেজ এবং ইনফেজ কারেন্টর গুণফলকে প্রকৃত পাওয়ার বলে। একে P দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক W বা KW (ওয়াট বা কিলোওয়াট)

[সূত্রঃ প্রকৃত পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$] অথবা, $P = I^2R$

❖ ইনফেজ কারেন্ট অথবা, কারেন্টের অনুভূমিক উপাদান = $I\cos\theta$

***** ৪। রিয়্যাকটিভ পাওয়ার বলতে কী বুঝায়?**

BPDB- 2016, বাকাশিবো-২০১৫, ১৭, ২০

উত্তর ঃ ভোল্টেজ এবং রিয়্যাকটিভ কারেন্টের গুণফলকে রিয়্যাকটিভ পাওয়ার বলে। একে p_r বা Q দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক VAR বা KVAR (ভার বা কিলোভার)

[সূত্র ঃ-P_r বা $Q = VI\sin\theta$] অথবা, $Q = I^2X$

- ❖ রিয়্যাকটিভ কারেন্ট অথবা, কারেন্টের উল্লম্ব উপাদান = $I\sin\theta$

*** ৫। আপাত বা অ্যাপারেন্ট পাওয়ার কাকে বলে?** **বাকাশিবো- ২০১২, ১৩**

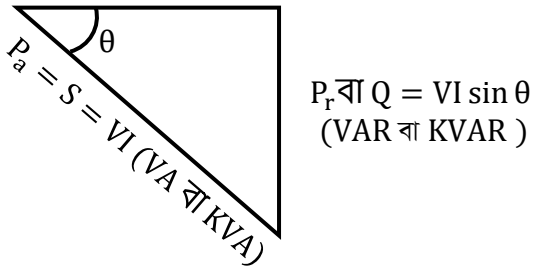
উত্তর ঃ ভোল্টেজ এবং কারেন্টের গুণফলকে আপাত পাওয়ার বলে। একে P_a বা S দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক VA বা KVA (ভিএ বা কেভিএ)।

[সূত্রঃ P_a বা $S = VI$] অথবা, $S = I^2Z$

***৬। পাওয়ার ত্রিভুজ কাকে বলে?**

উত্তর ঃ অ্যাকটিভ, রিয়্যাকটিভ এবং অ্যাপারেন্ট পাওয়ারে সাথে সংযুক্ত সমীকরণগুলো একটি সমকোণী ত্রিভুজের সাহায্যে জ্যামিতিক ভাবে প্রকাশ করা যায়। এই ত্রিভুজকে পাওয়ার ত্রিভুজ বলে।

$P = VI\cos\theta$ (W বা KW)



চিত্র ঃ পাওয়ার ত্রিভুজ

*** ৭। অ্যাডমিট্যান্স কাকে বলে?**

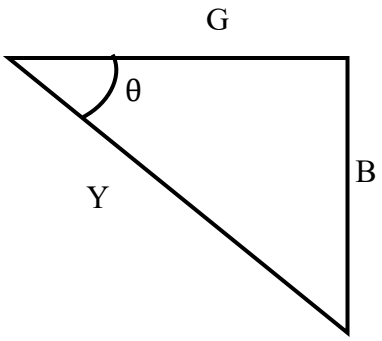
উত্তর ঃ একটি এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টের কারেন্টকে ঐ সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্স বলে। একে Y দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ (℧).

***৮। কন্ডাকট্যান্স কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১০

উত্তর ঃ একটি এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টে কারেন্টের অনুভূমিক উপাদানকে কন্ডাকট্যান্স বলে । একে G দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ(℧)।

***৯। সাসেপট্যান্স কাকে বলে?** বাকাশিবো- ২০১০

উত্তর ঃ একটি এসি সার্কিটে প্রতি একক ভোল্টে কারেন্টের উল্লম্ব উপাদানকে সাসেপট্যান্স বলে। একে B দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক মোহ (℧).



চিত্র ঃ অ্যাডমিট্যান্স ত্রিভুজ

[সূত্রঃ অ্যাডমিট্যান্স, $Y = G \pm jB$ অথবা, $Y = \frac{1}{Z}$]

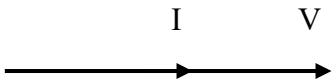
SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

*****১। বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক হয় কেন?**

বাকাশিবো- ২০১৮, ১৯

অথবা, Pure Resistive circuit এর Power Factor কেমন হয়?

উত্তর ঃ বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্ট একই ফেজে থাকে অর্থাৎ ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যবর্তী কোণ শূন্য হয়।



চিত্র ঃ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

∴ পাওয়ার ফ্যাক্টর, $\text{p.f} = \cos\theta = \cos 0° = 1$

অর্থাৎ, বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর একক বা ইউনিটি হয়।

***** ২। দেখাও যে, বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য হয়।** বাকাশিবো- ২০১৭, ২১

অথবা, বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য হয় কেন?

উত্তর ঃ একটি বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের $90°$ ডিগ্রী পূর্বে থাকে। অর্থাৎ, $\theta = 90°$

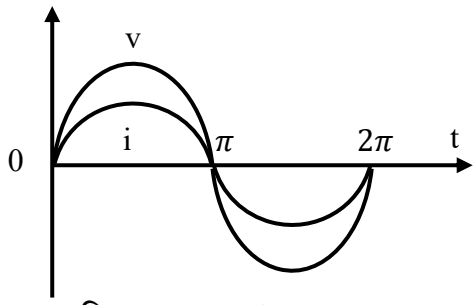
$$\therefore \text{Power, } P = VI\cos\theta$$
$$= VI\cos 90°$$
$$= VI \times 0 \quad [\cos 90° = 0]$$
$$= 0$$

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

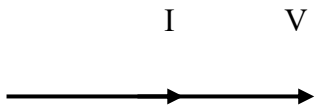
*****১। দেখাও যে, বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিটের পাওয়ার, $P = VI$**

বাকাশিবো- ২০১৯, ২০, ২১, ২৫

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ওয়েভ ডায়াগ্রাম



চিত্র ঃ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

আমরা জানি, ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান, $v = v_m \sin \omega t$

এবং কারেন্টের তাৎক্ষণিক মান, $i = I_m \sin \omega t$

$\therefore$ তাৎক্ষণিক পাওয়ার, $P_i = vi$

$$= V_m \sin \omega t \,.\, I_m \sin \omega t$$

$$= V_m I_m \sin^2 \omega t$$

পূর্ণ সাইকেলের জন্য গড় পাওয়ার,

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} P_i \, d\omega t$$

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_m I_m \sin^2 \omega t \,.\, d\omega t$$

$$[P_i = V_m I_m \sin^2 \omega t]$$

$$= \frac{V_m I_m}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t \;.\, d\omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1}{2} \times 2 \sin^2 \omega t \,.\, d\omega t$$

[সূত্র মিলানোর জন্য $\frac{1}{2} \times 2 = 1$]

$$= \frac{V_m I_m}{2\pi} \times \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} 2 \sin^2 \omega t \,.\, d\omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi}\int_0^{2\pi} (1 - \cos 2\omega t) \,.\, d\omega t$$

$$[2 \sin^2 \theta = 1 - \cos 2\theta]$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi}\left[\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2}\right]_0^{2\pi} \rightarrow$$

$$\left[\begin{array}{c} \int 1 . d\omega t = \omega t \\ \int -\cos 2\omega t \,.\, d\omega t \\ = \dfrac{-\sin 2\omega t}{2} \end{array}\right]$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 2.2\pi}{2}\right) - \left(0 - \frac{\sin 2.0}{2}\right)\right]$$ upper limit - lower limit

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 4\pi}{2}\right) + \frac{\sin 0°}{2}\right] \quad [\pi = 180°]$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi}(2\pi - 0) + 0$$

$$\left[\begin{array}{c} \therefore \sin 4\pi = \sin(4 \times 180°) = 0 \\ \therefore \frac{0}{2} = 0 \\ \therefore \sin 0° = 0 \end{array}\right]$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi} \times 2\pi = \frac{V_m I_m}{2}$$

$$= \frac{V_m I_m}{\sqrt{2}\times\sqrt{2}} \quad \left[\sqrt{2} \times \sqrt{2} = (\sqrt{2})^2 = 2\right]$$

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

$$= V_{rms} . I_{rms} \quad \left[\begin{array}{l} V \Rightarrow V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \\ I \Rightarrow I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \end{array}\right]$$

$$\therefore P = VI \qquad \textbf{(Showed)}$$

***** ২। দেখাও যে, বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ সার্কিটের পাওয়ার অপচয় শূন্য হয়।**

বাকাশিবো- ২০২০

উত্তর ঃ আমরা জানি, ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান,

$V = V_m \sin \omega t$

এবং কারেন্টের তাৎক্ষণিক মান, $i = I_m \sin(\omega t - 90°)$

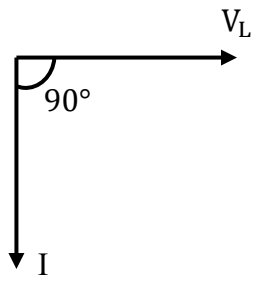
$\therefore$ তাৎক্ষণিক পাওয়ার, $P_i = Vi$

$$= V_m \sin \omega t . I_m \sin(\omega t - 90°)$$

$$= V_m I_m \sin \omega t . \sin(\omega t - 90°)$$

$$= V_m I_m \sin \omega t \ (-\cos \omega t)$$

$$[\sin(\theta - 90°) = -\cos \theta]$$



চিত্র ঃ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

$$= -V_m I_m . \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$= -V_m I_m \frac{1}{2} \times 2 \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$= -\frac{V_m I_m}{2} . 2 \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$= -\frac{V_m I_m}{2} . \sin 2\omega t$$

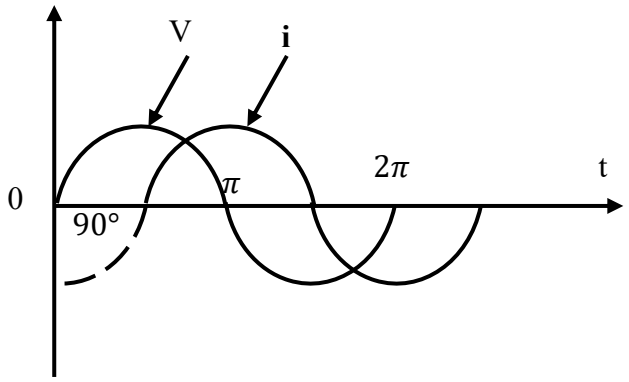
$$[\sin 2\theta = 2 \sin \theta . \cos \theta]$$

$$= -\frac{V_m I_m}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} . \sin 2\omega t$$

$$\left[\sqrt{2} \times \sqrt{2} = (\sqrt{2})^2 = 2\right]$$

$$= -\frac{V_m}{\sqrt{2}} . \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sin 2\omega t$$

$$\therefore P_i - VI \sin 2\omega t \qquad \left[\begin{array}{l} V \Rightarrow V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \\ I \Rightarrow I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \end{array}\right]$$



চিত্র ঃ ওয়েভ ডায়াগ্রাম

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

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} -VI \sin 2\omega t \,.\, d\omega t$$

$$= \frac{-VI}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin 2\omega t.\, d\omega t$$

$$= \frac{-VI}{2\pi}\left[-\frac{\cos 2\omega t}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$\left[\int \sin 2\theta \, d\theta = -\frac{\cos 2\theta}{2}\right]$$

$$= -\frac{VI}{2\pi} . -\frac{1}{2}[\cos 2\omega t]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{VI}{4\pi}(\cos 2.2\pi - \cos 2.0)$$

[আপার লিমিট − লোয়ার লিমিট]

$$= \frac{VI}{4\pi}\ (\cos 4\pi - \cos 0°)$$

$$\left[\begin{array}{c} \therefore \pi = 180° \\ \therefore \cos 4\pi = \cos(4 \times 180°) = 1 \\ \therefore \cos 0° = 1 \end{array}\right]$$

$$= \frac{VI}{4\pi}(1-1)$$

$$= \frac{VI}{4\pi} \times 0$$

$$\therefore P = 0$$

অর্থাৎ, ইন্ডাকটিভ সার্কিটে পাওয়ার অপচয় শূন্য হয়। (**দেখানো হলো**)

***** ৩। দেখাও যে, একটি বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের পাওয়ার অপচয় শূন্য হয়।** বাকাশিবো- ২০১৮

উত্তর ঃ আমরা জানি,

ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান, $v = V_m \sin \omega t$

এবং কারেন্টের তাৎক্ষণিক মান, $i = I_m \sin(\omega t + 90°)$

$\therefore$ তাৎক্ষণিক পাওয়ার, $P_i = Vi$

$$= V_m \sin \omega t . I_m \sin(\omega t + 90°)$$

$$= V_m I_m \sin \omega t . \sin(\omega t + 90°)$$

$$= V_m I_m \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$[\sin(\theta + 90°) = \cos \theta]$$

$$= V_m I_m . \frac{1}{2} . 2 \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} . 2 \sin \omega t . \cos \omega t$$

$$\therefore P_i = \frac{V_m I_m}{2} . \sin 2\omega t$$

$$[\sin 2\theta = 2 \sin \theta . \cos \theta]$$

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

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t . d\omega t$$

$$= \frac{1}{2\pi} . \frac{V_m I_m}{2} \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t . d\omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi} \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t . d\omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi} \left[-\frac{\cos 2\omega t}{2} \right]_0^{2\pi}$$

$$\left[\int \sin 2\theta \, d\theta = -\frac{\cos 2\theta}{2} \right]$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi} . -\frac{1}{2} [\cos 2\omega t]_0^{2\pi}$$

$$= -\frac{V_m I_m}{8\pi} [\cos 2\omega t]_0^{2\pi}$$

$$= -\frac{V_m I_m}{8\pi} (\cos 2.2\pi - \cos 2.0)$$

[আপার লিমিট − লোয়ার লিমিট]

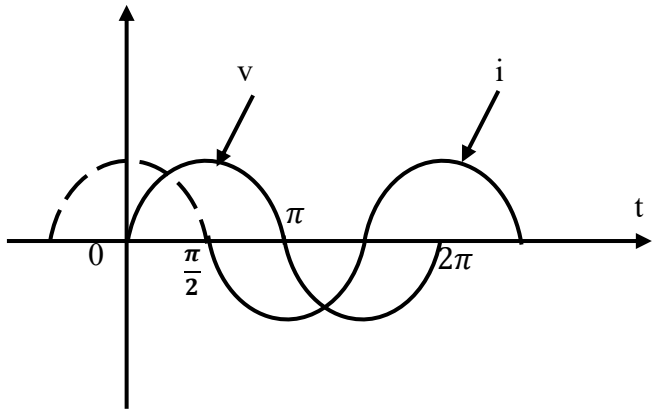
$$= -\frac{V_m I_m}{8\pi} (\cos 4\pi - \cos 0)$$

$$= -\frac{V_m I_m}{8\pi} (1 - 1)$$

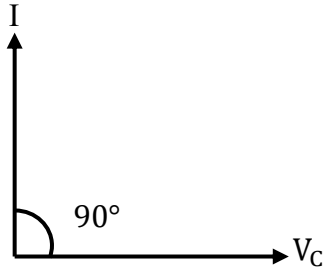
$$\left[\begin{array}{c} \therefore \pi = 180^\circ \\ \therefore \cos 4\pi = \cos(4 \times 180^\circ) = 1 \\ \therefore \cos 0^\circ = 1 \end{array} \right]$$

$$= -\frac{V_m I_m}{8\pi} \times 0$$

$\therefore P = 0$ (দেখানো হলো)

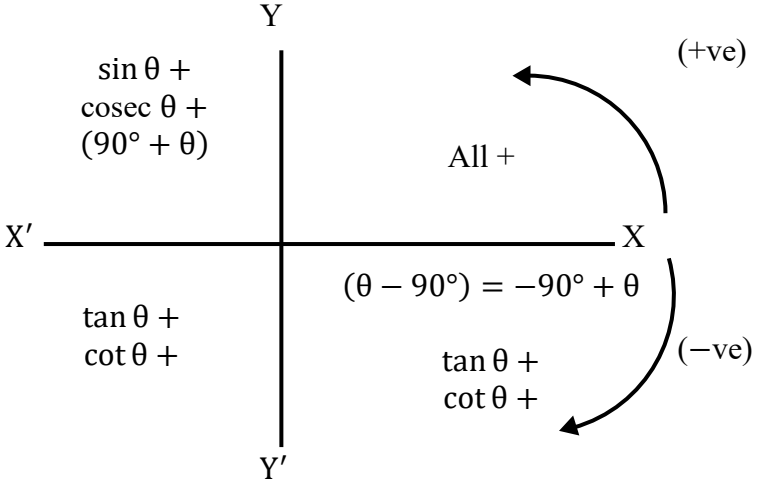


চিত্র ঃ ওয়েভ ডায়াগ্রাম



চিত্র ঃ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

ব্যাখ্যা ঃ



- $\sin(\theta + 90°) = \sin(90° + \theta) = \cos\theta$
- $\sin(\theta - 90°) = \sin(-90° + \theta) = -\cos\theta$

$\sin(90° + \theta)$, এখানে $(90°)$ বিজোড় গুণিতক হলে ত্রিকোণমিতিক অনুপাতের পরিবর্তন হবে→ $\sin\theta \rightleftharpoons \cos\theta$

$\tan\theta \rightleftharpoons \cot\theta$

$\text{cosec}\,\theta \rightleftharpoons \sec\theta$

[sin থেকে cos বা, cos থেকে sin]

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

*** ১। $(3-j5)\Omega$ এবং $(6-j8)\Omega$ এর দুটি ইম্পিড্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত করে $220V, 50c/s$ সরবরাহের আড়াআড়িতে সংযোগ করা হলো। নির্ণয় কর ঃ- বাকাশিবো- ২০১৩

(ক) অ্যাডমিট্যান্স (খ) প্রতি শাখার কারেন্ট (গ) মোট কারেন্ট

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,
$V = 220V$
$Z_1 = 3 - j5\ \Omega$
$[Z = R - jX_c]$
$Z_2 = 6 - j8\ \Omega$
$f = 50c/s$
(ক) $Y = ?$, (খ) $I_1 = ?$, $I_2 = ?$,
(গ) $I = ?$

∴ মোট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_t = Z_1 || Z_2$$
$$= \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$
$$= \frac{(3-j5)\times(6-j8)}{3-j5+6-j8}$$
$$= \frac{-22-j54}{9-j13}$$
$$= 3.69\angle -56.86°\Omega$$

(ক) আমরা জানি,

অ্যাডমিট্যান্স, $Y = \frac{1}{Z_t} = \frac{1}{3.69\angle -56.86}$
$$= \frac{1}{3.69}\angle 56.86$$
$$= 0.27\angle 56.86\ ℧ \quad (\textbf{Ans.})$$

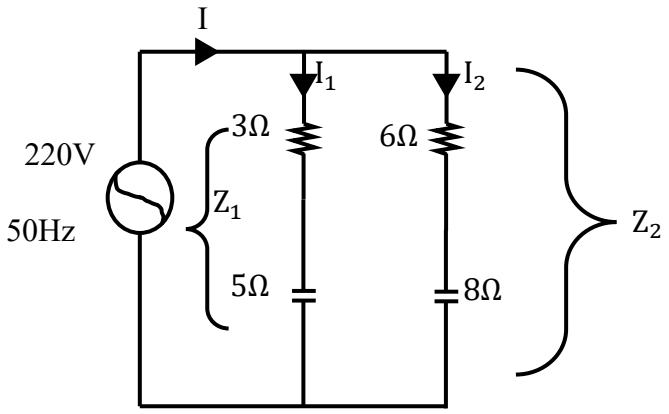
(খ) শাখা কারেন্ট,

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{220}{3-j5}$$

$$= 37.73\angle 59.03°A \qquad (\textbf{Ans.})$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{220}{6-j8}$$

$$= 22\angle 53.13°A \qquad (\textbf{Ans.})$$



(গ) মোট কারেন্ট, $I = I_1 + I_2$

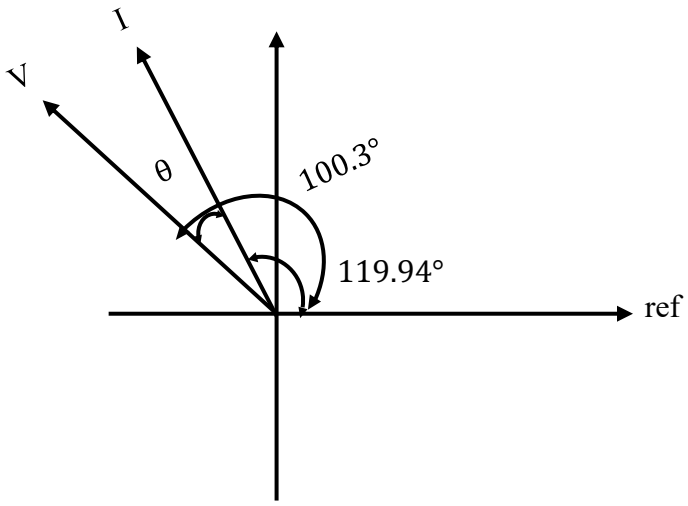
$$= (37.73\angle 59.03) + (22\angle 53.13)$$

$$= 59.65\angle 56.86°\ A \qquad (\textbf{Ans.})$$

*** ২। একটি সার্কিটে $\mathbf{E} = -\mathbf{110} + \mathbf{j191}$ ভোল্টেজ এসি প্রয়োগ করা হলে $\mathbf{I} = -\mathbf{2} + \mathbf{j11}$ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সার্কিট কর্তৃক গৃহীত পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ কারেন্ট ও ভোল্টেজের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = \theta_v - \theta_i = (119.94 - 100.3)$
$= 19.64°$

দেওয়া আছে,
ভোল্টেজ, $\mathbf{E} = V = -\mathbf{110} + \mathbf{j191}$
$= 220.4\angle 119.94°$ V
কারেন্ট, $I = -\mathbf{2} + \mathbf{j11}$ A
$= 11.18\angle 100.3°$A
গৃহীত পাওয়ার, P =?



গৃহীত পাওয়ার, $P = VI\cos\theta$
$= 220.4 \times 11.18 \times \cos(19.64)$
$= 2320.72$ W (**Ans.**)

অথবা, $P = \frac{2320.72}{1000} KW$ $[\therefore 1\ KW = 1000\ W]$
$= 2.32\ KW$ **(Ans.)**