# অধ্যায়-৭

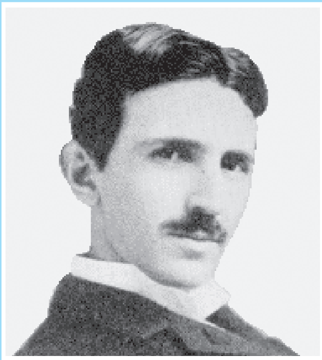
# পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ (ALTERNATING CURRENT)

## 7.1 আৰম্ভণি

এতিয়ালৈ আমি প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ উৎস আৰু এনে উৎস ব্যৱহাৰ কৰা বৰ্তনীৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিছো। এনে প্ৰবাহত সময়ৰ সৈতে প্ৰবাহৰ দিশৰ পৰিবৰ্তন নঘটে। কিন্তু সময়ৰ সৈতে প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ পৰিবৰ্তন এটা সাধাৰণ ঘটনা। আমাৰ ঘৰ আৰু কাৰ্যালয় সমূহত বৈদ্যুতিক মেইনচ্ এ যোগান ধৰা বিভৱ ছাইন ফলনৰ (Sine Function) লেখীয়াকৈ সময়ৰ লগত পৰিবৰ্তন ঘটে। এনে ধৰণৰ বিভৱক পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বিভৱ বা এ. চি. ভল্টেজ (ac voltage) আৰু এই বিভৱৰ বাবে বৰ্তনীত সৃষ্টি হোৱা প্ৰবাহক পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বা এ. চি. প্ৰবাহ (ac current)* বা এ. চি. ভল্টেজ বোলে। বৰ্তমান আমি ব্যৱহাৰ কৰা বেছিভাগ বৈদ্যুতিক সঁজুলিতে পৰিবৰ্তী বিভৱ ব্যৱহাৰ হয়। ইয়াৰ প্ৰধান কাৰণ হৈছে বণিক সংস্থা সমূহে বিক্ৰী কৰা বৈদ্যুতিক শক্তি পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ হিচাপে সঞ্চালন আৰু বিতৰণ হয়। প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ বিভৱৰ পৰিবৰ্তে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বিভৱ ব্যৱহাৰ কৰাৰ আন এটা প্ৰধান কাৰণ হ'ল পৰিবৰ্তী বিভৱক সহজতে আৰু উপযুক্তভাৱে ৰূপান্তৰকৰ সহায়ত উচ্চ বিভৱৰ পৰা নিম্ন বিভৱলৈ বা নিম্নৰ পৰা উচ্চ বিভৱলৈ পৰিবৰ্তন ঘটাব পাৰি। তদুপৰি কম খৰচতে দূৰ-দূৰণিলৈ বিদ্যুত শক্তিৰ সঞ্চালন কৰিব পাৰি। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীৰ বিশেষত্ব সমূহ দৈনন্দিন জীৱনত ব্যৱহৃত বিভিন্ন সঁজুলিত বহুলভাৱে ব্যৱহাৰ হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে ৰেডিঅ' এটা অনাতাঁৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা আন এটা অনাতাঁৰ কেন্দ্ৰলৈ টিউনিং কৰোঁতে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীৰ বিশেষ ধৰ্মৰ সহায় লোৱা হয়। এই অধ্যায়ত এনে বিষয়েও অধ্যয়ন কৰিম।

---

* এ. চি. প্ৰবাহ বা এ. চি. ভল্টেজ (ac current or ac voltage) বাক্য খণ্ড দুটা বিসঙ্গতিপূৰ্ণ, কিয়নো বাক্যখণ্ড দুটাই আক্ষৰিক অৰ্থত পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ আৰু পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ ভল্টেজকহে (alternating current current and alternating current voltage) বুজায়। এ. চি. (ac) সংক্ষিপ্ত ৰূপ সমঞ্জস্যভাৱে (harmonically) সময়ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল বৈদ্যুতিক ৰাশি একোটাক বুজোৱাত ব্যৱহাৰ কৰা হয় আৰু ইয়াক সাৰ্বজনীনভাৱে গ্ৰহণ কৰা বাবেহে এই ৰূপ ব্যৱহাৰত আমি আনক অনুসৰণ কৰিছো। আকৌ আন এক শব্দ ভল্টেজে দুটা বিন্দুৰ মাজৰ বিভৱ প্ৰাৰ্থক্য বুজায়।



NICOLA TESLA (1836 – 1943)

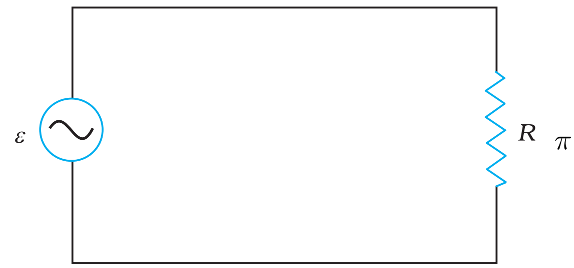
**নিক'লাচ টেছলা (Nicola Tesla, 1836 – 1943)** যুগোশ্লাভিয়াৰ এগৰাকী প্ৰসিদ্ধ প্ৰতিভাধৰ বিজ্ঞানী। তেৱেঁই পোনতে ঘূৰ্ণায়মান চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাৰ অৱতাৰণা কৰে। এনে ক্ষেত্ৰৰ ভিত্তিত প্ৰায় সকলো পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ ব্যৱহাৰ হোৱা সঁজুলি নিৰ্মাণ হয়। এওঁৱেঁই আৱেশ মটৰ, উচ্চ কম্পনাংকৰ আৱেশ মটৰৰ (টেছলা কুণ্ডলী) আৱিষ্কাৰক। এইবোৰ ৰেডিঅ' আৰু টেলিভিচনৰ বৰ্তনীত ব্যৱহাৰ হয়। এচ. আই. পদ্ধতিত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ এককৰ নাম এওঁৰ নামেৰেই দিয়া হৈছে।

## 7.2 ৰোধকৰ মাজেৰে পৰিৱৰ্তী বিভৱৰ প্ৰয়োগ (AC Voltage Applied to a Resistor)

ধৰা হওক চিত্ৰ 7.1 ত দেখুওৱা ধৰণে এটা ৰোধকৰ দুই মূৰত এটা পৰিৱৰ্তী বিভৱৰ (এ. চি. বিভৱ) উৎস ε সংযোগ কৰা হৈছে। চিত্ৰত পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎসত ~ চিহ্নৰে চিহ্নিত কৰা হৈছে। ধৰা হওক উৎসটোৰ তাৎক্ষণিক বিভৱৰ (বা বিদ্যুত চালক বল) প্ৰকাশ ৰাশি

$$v = v_m \sin \omega t \qquad (7.1)$$

য'ত $v_m$ হৈছে পৰিৱৰ্তী বিদ্যুত চালক বলৰ বিস্তাৰ আৰু ω হ'ল ইয়াৰ কৌণিক কম্পনাংক ($=2\pi v$))। $v$ = হাৰ্জ এককত বিভৱ/প্ৰবাহৰ কম্পনাংক।




**চিত্ৰ 7.1** ৰোধকৰ মাজেৰে পৰিৱৰ্তী বিভৱৰ প্ৰয়োগ

চিত্ৰ 7.1 অত কাৰ্চ্ছফৰ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ $\sum \varepsilon(t) = 0$ প্ৰয়োগ কৰি ৰোধকৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত প্ৰবাহৰ মান উলিয়াব পাৰি। বৰ্তনীৰ পৰা আমি পাওঁ

$$v_m \sin \omega t = i R$$

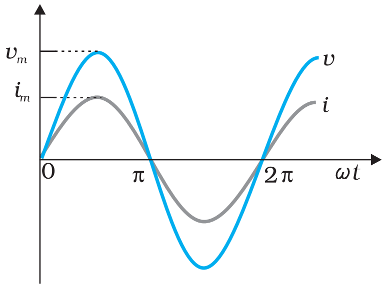
বা, $$i = \frac{v_m}{R} \sin \omega t$$

যিহেতু $R$ এটা ধ্ৰুৱক সেয়েহে ওপৰৰ সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি

$$i = i_m \sin \omega t \qquad (7.2)$$

ইয়াত প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ

$$i_m = \frac{v_m}{R} \qquad (7.3)$$




চিত্ৰ 7.2 বিশুদ্ধ ৰোধকৰ মাজেৰে বিভৱ ভেদ আৰু প্ৰবাহৰ দশা একে থাকে। একে সময়তে সিহঁতৰ মান নিম্নতম, শূন্য বা সৰ্বোচ্চ হয়।

(7.3) সমীকৰণটো হৈছে ওমৰ সূত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশি। ই পৰিৱৰ্তী আৰু প্ৰত্যক্ষ দুয়ো ধৰণৰ বিভৱৰ ক্ষেত্ৰতে প্ৰযোজ্য। চিত্ৰ 7.2 ত সময়ৰ লগে লগে পৰিৱৰ্তী বিভৱ (7.1 সমীকৰণ) আৰু পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ (7.2 সমীকৰণ) কেনেদৰে সলনি হৈছে সেইটো দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰৰ পৰা দেখা গৈছে যে বিভৱৰ মান শূন্য থাকোতে প্ৰবাহৰ মানো শূন্য আছিল আৰু বিভৱৰ মান সৰ্বোচ্চ হওঁতে প্ৰবাহৰ মানো সৰ্বোচ্চ হয়। স্পষ্টভাৱে কেৱল ৰোধযুক্ত বৰ্তনীত বিভৱভেদ বা (ভল্টেজ) আৰু প্ৰবাহৰ দশা একে থকা (same phase) বুলি কোৱা হয়।

আমি দেখা পাওঁ যে প্ৰয়োগ কৰা বিভৱৰ লেখীয়াকৈ প্ৰবাহৰ মানৰো পৰিৱৰ্তন ঘটে। এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে অনুৰূপ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক মান পোৱা যায়। গতিকে এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে তাৎক্ষণিক প্ৰবাহৰ যোগফল শূন্য আৰু প্ৰবাহৰ গড় মান শূন্য। প্ৰবাহৰ গড় মানশূন্য হোৱাটোৱে এইটো নুবুজায় যে বৰ্তনীটোত বৈদ্যুতিক শক্তিৰ ক্ষয় শূন্য আৰু ইয়াত কোনো

ধৰণৰ বৈদ্যুতিক শক্তি খৰচ নহয়। তোমালোকে জানা যে পৰিবাহীত সৃষ্টি হোৱা জুলৰ তাপ $i^2R$। গতিকে এই তাপ $i^2$ ৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে (ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়ো ধৰণৰ প্ৰবাহৰ বাবে $i^2$ ৰ মান ধনাত্মক) ই $i$ ৰ চিনৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। সেয়েহে ৰোধকৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ বাবে জুলৰ তাপীয় ক্ৰিয়া ঘটে আৰু বৈদ্যুতিক শক্তি ক্ষয় হয়। গতিকে ৰোধকত তাৎক্ষণিকভাৱে অপচয় হোৱা ক্ষমতা হ'ব

$$p = i^2R = i_m^2 R \sin^2 \omega t \qquad (7.4)$$

এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে গড় ক্ষমতা*

$$\bar{p} = \langle i^2R \rangle = \langle i_m^2 R \sin^2 \omega t \rangle \qquad [7.5\,(a)]$$

ইয়াত <......> চিনে বৰ্তনীৰ ভিতৰত থকা ৰাশিৰ গড় মান সূচাইছে। যিহেতু $i_m^2$ আৰু $R$ ধ্ৰুৱক

$$\bar{p} = i_m^2 R \langle \sin^2 \omega t \rangle \qquad [7.5(b)]$$

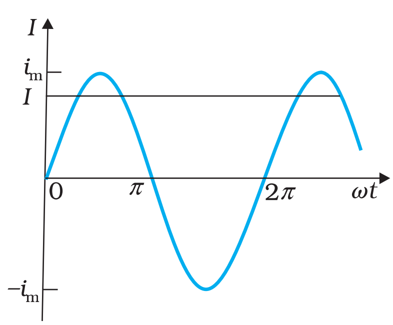
ত্ৰিকোণমিতীয় অভেদ অনুসৰি, $\sin^2 \omega t = 1/2\ (1 - \cos 2\omega t)$, ব্যৱহাৰ কৰিলে আমি পাওঁ— $\langle \sin^2 \omega t \rangle = (1/2)\ (1 - \langle \cos 2\omega t \rangle)$ আৰু যিহেতু $\langle \cos 2\omega t \rangle = 0$** । আমি পাওঁ

$$\langle \sin^2 \omega t \rangle = \frac{1}{2}$$

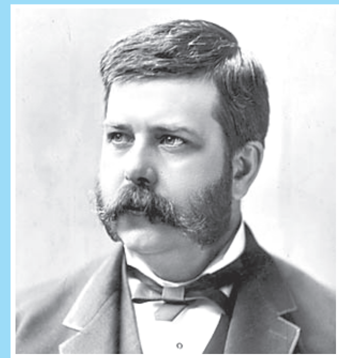
এইদৰে,

$$\bar{p} = \frac{1}{2} i_m^2 R \qquad [7.5(c)]$$

পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ ক্ষমতাক প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ ক্ষমতা ($I^2R$)ৰ লেখীয়াকৈ প্ৰকাশ কৰিবৰ বাবে প্ৰবাহৰ এটা বিশেষ মান আৰু সংজ্ঞা ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। ইয়াক **প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূল মান (r.m.s value)** বা **কাৰ্যকৰী প্ৰবাহ** বোলা হয়। ইয়াক $I_{rms}$ বা $I$ ৰে সূচোৱা হয়।




চিত্ৰ 7.3 প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূল মান $I$ আৰু প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চ মান $I_m$ ৰ $I = i_m / \sqrt{2} = 0.707\ i_m$.



**জৰ্জ ৱেষ্টিং হাউচ(George Westinghouse, 1846–1914)** ঃ প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ সলনি পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ ব্যৱহাৰৰ বাবে উদগণি যোগোৱা এগৰাকী বিজ্ঞানী। ইয়াৰ বাবে টমাচ আলভা এদিচনৰ লগত বিতৰ্কত লিপ্ত হ'বলগীয়া হৈছিল। এওঁ বুজিছিল যে ভৱিষ্যতে পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহেহে মুখ্য ভূমিকা ল'ব। এওঁ নিজৰ নামেৰে এটা কোম্পানী খোলে আৰু ইয়ালৈ টেছলা আদিৰ দৰে বহু আৱিষ্কাৰকক কোম্পানীলৈ লৈ আহে। এওঁলোকে পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ চালিত বৈদ্যুতিক মটৰ, উচ্চ বিভৱত প্ৰবাহৰ বিতৰণৰ বাবে সঁজুলি আদি সাঁজি উলিয়ায়।

GEORGE WESTINGHOUSE (1846 – 1914)

* পৰ্যায়মান $T$ ৰ বাবে $F(t)$ ফলনৰ গড় মান $\langle F(t) \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T F(t)\,dt$

** $\langle \cos 2\omega t \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T \cos 2\omega t\, dt = \frac{1}{T}\left[\frac{\sin 2\omega t}{2\omega}\right]_0^T = \frac{1}{2\omega T}[\sin 2\omega T - 0] = 0$

ইয়াৰ সংজ্ঞা হ'ল

$$I = \sqrt{\overline{i^2}} = \sqrt{\frac{1}{2} i_m^2} = \frac{i_m}{\sqrt{2}}$$

$$= 0.707\ i_m \qquad (7.6)$$

গড় ক্ষমতা $I$ ত প্ৰকাশ কৰিলে

$$P = \overline{p} = \frac{1}{2} i_m^2 R = I^2 R \qquad (7.7)$$

একে ধৰণে পৰিবৰ্তী বিভৱভেদৰ গড় বৰ্গমূলৰ মান (r.m.s. value) বা কাৰ্যকৰী পৰিবৰ্তী বিভৱভেদৰ মান তলত দিয়া দৰে লিখিব পাৰি ঃ

$$V = \frac{v_m}{\sqrt{2}} = 0.707\ v_m \qquad (7.8)$$

(7.3) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ

$$v_m = i_m R$$

বা $\dfrac{v_m}{\sqrt{2}} = \dfrac{i_m}{\sqrt{2}} R$

বা $V = IR \qquad (7.9)$

(7.9) সমীকৰণটো হৈছে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ আৰু পৰিবৰ্তী বিভৱৰ মাজৰ সম্পৰ্ক। ই প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ লেখীয়া। এইটোৱে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূলৰ ধাৰণাৰ সুবিধা। গড় বৰ্গমূলৰ মানত প্ৰকাশ কৰিলে ক্ষমতাৰ সমীকৰণ [সমীকৰণ 7.7] আৰু পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীৰ বাবে প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ মাজৰ সম্পৰ্ক প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ বৰ্তনীৰ সৈতে একে।

সাধাৰণতে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ ৰাশি সমূহৰ গড় বৰ্গমূলৰ মানৰ জোখ লোৱা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে ঘৰত ব্যৱহৃত বৈদ্যুতিক লাইনৰ বিভৱ 220 V হৈছে গড় বৰ্গমূলৰ মান আৰু ইয়াৰ সৰ্বোচ্চ মান হ'ল

$$v_m = \sqrt{2}\ V = (1.414)(220\ V) = 311\ V$$

দৰাচলতে $I$ বা পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূলৰ মান প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ সমতুল্য যি পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ লেখীয়াকৈ গড় ক্ষমতা ব্যয় কৰে। (7.7) সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণেও লিখিব পৰা যায়।

$P = V^2 / R = I V$ (যিহেতু $V = I R$)

উদাহৰণ 7.1

**উদাহৰণ 7.1 ঃ** বাল্ব এটাত 100W/220 V নিৰ্দেশ কৰা আছে। (a) বাল্বটোৰ ৰোধ, (b) উৎসৰ সৰ্বোচ্চ বিভৱ আৰু (c) বাল্বটোৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত প্ৰবাহৰ r.m.s মান নিৰ্ণয় কৰা।

**সমাধান ঃ**

(a) দিয়া আছে যে $P = 100$ W আৰু $V = 220$ V। বাল্বটোৰ ৰোধ হ'ব

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220\ V)^2}{100\ W} = 484\Omega$$

(b) উৎসৰ বিভৱৰ সৰ্বোচ্চ মান হ'ব

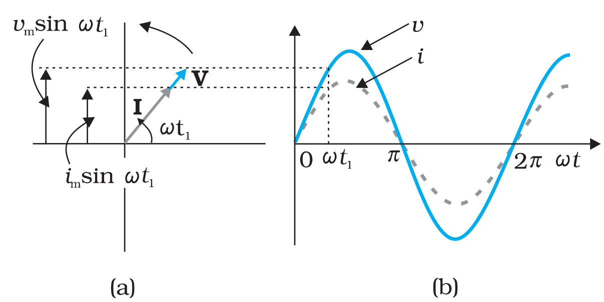
$$v_m = \sqrt{2}V = 311\ V$$

(c) যিহেতু $P = I V$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100\ W}{220\ V} = 0.450A$$

## 7.3 ঘূৰ্ণায়মান ভেক্টৰৰ দ্বাৰা পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ বিৰৰণ— ফেজৰ (Representation of AC Current and Voltage by Rotating Vectors — Phasors)

আগৰ অনুচ্ছেদত আমি শিকিছোঁ যে ৰোধকৰ মাজেৰে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ আৰু বিভৱ একে দশাতে থাকে। কিন্তু আৱেশক, ধাৰক বা ইহঁতৰ সংযোগ ঘটাই সৃষ্টি কৰা বৈদ্যুতিক বৰ্তনীৰ ক্ষেত্ৰত একে ধৰণৰ পৰিঘটনা দেখা নাযায়। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ মাজৰ দশাৰ সম্পৰ্ক বুজাবলৈ আমি ফেজৰ চিত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰোঁ। ফেজৰ* হৈছে এটা ভেক্টৰ যিয়ে (7.4) চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে মূলবিন্দু সাপেক্ষে ω কৌণিক বেগেৰে ঘূৰে। ফেজৰ (Phasor) V আৰু I ৰ উলম্ব উপাংশ দুটাই ক্ৰমে ছিনুছয়ডেল (Sinusoidal) ধৰণে চলমান ৰাশি $v$ আৰু $i$ নিৰ্দেশ কৰে। ফেজৰ V আৰু I ৰ মানে ক্ৰমে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ বা সৰ্বোচ্চ মান $v_m$ আৰু $i_m$ বুজায়। চিত্ৰ 7.4 (a) এ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটা ৰোধকৰ সৈতে সংযোগ কৰা অৱস্থাত অৰ্থাৎ চিত্ৰ 7.1 ত দেখুওৱা বৰ্তনীৰ বাবে $t_1$ সময়ত বিভৱ আৰু প্ৰবাহ ফেজৰৰ মাজৰ সম্পৰ্ক দেখুৱাইছে। উলম্ব অক্ষৰ ওপৰত বিভৱ আৰু প্ৰবাহ ফেজৰৰ প্ৰক্ষেপ (Projection) অৰ্থাৎ $v_m \sin\omega t$ আৰু $i_m \sin\omega t$ এ ক্ৰমে সেই মুহূৰ্তত বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ মান সূচাইছে। সিহঁতে যেতিয়া ω সুষম কম্পনাংকৰে ঘূৰে তেতিয়া চিত্ৰ 7.4(b) ত দেখুওৱা ধৰণৰ লেখ পোৱা যায়। চিত্ৰ 7.4(a) ৰ পৰা দেখা যায় যে ৰোধকৰ ক্ষেত্ৰত ফেজৰ V আৰু I একে দিশতে থাকে। সকলো সময়ৰ বাবে এনেদৰে থাকে। এইটোৱে বুজায় যে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ মাজৰ দশা কোণ শূন্য।



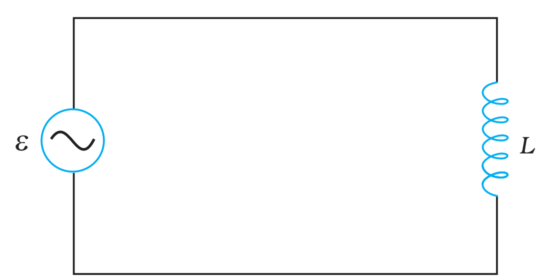

চিত্ৰ **7.4** (a) (7.1) চিত্ৰৰ বাবে ফেজৰ চিত্ৰ (b) $v$ আৰু $i$ ৰ $\omega t$ ৰ সৈতে লেখ।

## 7.4 এটা আৱেশকত প্ৰয়োগ কৰা পৰিবৰ্তী বিভৱ (AC Voltage Applied to an Inductor)

(7.5) চিত্ৰত পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটা আৱেশকৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। সাধাৰণতে আৱেশক এটাৰ পাকসমূহৰ ৰোধ থাকে যদিও ইয়াত আমি আৱেশক এটাৰ ৰোধ নগণ্য বুলিহে ধৰি ল'ম। অৰ্থাৎ ই এটা বিশুদ্ধ আৱেশক যুক্ত পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী। ধৰা হ'ল উৎসৰ বিভৱ $v = v_m \sin\omega t$। কাৰ্ছফৰ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে, $\sum \varepsilon(t) = 0$, আৰু যিহেতু বৰ্তনীটোত ৰোধ নাই

$$v - L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0 \qquad (7.10)$$

য'ত $L.\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$ হৈছে আৱেশকত আৱিষ্ট ফেৰাডে বিদ্যুত চালক বল আৰু $L$ হৈছে স্বয়মাৱেশক। লেঞ্জৰ সূত্ৰ অনুসৰি 'ঋণাত্মক' চিহ্ন ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে (অধ্যায় 6)। (7.1) আৰু (7.10) সমীকৰণ দুটা লগ লগালে আমি পাওঁ




চিত্ৰ 7.5 আৱেশক এটাৰ লগত পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটা সংযোগ কৰা হৈছে।

* যদিও এ. চি. বৰ্তনীত ভল্টেজ আৰু প্ৰবাহক ফেজৰৰে প্ৰতিনিধিত্ব কৰিব পাৰি, সিহঁত কিন্তু ভেক্টৰ নহয়, স্কেলাৰহে। সমঞ্জস্যভাৱে পৰিবৰ্তনশীল স্কেলাৰৰ বিস্তাৰ (amplitude) আৰু দশাৰ (Phase) গাণিতীকভাৱে হোৱা যোগ একে মান আৰু দিশযুক্ত ঘূৰ্ণায়মান ভেক্টৰৰ প্ৰক্ষেপৰ যোগৰ ধৰণ একে। সমঞ্জস্যভাৱে পৰিবৰ্তনশীল স্কেলাৰৰ ঠাইত ঘূৰ্ণায়মান ভেক্টৰ লোৱাৰ একমাত্ৰ কাৰণ হ'ল— এনে পদ্ধতিৰে এইবোৰ ৰাশি যোগ কৰা পদ্ধতি সৰল— যাৰ বিষয়ে আমি ইতিমধ্যে অৱগত।

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{v}{L} = \frac{v_m}{L}\sin\omega t \qquad (7.11)$$

(7.11) সমীকৰণে ইয়াকে সূচাই যে $i(t)$ ৰ বাবে সমীকৰণত প্ৰবাহ হৈছে সময়ৰ ফলন যাতে ইয়াৰ নতি (slope) $\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$ ছাইন আকৃতিত পৰিবৰ্তিত (Sinusoidally varying) ৰাশি হয় আৰু লগতে উৎসৰ বিভৱৰ লগত ইয়াৰ দশা (phase) একে আৰু ইয়াৰ বিস্তাৰ (amplitude) $v_m/L$ হয়। প্ৰবাহৰ মান পাবৰ বাবে সময় সাপেক্ষে $\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$ অনুকলন লোৱা হয়।

$$\int \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\mathrm{d}t = \frac{v_m}{L}\int \sin(\omega t)\mathrm{d}t$$

আৰু আমি পাওঁ,

$$i = -\frac{v_m}{\omega L}\cos(\omega t) + \text{ধ্ৰুৱক}$$

অনুকলন ধ্ৰুৱকৰ মাত্ৰা প্ৰবাহৰ মাত্ৰাৰ লগত একে আৰু ই সময় অনিৰ্ভৰ (time-independent)। যিহেতু উৎসৰ বিদ্যুত চালক বল শূন্য সাপেক্ষে সমমিতিভাৱে (symmetrically) দুলি থাকে, সেয়েহে বিদ্যুত প্ৰবাহো শূন্য সাপেক্ষে সমমিতিভাৱে দুলি থাকিব যাতে প্ৰবাহৰ স্থিৰ আৰু সময় অনিৰ্ভৰশীল উপাংশ নাথাকে। গতিকে অনুকলন ধ্ৰুৱকৰ মান শূন্য হ'ব।

$$-\cos(\omega t) = \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ ব্যৱহাৰ কৰিলে}$$

$$i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (7.12)$$

য'ত $i_m = \frac{v_m}{\omega L}$ হৈছে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ। $\omega L$ ৰাশিটোৱে ৰোধৰ অনুৰূপ আৰু ইয়াক **আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ (inductive reactance)** বোলে। ইয়াক $X_L$ ৰে বুজোৱা হয়।

$$X_L = \omega L \qquad (7.13)$$

তেতিয়া প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ (amplitude) হ'ব—

$$i_m = \frac{v_m}{X_L} \qquad (7.14)$$

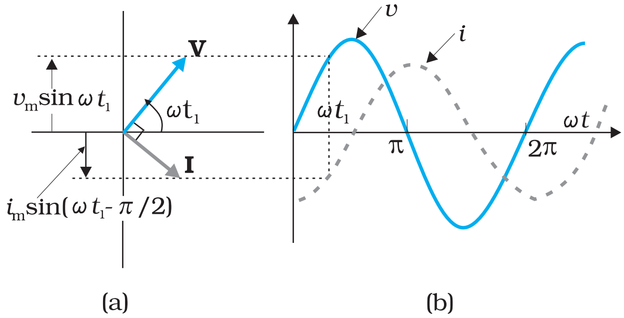
আৱেশীয় প্ৰতিৰোধৰ মাত্ৰা ৰোধৰ লগত একে আৰু ইয়াৰ একক ওম ($\Omega$)। অকল ৰোধযুক্ত বৰ্তনী এটাত ৰোধে যিদৰে প্ৰবাহৰ মান সীমিত কৰে, সেইদৰে অকল আৱেশকযুক্ত বৰ্তনী এটাত আৱেশীয় প্ৰতিৰোধে প্ৰবাহৰ মান সীমিত কৰে। আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ আৱেশক আৰু প্ৰবাহৰ কম্পনাংকৰ সমানুপাতিক।

(7.1) আৰু (7.12) সমীকৰণ দুটা তুলনা কৰিলে দেখা যায় যে প্ৰবাহ উৎসৰ বিভৱতকৈ $\pi/2$ দশাত বা এক চতুৰ্থাংশ চক্ৰত পিছপৰি থাকে। চিত্ৰ 7.6 (a) ত $t_1$ সময়ৰ বাবে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ ফেজৰ চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। প্ৰবাহ ফেজৰ I, বিভৱ ফেজৰ V তকৈ $\pi/2$ দশাত পিছপৰি আছে। ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীত দিশত $\omega$ কৌণিক বেগেৰে ঘূৰালে সিহঁতে (7.1) আৰু (7.12) সমীকৰণৰ লেখীয়া বিভৱ আৰু প্ৰবাহ উৎপন্ন কৰে আৰু ইয়াক চিত্ৰ 7.6 (b)ত দেখুওৱা হৈছে।

আমি দেখো যে বিভৱতকৈ এক-চতুৰ্থাংশ পৰ্যায় কালৰ $\left[\frac{T}{4} = \frac{\pi/2}{\omega}\right]$ পিছত প্ৰবাহে সৰ্বোচ্চ মান পায়। তোমালোকে দেখা পাবা যে প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত ৰোধে যেনেদৰে প্ৰবাহ সীমিত কৰে, একেদৰে

PHYSICS

Interactive animation on Phasor diagrams of ac circuits containing, R, L, C and RLC series circuits:
http://www.phys.unsw.edu.au/~jw/AC.html




**চিত্ৰ 7.6** (a) চিত্ৰ 7.5 ত দেখুওৱা বৰ্তনীৰ বাবে ফেজৰ চিত্ৰ।
(b) $\omega t$ সাপেক্ষে $v$ আৰু $i$ ৰ লেখ।

পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত আৱেশীয় প্ৰতিৰোধে একে কামকে কৰে। ৰোধকৰ দৰে ই ক্ষমতা ক্ষয় কৰে নে? ইয়াক দেখুৱাবলৈ চেষ্টা কৰা হওঁক।

আৱেশকত যোগান ধৰা তাৎক্ষণিকক্ষমতা

$$p_L = i\,v = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \times v_m \sin(\omega t)$$

$$= -i_m v_m \cos(\omega t)\sin(\omega t)$$

$$= -\frac{i_m v_m}{2}\sin(2\omega t)$$

গতিকেএটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে গড় ক্ষমতা হ'ব

$$P_L = \left\langle -\frac{i_m v_m}{2}\sin(2\omega t)\right\rangle$$

$$= -\frac{i_m v_m}{2}\langle \sin(2\omega t)\rangle = 0,$$

যিহেতুএটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰবাবে $\sin(2\omega t)$ ৰ গড় মান শূন্য।

এইদৰে এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে বিশুদ্ধ আৱেশকত যোগান ধৰা গড় ক্ষমতা শূন্য।

চিত্ৰ (7.7)এ ইয়াৰ বিতংব্যাখ্যা আগবঢ়াইছে।

**উদাহৰণ 7.2 :** 25.0 mH ৰ বিশুদ্ধ আৱেশক এটা 220 V ৰ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। যদি উৎসৰ কম্পনাংক 50 Hz হয়, তেন্তেবৰ্তনীটোৰ আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ আৰু প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূল মান নিৰ্ণয় কৰা।

**সমাধান** আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ,

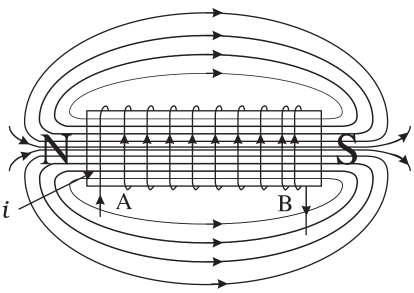
$$X_L = 2\pi\nu L = 2\times 3.14\times 50\times 25\times 10^{-3}\,\Omega$$

$$= 7.8\Omega$$

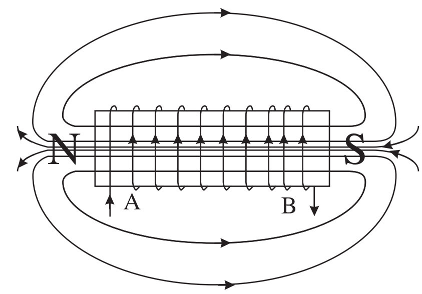
প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গমূল মান,

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{220\text{ V}}{7.85\,\Omega} = 28\text{A}$$

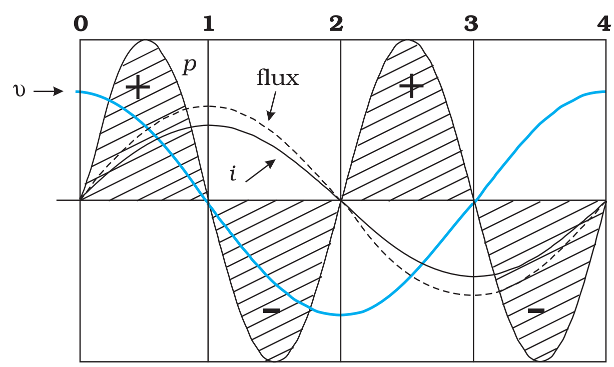
উদাহৰণ 7.2



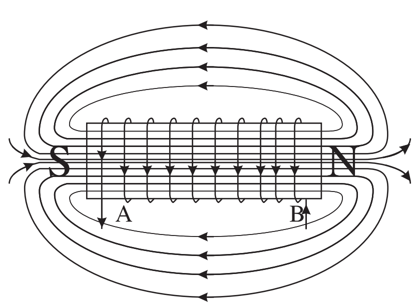

**0-1** কুণ্ডলীটোৰ A ত প্ৰৱেশ কৰা $i$ প্ৰবাহৰ মান শূন্যৰ পৰা সৰ্বোচ্চ মানলৈ বৃদ্ধি পাইছে। কুণ্ডলীটোত ফ্লাক্স ৰেখা প্ৰতিষ্ঠা হয়। অৰ্থাৎ মজ্জাৰ চুম্বকায়ন হয়। চিহ্নিত মেৰু অনুসৰি বিভৱ আৰু প্ৰবাহ দুয়োটাই ধনাত্মক। গতিকে সিহঁতৰ গুণফল p ধনাত্মক। **উৎসৰ পৰা শক্তি শোষিত হয়।**



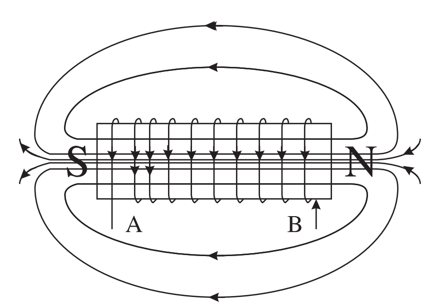

**1-2** কুণ্ডলীটোৰ প্ৰবাহ হ্ৰাস হোৱা স্বত্বেও ইয়াৰ মান ধনাত্মক। কুণ্ডলীৰ মজ্জা চুম্বকায়ন হ্ৰাস হয় আৰু এটা অৰ্দ্ধচক্ৰৰ শেষত ফ্লাক্সৰ মুঠ মান শূন্য হয়। বিভৱ $v$ ঋণাত্মক (যিহেতু $di/dt$ ঋণাত্মক।) বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ গুণফল ঋণাত্মক আৰু **উৎসলৈ শক্তি ঘূৰি আহে।**




বিভৱ/প্ৰবাহৰ সম্পূৰ্ণ চক্ৰ। লক্ষ্য কৰা যে প্ৰবাহ, বিভৱৰ পিছত আছে।




**2-3** প্ৰবাহ $i$ ঋণাত্মক হৈছে। অৰ্থাৎ প্ৰবাহ B বিন্দুত সোমাই A ৰে ওলাই আহিছে। প্ৰবাহৰ দিশৰ পৰিবৰ্তনৰ ফলত চুম্বকৰ মেৰুদ্বয়ৰো পৰিবৰ্তন ঘটিছে। প্ৰবাহ আৰু বিভৱ দুয়োটাই ঋণাত্মক। সেয়েহে সিহঁতৰ গুণফল ধনাত্মক আৰু **শক্তি শোষিত হয়।**

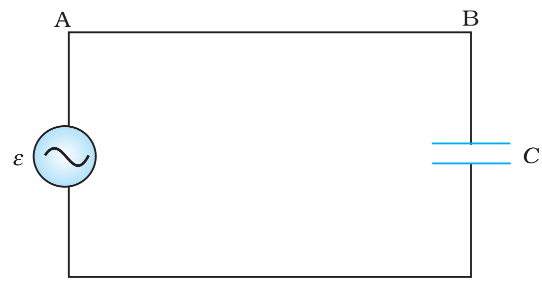



**3-4** কুণ্ডলী মজ্জাৰ অচুম্বকায়ন হ'লে আৰু ফ্লাক্স শূন্য হ'ল প্ৰবাহ $i$ ৰ মান হ্ৰাস পায় আৰু 4 ত প্ৰবাহৰ মান শূন্য হয়। ইয়াত বিভৱ ধনাত্মক কিন্তু প্ৰবাহ ঋণাত্মক। গতিকে ক্ষমতা ঋণাত্মক। 1/4 চক্ৰৰ বাবে শোষিত শক্তি উৎসলৈ ঘূৰি আহে।

**চিত্ৰ 7.7** আৱেশকৰ চুম্বকায়ন আৰু অচুম্বকায়ন

## 7.5 ধাৰকত প্ৰয়োগ কৰা পৰিবৰ্তী বিভৱ (AC Voltage Applied to a Capacitor)

(7.8) চিত্ৰত ধাৰকযুক্ত বৰ্তনী এটাত $v = v_m \sin \omega t$ বিভৱৰ এ, চি. প্ৰবাহৰ উৎস এটা সংযোগ কৰা হৈছে। ই এটা বিশুদ্ধ ধাৰকীয় পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী।



চিত্ৰ 7.8 এটা ধাৰকৰ লগত সংযুক্ত এটা এ. চি. উৎস

প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত বিভৱ উৎসৰ লগত ধাৰক এটা সংযোগ কৰিলে ধাৰকটো আহিত কৰিবলৈ অতি কম সময়ৰ বাবে বৰ্তনীটোৰ মাজেৰে বিদ্যুত প্ৰবাহিত হ'ব। ধাৰকটোৰ ফলি দুখনত যেতিয়া আধান জমা হয়, সিহঁতৰ মাজৰ বিভৱ বৃদ্ধি পায় আৰু ই প্ৰবাহৰ বিৰোধিতা কৰে। অৰ্থাৎ প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত ধাৰকে প্ৰবাহ সীমিত কৰে বা ধাৰকটো আহিত হ'লে ই প্ৰবাহৰ বিৰোধিতা কৰে। ধাৰকটো সম্পূৰ্ণৰূপে আহিত হ'লে বৰ্তনীটোৰ মাজেৰে প্ৰবাহ শূন্য হয়।

চিত্ৰ 7.8 ত দেখুওৱা ধৰণে ধাৰকটো যেতিয়া এ.চি. প্ৰবাহৰ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হয় ই প্ৰবাহ সীমিত বা নিয়ন্ত্ৰিত কৰে যদিও আধানৰ সোঁত সম্পূৰ্ণৰূপে বন্ধ নহয়। প্ৰতি অৰ্দ্ধচক্ৰৰ বাবে প্ৰবাহ বিপৰীতমুখী হোৱাৰ ফলত ধাৰকটো পৰ্যায়ক্ৰমে আহিত আৰু অনাহিত হয়। ধৰা হ'ল, $t$ সময়ত ধাৰকটোৰ আধানৰ পৰিমাণ $q$। ধাৰকৰ তাৎক্ষণিক বিভৱ $v$ হ'লে,

$$v = \frac{q}{C} \tag{7.15}$$

কাৰ্ছফৰ সূত্ৰমতে উৎসৰ আৰু ধাৰকৰ মাজেৰে ভল্টেজ (voltage) সমান।

$$v_m \sin \omega t = \frac{q}{C}$$

$i = \dfrac{dq}{dt}$ সম্বন্ধ প্ৰয়োগ কৰি প্ৰবাহৰ মান উলিয়াব পাৰি।

$$i = \frac{d}{dt}(v_m C \sin \omega t) = \omega C v_m \cos(\omega t)$$

$\cos(\omega t) = \sin\left(\omega t + \dfrac{\pi}{2}\right)$ সম্বন্ধ প্ৰয়োগ কৰিলে আমি পাওঁ,

$$i = i_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \tag{7.16}$$

ইয়াত $i_m = \omega C v_m$ দোলায়মান (oscillating) প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ। ইয়াক তলত দেখুৱা ধৰণে লিখিব পাৰি—

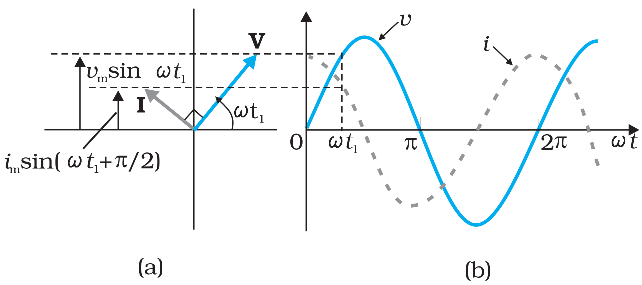
$$i_m = \frac{v_m}{(1/\omega C)}$$

অকল ৰোধযুক্ত বৰ্তনী এটাৰ বাবে $i_m = v_m/R$ ৰ লগত তুলনা কৰিলে $(1/\omega C)$ এ ৰোধৰ কাম কৰে। ইয়াক **ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ (capacitative reactance)** বোলে আৰু $X_c$ ৰ দ্বাৰা নিৰ্দেশ কৰা হয়।

$$X_c = 1/\omega C \tag{7.17}$$

গতিকে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ (amplitude),

$$i_m = \frac{v_m}{X_C} \tag{7.18}$$




**চিত্ৰ 7.9** (a) চিত্ৰ 7.8 ত দেখুওৱা বৰ্তনীৰ বাবে ফেজৰ চিত্ৰ (b) $v-\omega t$ আৰু $i-\omega t$ লেখ

ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধৰ মাত্ৰা ৰোধৰ সৈতে একে আৰু SI পদ্ধতিত ইয়াৰ একক ওম($\Omega$)। ৰোধযুক্ত বৰ্তনী এটাত ৰোধে যিদৰে প্ৰবাহক বাধা দিয়ে, একে ধৰণে ধাৰকযুক্ত বৰ্তনী এটাত ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধে প্ৰবাহক বাধা দিয়ে। কম্পনাংক আৰু ধাৰকত্ব যিমানে বাঢ়ে ধাৰকীয় প্ৰতিবাধাৰ মান সিমানে কমে।

(7.16) আৰু (7.1) সমীকৰণ দুটা তুলনা কৰিলে দেখা যায় যে প্ৰবাহ বিভৱতকৈ $\pi/2$ দশাত আগ বাঢ়ে। চিত্ৰ 7.9 (a) ত যিকোনো মুহূৰ্ত $t_1$ ৰ বাবে ফেজৰ চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীত দিশত ঘূৰে বাবে প্ৰবাহ ফেজৰ I বিভৱ ফেজৰ V তকৈ $\pi/2$ দশাত আগবাঢ়ি আছে। চিত্ৰ 7.9 (b) ত সময়ৰ সৈতে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তন দেখুওৱা হৈছে। আমি দেখা পাওঁ যে এক চতুৰ্থাংশ পৰ্যায়কালত বিভৱতকৈ আগতে প্ৰবাহে সৰ্বোচ্চ মান পায়।

ধাৰকটোত প্ৰয়োগ কৰা তাৎক্ষণিক ক্ষমতা হ'ল,

$$p_c = i\,v = i_m \cos(\omega t) v_m \sin(\omega t)$$
$$= i_m v_m \cos(\omega t) \sin(\omega t)$$
$$= \frac{i_m v_m}{2} \sin(2\omega t) \tag{7.19}$$

আৰেশক এটাৰ লেখীয়াকৈ, গড় ক্ষমতা হ'ব—

$$P_C = \left\langle \frac{i_m v_m}{2} \sin(2\omega t) \right\rangle = \frac{i_m v_m}{2} \langle \sin(2\omega t) \rangle = 0$$

চিত্ৰ 7.10 এ ইয়াৰ বিতং ব্যাখ্যা আগবঢ়াইছে। এইদৰে দেখা যায় যে আৰেশকৰ ক্ষেত্ৰত বিভৱতকৈ প্ৰবাহ $\pi/2$ পিছ পৰি থাকে। আনহাতে ধাৰকৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰবাহ বিভৱতকৈ $\pi/2$ দশাত আগবাঢ়ে।

উদাহৰণ 7.3

**উদাহৰণ 7.3** ধাৰক এটাৰ লগত লেম্প এটা শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে। প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ আৰু পৰোক্ষ প্ৰবাহ সংযোগৰ বাবে (dc আৰু ac connections) তোমাৰ পৰ্যবেক্ষণ আগবঢ়োৱা। ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব হ্ৰাস কৰিলে দুয়োটা ক্ষেত্ৰতে কি ঘটিব?

**সমাধান ঃ** ধাৰকটোৰ লগত প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহত উৎস এটা সংযোগ কৰিলে ধাৰকটো আহিত হয় আৰু আহিত হোৱাৰ পিছত বৰ্তনীটোত বিদ্যুত প্ৰবাহিত নহয়। ফলত লেম্পটো জ্বলি নুঠে। আনকি ধাৰকটোৰ ধাৰক C হ্ৰাস কৰিলেও ইয়াৰ কোনো পৰিবৰ্তন নঘটে। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস সংযোগ কৰিলে ধাৰকটোৱে বৰ্তনীটোত ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধৰ ($1/\omega C$) ৰ সৃষ্টি কৰে আৰু বৰ্তনীটোৰ মাজেৰে বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ চালিত হয়। ফলত লেম্পটো জ্বলি উঠে। C ৰ মান হ্ৰাস কৰিলে প্ৰতিৰোধৰ মান বৃদ্ধি পায় আৰু লেম্পটোৰ উজ্জ্বলতা আগতকৈ কমে।

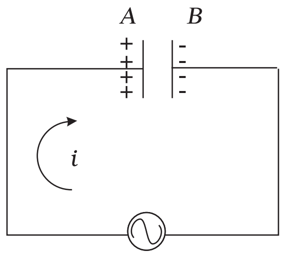
উদাহৰণ 7.4

**উদাহৰণ 7.4** 15.0 μF ধাৰক এটা 220 V, 50 Hz ৰ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীটোৰ ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ আৰু প্ৰবাহ (গ. ব. মূ আৰু সৰ্বোচ্চ মান)ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। কম্পনাংকৰ মান দুগুণ কৰিলে ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ আৰু প্ৰবাহৰ কি পৰিবৰ্তন ঘটিব?

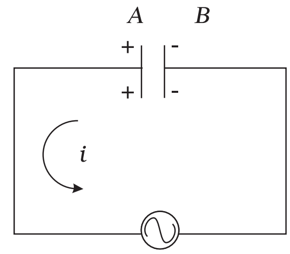
**সমাধান ঃ** ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ,

$$X_C = \frac{1}{2\pi \nu C} = \frac{1}{2\pi(50\text{Hz})(15.0\times10^{-6}\text{F})} = 212\,\Omega$$

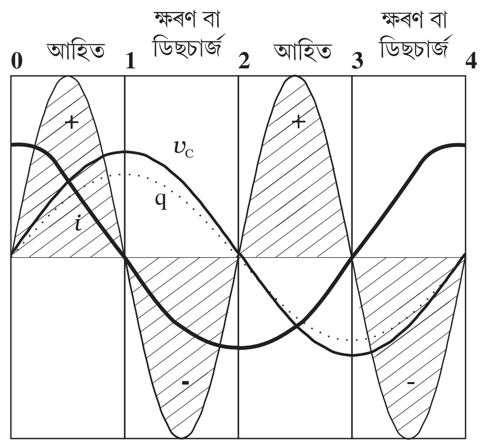
গ. ব. মূ. প্ৰবাহ (rms current)



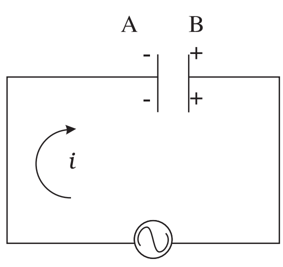

**0-1** চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে বিদ্যুত প্ৰবাহ $i$ ৰ মান 0 ত সৰ্বোচ্চ আৰু 1ত শূন্য হৈছে। A ফলিখন ধনাত্মক আধানেৰে আহিত কৰাত B ফলিখনত ঋণাত্মক আধান $q$ এনেদৰে সৃষ্টি হৈছে যাতে প্ৰবাহৰ মান শূন্য নোহোৱালৈকে ইয়াৰ মান 1 ত সৰ্বোচ্চ হয়। বিভৱ $v_C = q/C$, $q$ ৰ লগত একেদশাতে থাকে আৰু 1 ত ইয়াৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়। প্ৰবাহ আৰু বিভৱ দুয়োটাই ধনাত্মক। গতিকে $p = v_C i$ ধনাত্মক। **এই এক চতুৰ্থাংশ চক্ৰত যেতিয়া ধাৰকটো আহিত হয় তেতিয়া উৎসৰ পৰা শক্তি শোষিত হয়।**



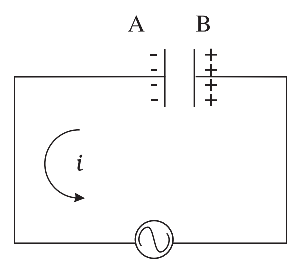

**1-2** ইয়াত প্ৰবাহৰ দিশ ওলোটা হৈছে। জমা হোৱা আধান কমি আহিছে অৰ্থাৎ এই এক চতুৰ্থাংশ চক্ৰত ধাৰকটো অনাহিতকৰণ হৈছে। বিভৱৰ মান হ্ৰাস পাইছে যদিও ই ধনাত্মক। আনহাতে প্ৰবাহ ঋণাত্মক। গতিকে ইহঁতৰ পূৰণফল ক্ষমতা ঋণাত্মক। 1/4 চক্ৰ 0-1 ত **শোষিত শক্তি এই এক চতুৰ্থাংশ চক্ৰত ঘূৰি আহিব।**




বিভৱ/প্ৰবাহৰ বাবে সম্পূৰ্ণ চক্ৰ। ইয়াত প্ৰবাহ বিভৱতকৈ আগবাঢ়ি আছে।




**2-3** A ৰ পৰা B লৈ $i$ যেতিয়া অবিচ্ছিন্নভাৱে প্ৰবাহিত হয়, ধাৰকটোৰ ফলি দুখন বিপৰীতভাৱে আহিত হয় অৰ্থাৎ B প্লেটখন ধনাত্মকভাৱে আৰু A প্লেটখন ঋণাত্মকভাৱে আহিত হয়। ইয়াত প্ৰবাহ আৰু বিভৱ দুয়োটাই ঋণাত্মক। সেয়েহে সিহঁতৰ পূৰণফল $p$ ধনাত্মক। **গতিকে এই 1/4 চক্ৰত উৎসৰ পৰা শক্তি শোষণ হ'ব।**




**3-4** 3 ত প্ৰবাহৰ দিশ ওলোটা হয় আৰু B ৰ পৰা A ৰ দিশত হ'ব। ধাৰকত জমা হোৱা আধান কমি আহে আৰু বিভৱ $v_C$ ৰ মান কমে। 4 ত $v_C$ ৰ মান শূন্য হয় আৰু তেতিয়া ধাৰকটো সম্পূৰ্ণৰূপে অনাহিতকৰণ হয়। ইয়াত ক্ষমতা ঋণাত্মক। 2-3 ত শোষিত শক্তি উৎসলৈ ঘূৰি আহে। **গতিকে মুঠ শোষিত শক্তিৰ মান শূন্য।**

চিত্ৰ 7.10

উদাহৰণ 7.4

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{220\,\text{V}}{212\ \Omega} = 1.04\,\text{A}$$

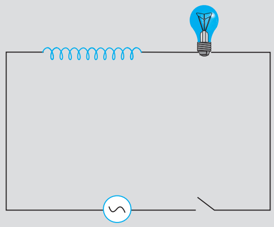
প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চ মান (The peak current)

$$i_m = \sqrt{2}I = (1.41)(1.04\,A) = 1.47\,A$$

এই প্ৰবাহ +1.47A আৰু –1.47 A ৰ মাজতে দোলায়মান হৈ থাকে আৰু ই বিভৱতকৈ $\pi/2$ দশাত আগবাঢ়ি থাকে। কম্পনাংক দুগুণ কৰিলে ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ আধা হ'ব আৰু ফলত প্ৰবাহ দুগুণ হ'ব।

উদাহৰণ 7.5

**উদাহৰণ 7.5** এটা বৈদ্যুতিক বাল্ব আৰু এটা মুক্ত আৱেশক কুণ্ডলী এ.চি. প্ৰবাহৰ উৎস এটাৰ লগত চিত্ৰ 7.11 ত দেখুওৱা ধৰণে ছুইচ এটাৰ সহায়ত সংযোগ কৰা হৈছে।



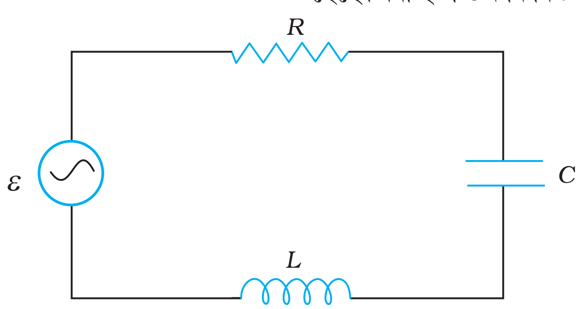
চিত্ৰ 7.11

ছুইচটো (switch) বন্ধ কৰি কিছুসময় পিছত লোৰ দণ্ড এডাল আৱেশকটোৰ ভিতৰত সুমুৱাই দিয়া হ'ল। এই অৱস্থাত বৈদ্যুতিক বাল্বটোৰ উজ্জ্বলতা (a) বৃদ্ধি পাব, (b) কমিব, (c) অপৰিবৰ্তিত হৈ থাকিব ? কাৰণ দৰ্শাই উত্তৰ দিয়া।

**সমাধান ঃ** লোৰ দণ্ডডাল সুমুৱাই দিলে কুণ্ডলীটোৰ ভিতৰৰ চুম্বকক্ষেত্ৰই লো চুম্বকায়ন কৰাৰ ফলত ইয়াৰ ভিতৰৰ চৌম্বিকক্ষেত্ৰ বৃদ্ধি পায়। সেয়েহে কুণ্ডলীৰ আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ বৃদ্ধি পায় আৰু ফলত কুণ্ডলীটোৰ আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ বৃদ্ধি পাব আৰু প্ৰয়োগ কৰা পৰিবৰ্তী প্ৰতিৰোধ বৃদ্ধি পাব। ফলস্বৰূপে প্ৰয়োগ কৰা পৰিবৰ্তী বিভৱৰ বেছি অংশ আৱেশকৰ মাজত থাকিব আৰু কম অংশহে বাল্বৰ মাজেৰে পোৱা যাব। সেয়েহে বাল্বটোৰ উজ্জ্বলতা হ্ৰাস পাব।

## 7.6 LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনীত পৰিবৰ্তী বিভৱৰ প্ৰয়োগ (AC Voltage Applied to a Series LCR Circuit)

চিত্ৰ 7.12 ত পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস ε ৰ লগত সংযোগ কৰা LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটা দেখুওৱা হৈছে। ধৰা হ'ল উৎসৰ বিভৱ $v = v_m \sin wt$.





**চিত্ৰ 7.12** পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা *LCR* শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী।

যদি $t$ মুহূৰ্তত ধাৰকত থকা আধানৰ পৰিমাণ $q$ হয়, তেন্তে কাৰ্চ্চফৰ বৰ্তনী সূত্ৰ অনুসৰি

$$L\frac{di}{dt} + iR + \frac{q}{C} = v \qquad (7.20)$$

আমি তাৎক্ষণিক প্ৰবাহ $i$ আৰু বৰ্তনীটোত প্ৰয়োগ কৰা এ. চি. বিভৱৰ দশাৰ লগত ইয়াৰ সম্পৰ্ক নিৰ্ণয় কৰিম। দুই ধৰণৰ পদ্ধতিৰে এই সমস্যাটো সমাধান কৰা হ'ব। প্ৰথমতে ফেজৰৰ (phasors) কৌশল প্ৰয়োগ কৰি আৰু দ্বিতীয়তে (7.20) নং সমীকৰণটো বিশ্লেষণাত্মকভাৱে (analytically) সমাধান কৰি সময়ৰ লগত $i$ ৰ নিৰ্ভৰশীলতা নিৰ্ণয় কৰা হ'ব।

### 7.6.1 ফেজৰ-চিত্ৰ সমাধান (Phasor-diagram solution)

চিত্ৰ 7.12 ত দেখুওৱা বৰ্তনী চিত্ৰটোৰ পৰা আমি দেখা পাওঁ যে ৰোধক, আৱেশক আৰু ধাৰক শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত আছে। গতিকে যিকোনো সময়ত প্ৰতিটো উপাদানৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ একে থাকিব আৰু ইহঁতৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ আৰু দশাও একে হ'ব। ধৰা হওক,

$$i = i_m \sin(\omega t + \phi) \quad (7.21)$$

য'ত $\phi$ হৈছে উৎসৰ বিভৱ আৰু বৰ্তনীৰ প্ৰবাহৰ মাজৰ দশা পাৰ্থক্য। আগৰ অনুচ্ছেদৰ পৰা লাভ কৰা শিক্ষাৰ সহায়ত আমি বৰ্তমান অৱস্থাৰ বাবে ফেজৰ চিত্ৰ অংকণ কৰিব পাৰো।

ধৰা হ'ল I ফেজৰে 7.21 সমীকৰণৰ পৰা পোৱা বৰ্তনীৰ প্ৰবাহ সূচাইছে। তদুপৰি ধৰা হ'ল $V_L$, $V_R$, $V_C$ আৰু V এ ক্ৰমে আৱেশক, ৰোধক আৰু ধাৰকৰ মাজেৰে বিভৱ সূচাইছে। আগৰ অনুচ্ছেদৰ পৰা আমি পাওঁ যে $V_R$ আৰু I পৰস্পৰ সমান্তৰাল; $V_C$, I তকৈ $\pi/2$ দশাত পিছ পৰি আছে আৰু $V_L$, I তকৈ $\pi/2$ দশাত আগবাঢ়ে। চিত্ৰ 7.13 (a) ত $V_L$, $V_R$, $V_C$ আৰু I ক উপযুক্ত দশা সম্পৰ্কৰে দেখুওৱা হৈছে।

এই ফেজৰ বোৰৰ দৈৰ্ঘ্য বা $V_R$, $V_C$ আৰু $V_L$ ৰ বিস্তাৰ হ'ব—

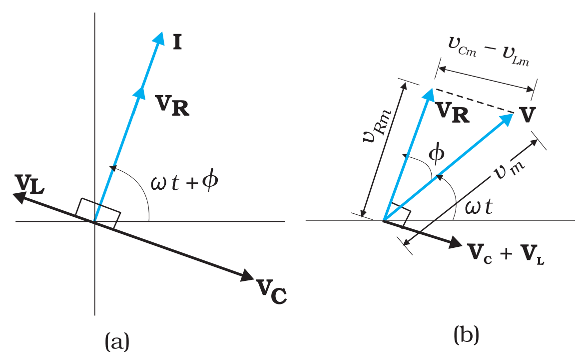
$$v_{Rm} = i_m R,\ v_{Cm} = i_m X_C,\ v_{Lm} = i_m X_L \quad (7.22)$$

বৰ্তনীৰ বিভৱ সমীকৰণ (7.20) ক তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি।

$$v_L + v_R + v_C = v \quad (7.23)$$

যাৰ উলম্ব উপাংশ সমূহে ওপৰৰ সমীকৰণটো দিয়ে সিহঁতৰ মাজৰ ফেজৰ সম্পৰ্কটো হ'ল

$$\mathbf{V}_L + \mathbf{V}_R + \mathbf{V}_C = \mathbf{V} \quad (7.24)$$




চিত্ৰ 7.13 (a) $V_L$, $V_R$, $V_C$, আৰু *I* ফেজৰৰ মাজৰ সম্পৰ্ক (b) চিত্ৰ 7.11 ত দেখুওৱা বৰ্তনীটোৰ বাবে $V_L$, $V_R$ আৰু $(V_L + V_C)$ ফেজৰৰ মাজৰ সম্পৰ্ক

এই সম্পৰ্কটো চিত্ৰ 7.13 (b) ত নিৰ্দেশ কৰা হৈছে। যিহেতু $V_L$ আৰু $V_C$ সদায় একেডাল ৰেখাতে থাকে আৰু পৰস্পৰ বিপৰীতমুখী, গতিকে সিহঁতক লগ লগাই $(V_C + V_L)$ ফেজৰ হিচাবে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি আৰু ইয়াৰ মান $|v_{Cm} - v_{Lm}|$। যিহেতু V ক $V_R$ আৰু $(V_C + V_L)$ বাহুবিশিষ্ট সমকোণী ত্ৰিভুজৰ কৰ্ণ হিচাপে নিৰ্দেশ কৰা হৈছে, সেয়েহে পাইথাগোৰাচৰ সূত্ৰ [Pythagoream theorem] মতে

$$v_m^2 = v_{Rm}^2 + \left(v_{Cm} - v_{Lm}\right)^2$$

(7.22) সমীকৰণৰ পৰা $v_{Rm}$, $v_{Cm}$ আৰু $v_{Lm}$ ৰ মান ওপৰৰ সমীকৰণটোত বহুৱালে আমি পাওঁ

$$v_m^2 = (i_m R)^2 + (i_m X_C - i_m X_L)^2$$

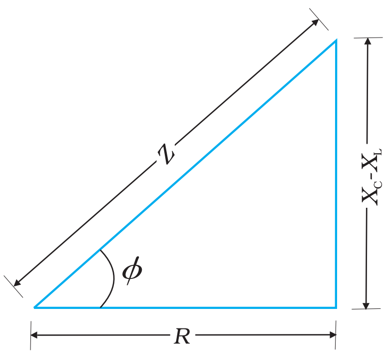
$$= i_m^2 \left[R^2 + (X_C - X_L)^2\right]$$

বা, $$i_m = \frac{v_m}{\sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}} \quad [7.25(a)]$$

বৰ্তনী এটাৰ ৰোধৰ লগত তুলনা কৰি আমি এ. চি. বৰ্তনী এটাৰ বাবে মুঠ প্ৰতিৰোধ (impedance) *Z* প্ৰৱৰ্তন কৰিব পাৰোঁ।

$$i_m = \frac{v_m}{Z} \quad [7.25(b)]$$

য'ত $$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \quad (7.26)$$




চিত্ৰ 7.14 প্ৰতিৰোধ চিত্ৰ

যিহেতু ফেজৰ I সদায় ফেজৰ $V_R$ ৰ সমান্তৰাল, গতিকে দশা কোণ (phase angle) $\phi$ হৈছে $V_R$ আৰু V ৰ মাজৰ কোণ আৰু ইয়াক চিত্ৰ 7.14 ৰপৰা নিৰ্ণয় কৰিব পাৰোঁ।

$$\tan\phi = \frac{v_{Cm} - v_{Lm}}{v_{Rm}}$$

(7.22) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰিলে আমি পাওঁ

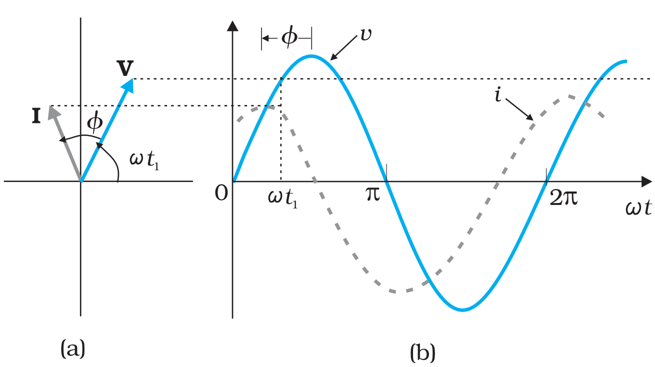
$$\tan\phi = \frac{X_C - X_L}{R} \qquad (7.27)$$

(7.26) আৰু (7.27) সমীকৰণ দুটাৰ লেখ চিত্ৰ (7.14) ত দেখুওৱা হ'ল। ইয়াক প্ৰতিৰোধ চিত্ৰ (Impedance diagram) বুলি কোৱা হয়। Z কৰ্ণ বিশিষ্ট ই এটা সমকোণী ত্ৰিভুজ।

[7.25(a)] সমীকৰণে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ আৰু (7.27) সমীকৰণে দশা কোণ (phase angle) দিয়ে। এই দুই সমীকৰণে (7.21) সমীকৰণৰ সম্পূৰ্ণ নিৰ্দেশনা আগবঢ়ায়।

যদি $X_C > X_L$, $\phi$ ৰ মান ধনাত্মক হয় তেতিয়া বৰ্তনীটো মুখ্যতঃ (redominantly) ধাৰকীয়। অৰ্থাৎ প্ৰবাহ প্ৰযুক্ত বিভৱতকৈ $\phi$ দশাত আগবাঢ়ে। যদি $X_C < X_L$ হয়, $\phi$ ৰ মান ঋণাত্মক আৰু বৰ্তনীটো প্ৰবলভাৱে আৱেশীয়। অৰ্থাৎ বৰ্তনীটোত প্ৰবাহ বিভৱতকৈ $\phi$ দশাত পিছ পৰি থাকে।

চিত্ৰ 7.15 ত ফেজৰ চিত্ৰ আৰু $X_C>X_L$ ৰ বাবে $\omega t$ ৰ সৈতে $v$ আৰু $i$ ৰ পৰিবৰ্তন দেখুওৱা হৈছে।




**চিত্ৰ 7.15** (a) **V** আৰু **I** ৰ ফেজৰ চিত্ৰ (b) $X_C>X_L$ ৰ বাবে শ্ৰেণীবদ্ধ LCR বৰ্তনী এটাৰ ωt সাপেক্ষে $v$ আৰু $i$ ৰ লেখ।

এইদৰে আমি ফেজৰ কৌশল ব্যৱহাৰ কৰি শ্ৰেণীবদ্ধ LCR বৰ্তনী এটাৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ আৰু দশা পাব পাৰোঁ। কিন্তু এই পদ্ধতিৰ দ্বাৰা এ. চি. বৰ্তনীৰ বিশ্লেষণ কৰিব যাওঁতে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট অসুবিধাৰ সন্মুখীন হ'বলগীয়া হয়। প্ৰথমতে, ফেজৰ চিত্ৰই প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাৰ বিষয়ে একো নকয়। $t$ ৰ বাবে যিকোনো মান ল'ব পাৰে (ধৰা এই গোটেইটো অধ্যায়তে $t_1$ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে) আৰু বিভিন্ন ফেজৰ অংকণ কৰিব পাৰে যিয়ে বিভিন্ন ফেজৰৰ মাজৰ আপেক্ষিক কোণ দেখুৱায়। এইদৰে পোৱা সমাধানক **স্থিতাৱস্থা সমাধান (Steady-state solution)** বুলি কোৱা হয়। ই সাধাৰণ সমাধান নহয়। অতিৰিক্তভাৱে আমি এটা ক্ষণস্থায়ী সমাধান পাওঁ যি $v = 0$ ৰ বাবেও পোৱা যায়। ক্ষণস্থায়ী সমাধান আৰু স্থিতাৱস্থা সমাধানৰ যোগফলেই হৈছে সাধাৰণ সমাধান। যথেষ্ট দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে ক্ষণস্থায়ী সমাধানৰ প্ৰভাৱ নোহোৱা হয় আৰু স্থিতাৱস্থা সমাধানৰ দ্বাৰা বৰ্তনীটোৰ আচৰণ ব্যাখ্যা কৰা হয়।

### 7.6.2 বিশ্লেষণাত্মক সমাধান (Analytical solution)

বৰ্তনীটোৰ বাবে বিভৱ সমীকৰণ

$$L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = v$$

$$= v_m \sin \omega t$$

আমি জানো যে $i = dq/dt$। গতিকে $di/dt = d^2q/dt^2$। গতিকে বিভৱ সমীকৰণটো $q$ ত প্ৰকাশ কৰিলে

$$L\frac{d^2q}{dt^2}+R\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=v_m \sin\omega t \qquad (7.28)$$

ই আৰোপিত (forced) আৰু অৱমন্দিত দোলনৰ সমীকৰণৰ লেখীয়া [XI শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থ বিজ্ঞান পাঠ্যপুথিৰ (14.3) সমীকৰণ চোৱা]

$$q=q_m \sin(w\,t+q) \qquad [7.29(a)]$$

যাতে $$\frac{dq}{dt}=q_m\omega\cos(\omega t+\theta) \qquad [7.29(b)]$$

আৰু $$\frac{d^2q}{dt^2}=-q_m\omega^2\sin(\omega t+\theta) \qquad [7.29(c)]$$

এই মানসমূহ (7.28) সমীকৰণত বহুৱালে আমি পাওঁ

$$q_m\omega\left[R\cos(\omega t+\theta)+(X_C-X_L)\sin(\omega t+\theta)\right]=v_m\sin\omega t \qquad (7.30)$$

ইয়াত $X_c = 1/\omega C$, $X_L = \omega L$ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে।

(7.30) নং সমীকৰণক $Z=\sqrt{R^2+(X_c-X_L)^2}$ ৰে পূৰণ কৰিলে আমি পাওঁ

$$q_m\omega Z\left[\frac{R}{Z}\cos(\omega t+\theta)+\frac{(X_C-X_L)}{Z}\sin(\omega t+\theta)\right]=v_m\sin\omega t \qquad (7.31)$$

এতিয়া, ধৰোঁ $\frac{R}{Z}=\cos\phi$

আৰু $\frac{(X_C-X_L)}{Z}=\sin\phi$

যাতে $$\phi=\tan^{-1}\frac{X_C-X_L}{R} \qquad (7.32)$$

(7.31) সমীকৰণত এই মান প্ৰতিষ্ঠা কৰি সৰল কৰিলে আমি পাওঁ

$$q_m\omega Z\cos(\omega t+\theta-\phi)=v_m\sin\omega t \qquad (7.33)$$

এই সমীকৰণটোৰ দুয়োফাল তুলনা কৰিলে আমি দেখা পাওঁ যে $v_m=q_m\,\omega Z=i_m Z$

য'ত $$i_m=q_m\,\omega \qquad [7.33(a)]$$

আৰু $$\theta-\phi=-\frac{\pi}{2} \text{ or } \theta=-\frac{\pi}{2}+\phi \qquad [7.33(b)]$$

গতিকে বৰ্তনীটোত প্ৰবাহ

$$i=\frac{dq}{dt}=q_m\,\omega\cos(\omega t+\theta)$$

$$=i_m\cos(\omega t+\theta)$$

বা $$i=i_m\sin(\omega t+\phi) \qquad (7.34)$$

য'ত $$i_m=\frac{v_m}{Z}=\frac{v_m}{\sqrt{R^2+(X_C-X_L)^2}} \qquad [7.34(a)]$$

আৰু $\phi=\tan^{-1}\frac{X_C-X_L}{R}$

গতিকে এটা বৰ্তনীৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ আৰু দশাৰ বিশ্লেষণাত্মক সমাধান ফেজৰ পদ্ধতিৰ দ্বাৰা কৰা সমাধানৰ লগত মিলে।

### 7.6.3 অনুনাদ (Resonance)

*LCR* শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাৰ বাবে অনুনাদ এটা আমোদজনক পৰিঘটনা। যিবিলাক প্ৰণালীৰ এটা নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকত দুলি থকাৰ প্ৰৱণতা থাকে সেইবিলাকৰ বাবে অনুনাদ এটা সাধাৰণ পৰিঘটনা। এই কম্পনাংকক পদ্ধতিটোৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংক বোলা হয়। এনে এটা প্ৰণালীক আন এটা শক্তিৰ উৎসৰ দ্বাৰা দোলনৰ বিস্তাৰ বেছি কৰিব পৰা যায় যদিহে ইয়াৰ কম্পনাংক প্ৰণালীটোৰ কম্পনাংকৰ ওচৰা-উচৰি হয়। ইয়াৰ সুপৰিচিত এটা উদাহৰণ হ'ল দোলায়িত শিশু এটা। দোলকৰ নিদিনাকৈ দোলায়িত শিশুটোৱে আগলৈ আৰু পিছলৈ যাবলৈ এটা স্বাভাৱিক কম্পনাংক থাকে। যদি শিশুটোৱে এক নিৰ্দিষ্ট সময়ৰ অন্তৰে অন্তৰে ৰছীডালত টানি থাকে আৰু ইয়াৰ কম্পনাংক দোলনৰ কম্পনাংকৰ প্ৰায় সমান হয়, তেন্তে দোলনৰ বিস্তাৰ বেছি হয় (অধ্যায় 14 একাদশ শ্ৰেণী)।

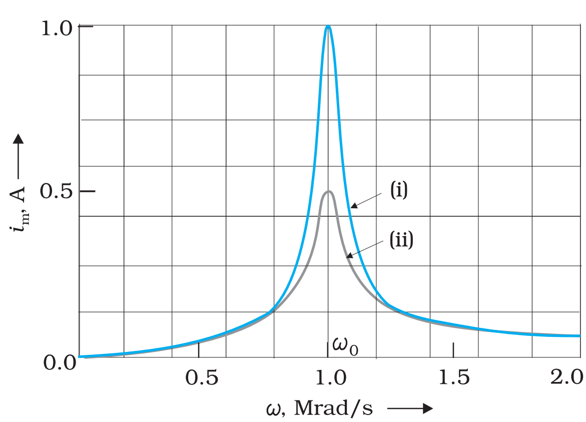
$v_m$ বিস্তাৰ আৰু $\omega$ কম্পনাংক বিশিষ্ট বিভৱৰ দ্বাৰা চালিত *LCR* বৰ্তনী এটাৰ বাবে আমি দেখা পাওঁ যে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ

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

য'ত $X_c = 1/\omega C$ আৰু $X_L = \omega L$। $\omega$ ৰ মান পৰিবৰ্তিত কৰিলে, এটা নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংক $\omega_0$ ৰ বাবে $X_c = X_L$ আৰু প্ৰতিবাধা নিম্নতম হয় $\left(Z = \sqrt{R^2 + 0^2} = R\right)$। এই কম্পনাংকটোক অনুনাদ কম্পনাংক বোলা হয়।

$$X_c = X_L \text{ or } \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L$$

বা $$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (7.35)$$




**চিত্ৰ 7.16** দুটা বিশেষ অৱস্থা (i) $R = 100\ \Omega$, (ii) $R = 200\ \Omega$. $L = 1.00$ mH, $C = 1.00$ nF ৰ বাবে $\omega$ ৰ সৈতে $i_m$ ৰ পৰিবৰ্তন।

অনুনাদ কম্পনাংক, $\upsilon$ ত প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ হয় $i_m = v_m/R$।

চিত্ৰ (7.16) এ $L = 1.00$ mH, $C = 1.00$ nF আৰু $R$ ৰ দুটা মান (i) $R = 100\ \Omega$ আৰু (ii) $R = 200\ \Omega$ ৰ বাবে LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাত $\omega$ ৰ সৈতে $i_m$ ৰপৰিবৰ্তন দেখুৱাইছে। প্ৰয়োগ কৰা উৎসৰ বিভৱ $v_m = 100$ V।

ইয়াৰ বাবে $\omega_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{LC}}\right) = 1.00 \times 10^6$ rad/s.

আমি দেখা পাওঁ যে অনুনাদ কম্পনাংকৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ হয়। যিহেতু অনুনাদৰ বাবে $i_m = v_m / R$, (i) অৱস্থাৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ, (ii) অৱস্থাৰ দুগুণ হয়।

অনুনাদী বৰ্তনী বিভিন্ন ব্যৱহাৰ কৰা হয়। উদাহৰণস্বৰূপে ৰেডিঅ' বা টি. ভি.ৰ টিউনিং ব্যৱস্থাত ই ব্যৱহাৰ হয়। ৰেডিঅ' এটাৰ এণ্টেনাই বিভিন্ন দূৰসঞ্চালন ষ্টেচন (Broadcasting stations) ৰ পৰা অহা সংকেত গ্ৰহণ কৰে। ৰেডিঅ'ৰ টিউনিং বৰ্তনীত এণ্টেনাই ধৰি ৰখা সংকেতে উৎসৰ কাম কৰে। গতিকে

বৰ্তনীটো বহুতো কম্পনাংকৰদ্বাৰা চালিত হয়। কিন্তু এটা নিৰ্দিষ্ট ৰেডিঅ’ ষ্টেচন শুনিবৰ কাৰণে আমি ৰেডিঅ’টো টিউন কৰিব লাগে। টিউনিং কৰোঁতে টিউনিং বৰ্তনীৰ ধাৰক এটাৰ ধাৰকত্ব এনেদৰে পৰিৱৰ্তন কৰা হয় যাতে বৰ্তনীটোৰ অনুনাদ কম্পনাংকৰ মান গ্ৰহণ কৰা ৰেডিঅ’ সংকেতৰ কম্পনাংকৰ প্ৰায় সমান হয়। এই অৱস্থাত নিৰ্দিষ্ট ৰেডিঅ’ ষ্টেচন এটাৰ সংকেতৰ কম্পনাংকৰ বাবে বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ হয়।

এইটো মনত ৰখা দৰকাৰী যে কেৱল মাত্ৰ $L$ আৰু $C$ থাকিলেহে বৰ্তনীটোৱে অনুনাদ পৰিঘটনা দেখুৱায়। তেতিয়াহে $L$ আৰু $C$ ৰ মাজেৰে পোৱা বিভৱে পৰস্পৰে পৰস্পৰক প্ৰশমিত কৰে (দুয়োটাৰ দশা বিজুতিৰবাবে) আৰু প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ $v_m/R$ হয়, উৎসৰ মুঠবিভৱ $R$ ৰ মাজেৰে পোৱা যায়। এইটোৱে বুজায় যে $RL$ বা $RC$ বৰ্তনীত অনুনাদ পোৱা নাযায়।

**অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতা (Sharpness of resonance)**

$LCR$ শ্ৰেণীবদ্ধবৰ্তনী এটাতপ্ৰবাহৰ বিস্তাৰ

$$i_m = \frac{v_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

যেতিয়া $\omega = \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$., ইয়াৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়। সৰ্বোচ্চ মান $i_m^{\max} = v_m / R$।

$\omega_0$ তকৈ $\omega$ ৰ আন মানৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ মানতকৈ কম হয়। ধৰা হওক $\omega$ ৰ এটা মানৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ মানৰ $1/\sqrt{2}$ গুণ। এই মানৰ বাবে বৰ্তনীটোত ক্ষমতাৰ অপচয় আধা হয়। (7.16) চিত্ৰৰ বক্ৰ ৰেখাৰপৰা দেখা পাওঁ যে $\omega$ ৰ এনে দুই মান (ধৰা $\omega_1$আৰু $\omega_2$), এটা $\omega_0$ তকৈ ডাঙৰ আৰু আনটো $\omega_0$ তকৈ সৰু পোৱা যায় আৰু $\omega_0$ সাপেক্ষে ইহঁত সমমিত (symmetrical)। আমি লিখিব পাৰোঁ যে

$$\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega$$

$$\omega_2 = \omega_0 - \Delta\omega$$

ইহঁতৰ পাৰ্থক্য $\omega_1 - \omega_2 = 2\Delta\omega$ ক বৰ্তনীটোৰ পটি বেধ (bandwidth) বুলি কোৱা হয়। $(\omega_0/2\Delta\omega)$ ৰাশিটোক অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতাৰ জোখ হিচাপে বিবেচনা কৰা হয়। $\Delta\omega$ ৰ মান কম হ’লে অনুনাদ তীক্ষ্ণ বা ঠেক হয়। $\Delta\omega$ ৰ এটা প্ৰকাশ ৰাশি পাবলৈ আমি লিখিব পাৰোঁ যে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ $i_m$ হ’ল $\left(1/\sqrt{2}\right)i_m^{\max}$ ($\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega$ ৰ কাৰণে) গতিকে,

$$\omega_1\text{ত } i_m = \frac{v_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C}\right)^2}}$$

$$= \frac{i_m^{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{v_m}{R\sqrt{2}}$$

বা $$\sqrt{R^2 + \left(\omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C}\right)^2} = R\sqrt{2}$$

বা $$R^2 + \left(\omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C}\right)^2 = 2R^2$$

$$\omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C} = R$$

অথবা তলত দিয়া ধৰণেও লিখিব পাৰি

$$(\omega_0 + \Delta\omega) L - \frac{1}{(\omega_0 + \Delta\omega)C} = R$$

$$\omega_0 L \left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right) - \frac{1}{\omega_0 C \left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)} = R$$

বাওঁহাতৰ দ্বিতীয় পদত $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$$\omega_0 L \left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right) - \frac{\omega_0 L}{\left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)} = R$$

যিহেতু $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} << 1$, $\left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)^{-1}$ ক $\left(1 - \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)$ৰ প্ৰায় সমান বুলি ধৰিব পাৰি। সেয়েহে,

$$\omega_0 L \left(1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right) - \omega_0 L \left(1 - \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right) = R$$

বা $$\omega_0 L \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} = R$$

$$\Delta\omega = \frac{R}{2L} \qquad [7.36(a)]$$

অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতা হ'ব,

$$\frac{\omega_0}{2\Delta\omega} = \frac{\omega_0 L}{R} \qquad [7.36(b)]$$

$\frac{\omega_0 L}{R}$ অনুপাতক বৰ্তনীৰ **গুণক ৰাশি** (quality factor) $Q$ বোলে।

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} \qquad [7.36(c)]$$



[7.36 (b)] আৰু [7.36 (c)] সমীকৰণৰ পৰা দেখা যায় যে $2\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$ । সেয়েহে $Q$ ৰ মান

যিমানে ডাঙৰ হয়, $2\Delta\omega$ বা পটিবেধৰ মান সিমানে কম হয় আৰু অনুনাদ তীক্ষ্ণ হয়। $\omega_0^2 = 1/LC$, ব্যৱহাৰ কৰিলে [7.36(c)] সমীকৰণটোৰ সমতুল্য প্ৰকাশ ৰাশি হ'ব $Q = 1/\omega_0 CR$.

চিত্ৰ 7.15ৰ পৰা দেখা পাওঁ যে যদি অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতা কমে, তেতিয়া সৰ্বোচ্চ প্ৰবাহৰ মান কমাৰ লগতে বৰ্তনীটো কম্পনাংকৰ বেছি পৰিসৰ $\Delta\omega$ ৰ বাবে অনুনাদৰ ওচৰ চাপে। সেয়েহে বৰ্তনীটোৰ টিউনিং ভাল নহ'ব। সেয়েহে অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতা কমিলে বৰ্তনীটোৰ বাছনি ক্ষমতা কমে বা ইটো-সিটোৰ ওলোটা। (7.36) সমীকৰণৰ পৰা আমি দেখা পাওঁ যে যদি গুণক ৰাশিৰ (Quality factor) মান বেছি হয় অৰ্থাৎ $R$ ৰ মান কম বা $L$ ৰ মান বেছি হয়, তেতিয়া বৰ্তনীটোৰ বাছনি ক্ষমতা বাঢ়ে।

**উদাহৰণ 7.6** 200 Ω ৰ এটা ৰোধক আৰু 15.0 μF ৰ ধাৰক এটা 220 V, 50 Hz এ. চি. প্ৰবাহৰ উৎসৰ লগত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে। (a) বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ মান নিৰ্ণয় কৰা, (b) ৰোধক আৰু ধাৰকৰ মাজেৰে বিভৱৰ (গ. ব. মূ. মান) মান নিৰ্ণয় কৰা। এই বিভৱবোৰৰ বীজগণিতীয় যোগফল উৎসৰ বিভৱতকৈ বেছি হ'বনে?

**সমাধান**

দিয়া আছে

$R = 200\,\Omega,\ C = 15.0\,\mu F = 15.0 \times 10^{-6}\,F$

$V = 220\,V,\ \nu = 50\,Hz$

(a) প্ৰবাহ নিৰ্ণয় কৰিবৰ বাবে মুঠ প্ৰতিৰোধৰ আৱশ্যক। প্ৰতিৰোধ,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + (2\pi \nu C)^{-2}}$$

$$= \sqrt{(200\,\Omega)^2 + (2 \times 3.14 \times 50 \times 10^{-6}\,F)^{-2}}$$

$$= \sqrt{(200\,\Omega)^2 + (212\,\Omega)^2}$$

$$= 291.5\,\Omega$$

গতিকে বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ মান হ'ব

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220\,V}{291.5\,\Omega} = 0.755\,A$$

(b) যিহেতু গোটেইটো বৰ্তনীত প্ৰবাহৰ মান একে থাকে, গতিকে আমি পাওঁ

$$V_R = I R = (0.755\,A)(200\,\Omega) = 151\,V$$

$$V_C = I X_C = (0.755\,A)(212.3\,\Omega) = 160.3\,V$$

$V_R$ আৰু $V_C$ ৰ বীজগণিতীয় যোগফল 311.3 V, যিটো উৎসৰ বিভৱ 220 V তকৈ বেছি। এই সাঁথৰটো কেনেদৰে সমাধান কৰিব পাৰি? পাঠ্যপুথিত তোমালোকে শিকিছা যে দুটা বিভৱ একে দশাত নাথাকে। গতিকে সিহঁতক সাধাৰণ নিয়মেৰে যোগ কৰিব নোৱাৰি। বিভৱ দুটাৰ মাজৰ দশা বিজুতি (out of phase) $90^0$ হয়। গতিকে পাইথাগোৰাছৰ উপপাদ্য (Pythagorean theorem) ব্যৱহাৰ কৰি মুঠ বিভৱৰ মান উলিয়াব পাৰি।

$$V_{R+C} = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$= 220\,V$$

গতিকে, যদি বিভৱ দুটাৰ মাজৰ দশা পাৰ্থক্য সঠিকভাৱে নিৰ্ণয় কৰা হয়, তেন্তে ৰোধক আৰু ধাৰকৰ মাজেৰে পোৱা মুঠ বিভৱ উৎসৰ বিভৱৰ সমান হয়।

উদাহৰণ 7.6

## 7.7 পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীৰ ক্ষমতা ঃ ক্ষমতা গুণক (Power in AC Circuit: The Power Factor)

আমি দেখা পাওঁ যে LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাত $v = v_m \sin\omega t$ বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিলে $i = i_m \sin(\omega t + \phi)$ বিদ্যুত প্ৰবাহ পোৱা যায়, য'ত

$$i_m = \frac{v_m}{Z} \text{ আৰু } \phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_C - X_L}{R}\right)$$

গতিকে উৎসটোৱে যোগান ধৰা তাৎক্ষণিক ক্ষমতা

$$p = v\,i = (v_m \sin\omega t)\times[i_m \sin(\omega t+\phi)]$$

$$= \frac{v_m i_m}{2}[\cos\phi - \cos(2\omega t+\phi)] \qquad (7.37)$$

(7.37) নং সমীকৰণৰ সোঁফালৰ ৰাশি দুটাৰ গড়মানৰ পৰা এটা পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে গড় ক্ষমতা পোৱা যায়। ইয়াৰে একমাত্ৰ দ্বিতীয় ৰাশিটো সময়ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল আৰু ইয়াৰ গড়মান শূন্য (cosine ৰ ধনাত্মক অৰ্দ্ধাংশই ঋণাত্মক অৰ্দ্ধাংশক প্ৰশমিত কৰে)। গতিকে,

$$P = \frac{v_m i_m}{2}\cos\phi = \frac{v_m}{\sqrt{2}}\frac{i_m}{\sqrt{2}}\cos\phi$$

$$= V\,I\cos\phi \qquad [7.38(a)]$$

ইয়াক তলত দিয়া ধৰণেও লিখিব পাৰি। $\because V = IZ$

$$\therefore P = I^2 Z\cos\phi \qquad [7.38(b)]$$

গতিকে গড় ক্ষমতাৰ অপচয় কেৱল মাত্ৰ বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ ওপৰতে নিৰ্ভৰ নকৰে, ই সিহঁতৰ মাজৰ দশা কোণ $\phi$ ৰ ($\cos\phi$) ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰশীল। $\cos\phi$ ৰাশিটোক **ক্ষমতা গুণক (power factor)** বোলে। তলৰ অৱস্থা কেইটাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰা হওক ঃ

**(i) অকল ৰোধযুক্ত বৰ্তনী** (Resistive circuit) ঃ বৰ্তনী এটাত কেৱল মাত্ৰ বিশুদ্ধ ৰোধক থাকিলে তাক ৰোধকীয় বৰ্তনী বোলে। এই ক্ষেত্ৰত $\phi = 0$, $\cos\phi = 1$। ইয়াত শোষিত ক্ষমতাৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়।

**(ii) বিশুদ্ধ আৱেশীয় বা ধাৰকীয় বৰ্তনী** (Purely inductive or capacitive circuit) ঃ আমি জানো যে বৰ্তনী এটাত কেৱল মাত্ৰ আৱেশক বা ধাৰক থাকিলে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ মাজৰ দশা কোণৰ পাৰ্থক্য $\phi = \pi/2$। গতিকে, $\cos\phi = 0$ আৰু বৰ্তনীটোত বিদ্যুত প্ৰবাহিত হৈ থাকিলেও কোনো ক্ষমতা শোষিত নহয়। তেনে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহক **ৱাটহীন (wattless) প্ৰবাহ** বুলিও কোৱা হয়।

**(iii) LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী** (LCR series circuit) ঃ 7.38 নং সমীকৰণে LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাত শোষিত ক্ষমতা দিয়ে, য'ত $\phi = \tan^{-1}(X_c - X_L)/R$। গতিকে RL বা RC বা LCR বৰ্তনীৰ বাবে $\phi$ ৰ মান শূন্য নহ'ব পাৰে। এনে বৰ্তনীত কেৱল মাত্ৰ ৰোধকতহে ক্ষমতা শোষিত হয়।

**(iv) LCR অনুনাদী বৰ্তনীত ক্ষমতাৰ শোষণ** (Power dissipated at resonance in LCR circuit) ঃ অনুনাদী অৱস্থাত $X_c - X_L = 0$, আৰু $\phi = 0$। গতিকে $\cos\phi = 1$ আৰু $P = I^2 Z = I^2 R$। অৰ্থাৎ অনুনাদী অৱস্থাত বৰ্তনীটোত ($R$ ৰ মাজেৰে) সৰ্বোচ্চ ক্ষমতা শোষিত হয়।

উদাহৰণ 7.7

**উদাহৰণ 7.7** (a) বৈদ্যুতিক ক্ষমতা পৰিবহনত ব্যৱহৃত বৰ্তনীৰ বাবে কম মানৰ ক্ষমতা গুণকে প্ৰেৰণত বেছি মানৰ ক্ষমতা অপচয় হোৱা বুজায়। ব্যাখ্যা কৰা।

(b) বৰ্তনীত সঠিক মানৰ ধাৰকত্ব বিশিষ্ট ধাৰকৰ ব্যৱহাৰ কৰি ক্ষমতা গুণক বঢ়াব পাৰি। ব্যাখ্যা কৰা।

**সমাধান** (a) আমি জানো যে $P = I\,V\cos\phi$ য'ত $\cos\phi$ হৈছে ক্ষমতা গুণক। এক প্ৰদত্ত বিভৱত প্ৰদত্ত ক্ষমতা যোগান ধৰোঁতে যদি $\cos\phi$ ৰ মান সৰু হয়, তেন্তে সেই অনুসৰি প্ৰবাহৰ মান বৃদ্ধি কৰিব লাগে। কিন্তু ইয়াৰ ফলত প্ৰেৰণত অধিক ক্ষমতা ($I^2R$) অপচয় হয়।

(b) ধৰা হ'ল, এটা বৰ্তনীত প্ৰবাহ বিভৱতকৈ $\phi$ কোণত পিছ পৰি আছে। তেতিয়া ক্ষমতা গুণক $\cos\phi = R/Z$ । আমি $Z$ ৰ মান $R$ ৰ প্ৰায় সমান কৰি ক্ষমতা গুণকৰ মান উন্নত (প্ৰায় 1 ৰ সমান) কৰিব পাৰোঁ। ফেজৰ চিত্ৰ (চিত্ৰ 7.17)ৰ সহায়ত এই মান কেনেকৈ পাব পাৰি আমি বুজো আহা। I ক দুটা উপাংশত ভাগ কৰা হওক। প্ৰয়োগ কৰা বিভৱ **V** ৰ দিশত $\mathbf{I}_p$ আৰু প্ৰয়োগ

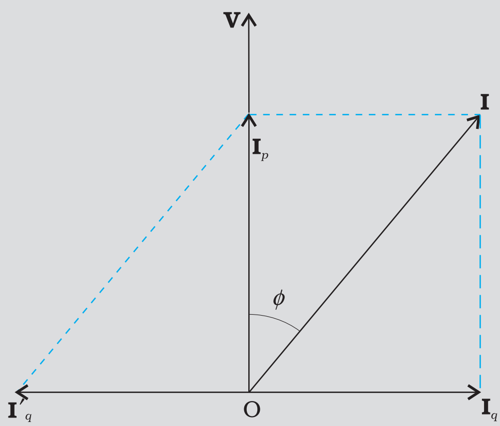



**FIGURE 7.17**

কৰা বিভৱৰ লম্ব দিশত $\mathbf{I}_q$। 7,7 অনুচ্ছেদত শিকা ধৰণে $\mathbf{I}_q$ উপাংশটোৰ বাবে ক্ষমতাৰ অপচয় নহয়। আনহাতে $\mathbf{I}_P$ উপাংশটো বিভৱৰ লগত একেদশাত থকাত বৰ্তনীটোত ইয়াৰ বাবে ক্ষমতাৰ অপচয় হয়। সেয়েহে ইয়াক ক্ষমতা উপাংশ বোলে।

এই বিশ্লেষণৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে যদি আমি ক্ষমতা গুণকৰ মাত্ৰ উন্নত কৰিব বিচাৰো, তেন্তে পিছপৰি থকা ৱাটহীন প্ৰবাহ $\mathbf{I}_q$ ৰ মান আন এক সমমানৰ আগবাঢ়ি থকা প্ৰবাহ $\mathbf{I}'_q$ ৰ দ্বাৰা সম্পূৰ্ণৰূপে প্ৰশমিত কৰিব লাগিব। উপযুক্ত মানৰ ধাৰক এটা সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰি এইটো কৰিব পাৰি যাতে $\mathbf{I}_q$ আৰু $\mathbf{I}'_q$ এ পৰস্পৰে পৰস্পৰক নাইকীয়া কৰে আৰু $P$ ৰ কাৰ্যকৰী মান $I_p\,V$ হয়।

উদাহৰণ 7.7

**উদাহৰণ 7.8** ঃ 283 V সৰ্বোচ্চ মান বিশিষ্ট আৰু 50 Hz কম্পনাংকৰ ছাইনচইডেল (sinusoidel) বিভৱ LCR শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাত প্ৰয়োগ কৰা হৈছে। ইয়াত R = 3 Ω, $L$ = 25.48 mH, আৰু C = 796 μF। (a) বৰ্তনীটোৰ মুঠ প্ৰতিবাধা; (b) উৎসৰ বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ মাজৰ দশা পাৰ্থক্য; (c) বৰ্তনীটোত শোষিত হোৱা ক্ষমতা আৰু (d) ক্ষমতা গুণক নিৰ্ণয় কৰা।

**সমাধান ঃ**

(a) মুঠ প্ৰতিবাধা নিৰ্ণয় কৰিবলৈ আমি প্ৰথমতে $X_L$ আৰু $X_C$ ৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব লাগিব।

$$X_L = 2\pi\nu L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 25.48 \times 10^{-3}\ \Omega = 8\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

উদাহৰণ 7.8

উদাহৰণ 7.8

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 796 \times 10^{-6}} = 4\Omega$$

গতিকে,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3^2 + (8-4)^2}$$

$$= 5\ \Omega$$

(b) দশাপাৰ্থক্য $\phi = \tan^{-1}\dfrac{X_C - X_L}{R}$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{4-8}{3}\right) = -53.1°$$

যিহেতু $\phi$ ঋণাত্মক গতিকে বৰ্তনীটোত প্ৰবাহ উৎসৰ বিভৱতকৈ পিছ পৰি থাকে।

(c) বৰ্তনীটোত শোষিত ক্ষমতা

$$P = I^2 R$$

এতিয়া, $I = \dfrac{i_m}{\sqrt{2}} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\left(\dfrac{283}{5}\right) = 40\text{A}$

গতিকে, $P = (40\text{A})^2 \times 3\,\Omega = 4800\,\text{W}$

(d) ক্ষমতা গুণক $= \cos\phi = \cos 53.1° = 0.6$

উদাহৰণ 7.9

**সমাধান 7.9** ঃ ধৰা আগৰ উদাহৰণটোত উৎসৰ কম্পনাংক সলনি কৰিব পাৰি। (a) অনুনাদ সৃষ্টি হ'বৰ বাবে উৎসৰ কম্পনাংক কিমান হ'ব? (b) অনুনাদী অৱস্থাত মুঠ প্ৰতিৰোধ, প্ৰবাহ আৰু শোষিত ক্ষমতা নিৰ্ণয় কৰা।

**সমাধান ঃ**

(a) অনুনাদী কম্পনাংক

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25.48 \times 10^{-3} \times 796 \times 10^{-6}}}$$

$$= 222.1\,\text{rad/s}$$

$$v_r = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{221.1}{2 \times 3.14}\text{Hz} = 35.4\text{Hz}$$

(b) অনুনাদী অৱস্থাত প্ৰতিবাধা ৰোধৰ সমান হয়।

$$Z = R = 3\,\Omega$$

অনুনাদী অৱস্থাত গঃ বঃ বঃ মূঃ প্ৰবাহ (rms current)

$$= \frac{V}{Z} = \frac{V}{R} = \left(\frac{283}{\sqrt{2}}\right)\frac{1}{3} = 66.7\text{A}$$

অনানাদী অৱস্থাত শোষিত ক্ষমতা

$$P = I^2 \times R = (66.7)^2 \times 3 = 13.35\ \text{kW}$$

এতিয়া দেখা পোৱা গ'ল যে অনুনাদী অৱস্থাত শোষিত ক্ষমতা উদাহৰণ 7.8 ৰ শোষিত ক্ষমতাতকৈ বেছি।

**উদাহৰণ 7.10 ঃ** বিমান বন্দৰ এটাত এজন ব্যক্তিয়ে নিৰাপত্তাজনিত কাৰণত ধাতুৰ সংসূচক (metal detector) বহুওৱা দুৱাৰ এখনৰ মাজেৰে খোজ কাঢ়িছে। যদি তেখেতে ধাতুৰ দ্বাৰা নিৰ্মিত কোনো বস্তু লগত নিয়ে, তেন্তে ধাতুৰ সংসূচকটোৰ পৰা এটা শব্দ ওলায়। কি নীতিৰ ভিত্তিত সংসূচকটোৱে কাম কৰে?

**সমাধান ঃ** পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীত ধাতুৰ সংসূচকটোৱে অনুনাদৰ মূলনীতিৰ ভিতৰত কাম কৰে। তুমি যেতিয়া সংসূচকটোৰ মাজেৰে খোজ কাঢ়া, দৰাচলতে তুমি বহুতো পাক থকা কুণ্ডলী এটাৰ মাজেৰেহে খোজ কাঢ়া। কুণ্ডলীটো এনে এটা অনুনাদন (tune) কৰা ধাৰকৰ লগত সংযোগ কৰা থাকে, যাতে বৰ্তনীটোত অনুনাদৰ সৃষ্টি হয়। তুমি যেতিয়া তোমাৰ পকেটত ধাতুৰ বস্তুটো লৈ খোজ কাঢ়িবা, বৰ্তনীটোৰ মুঠ প্ৰতিৰোধৰ মানৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিব আৰু ফলস্বৰূপে বৰ্তনীটোত যথেষ্ট পৰিমাণৰ প্ৰবাহৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিব। এই প্ৰবাহৰ পৰিৱৰ্তন সংসূচকত ধৰা পৰে আৰু বৈদ্যুতিক বৰ্তনীয়ে শব্দৰ সৃষ্টি কৰি বিপদ সংকেত দিয়ে।

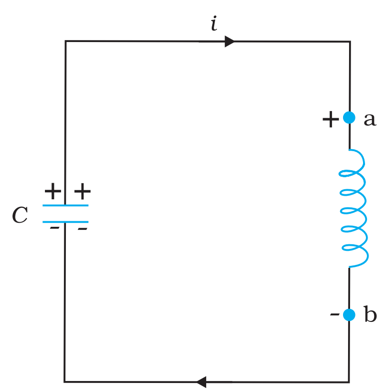
উদাহৰণ 7.10

## 7.8 LC দোলন (LC Oscillations)

আমি জানো যে এটা ধাৰক আৰু এটা আৱেশকে ক্ৰমে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক শক্তি জমা কৰি ৰাখিব পাৰে। যেতিয়া এটা ধাৰক (আহিত) এটা আৱেশকৰ লগত সংযোগ কৰা হয়, তেতিয়া ধাৰকটোৰ আধান আৰু বৰ্তনীৰ প্ৰবাহে যান্ত্ৰিক ব্যৱস্থাত সৃষ্টি হোৱা দোলনৰ নিচিনাকৈ বৈদ্যুতিক দোলনৰ সৃষ্টি কৰে। (অধ্যায় 14 একাদশ শ্ৰেণী)

ধৰা হ'ল ধাৰক এটা $q_m$ আধানৰ দ্বাৰা আহিত কৰা হৈছে (যেতিয়া $t = 0$) আৰু ইয়াক চিত্ৰ 7.18 ত দেখুওৱা ধৰণে আৱেশক এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে।

বৰ্তনীটো সম্পূৰ্ণ হোৱা মুহূৰ্তত ধাৰকৰ আধান হ্ৰাস পাবলৈ আৰম্ভ কৰে আৰু বৰ্তনীত প্ৰবাহৰ মান বৃদ্ধি পাবলৈ ধৰে। ধৰা $t$ সময়ত ধাৰকত থকা আধানৰ পৰিমাণ q আৰু বৰ্তনীত প্ৰবাহ i। যিহেতু $di/dt$ ধনাত্মক, সেয়েহে $L$ ত আৱিষ্ট বি. চা. ব. ৰ মেৰু চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে হ'ব। অৰ্থাৎ, $v_b < v_a$।




**চিত্ৰ 7.18** ত দেখুওৱা মুহূৰ্তত প্ৰবাহৰ মান এনেদৰে বৃদ্ধি পাইছে যাতে আৱেশকত আৱিষ্ট বি. চা. ব.ৰ মেৰুদ্বয় চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে হয়।

কাৰ্ছফৰ বৰ্তনী সূত্ৰ অনুসৰি

$$\frac{q}{C} - L\frac{di}{dt} = 0 \quad (7.39)$$

বৰ্তমান অৱস্থাত $i = -(dq/dt)$ (যিহেতু $q$ ৰ মান হ্ৰাস পায় আৰু $i$ বৃদ্ধি পায়)।
গতিকে 7.39 সমীকৰণৰ পৰা পোৱা যায়

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0 \quad (7.40)$$

এই সমীকৰণটোৰ সৰল পৰ্যাবৃত্ত দোলকৰ সমীকৰণ $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$ ৰ লেখীয়া। সেয়েহে নিকায়টোৰ দোলনৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংক হ'ব

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (7.41)$$

এই দোলন সময়ৰ সৈতে ছাইন আকৃতিত তলত দিয়া ধৰণে পৰিৱৰ্তিত হয়।

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \phi) \quad (7.42)$$

য'ত $q_m$ হ'ল $q$ ৰ সৰ্বোচ্চ মান আৰু $\phi$ দশা ধ্ৰুৱক। যিহেতু, $t = 0$ ৰ বাবে $q = q_m$। $\cos\phi = 1$ অথবা $\phi = 0$। গতিকে এই ক্ষেত্ৰত,

$$q = q_m \cos(\omega_0 t) \qquad (7.43)$$

একে ধৰণে— প্ৰবাহ $i\left(=-\dfrac{dq}{dt}\right)$ হ'ব,

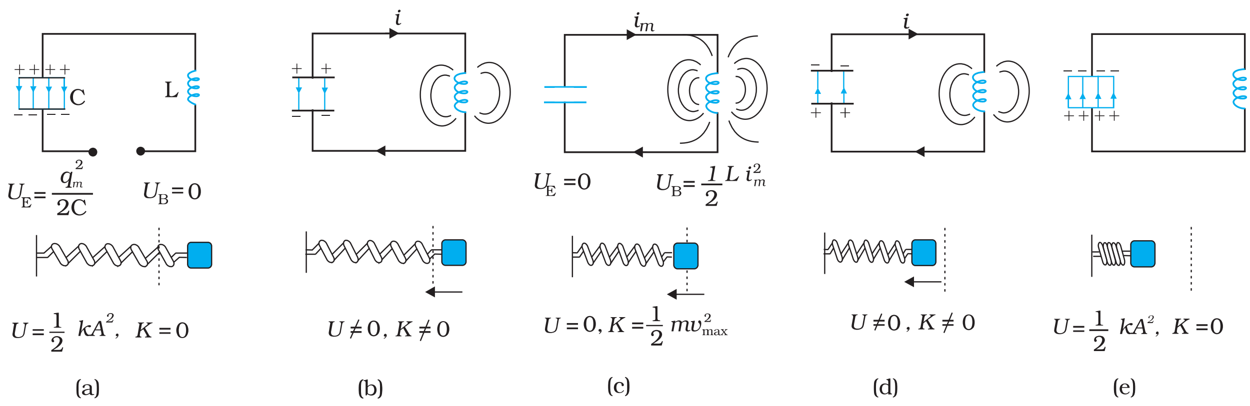
$$i = i_m \sin(\omega_0 t) \qquad (7.44)$$

য'ত $\quad i_m = \omega_0 q_m$

এতিয়া আমি বৰ্তনীত কেনেদৰে এই দোলন হয় তাক দেখুৱাবলৈ চেষ্টা কৰোঁ।

চিত্ৰ 7.19 (a) এ $q_m$ প্ৰাৰম্ভিক আধান বিশিষ্ট ধাৰক এটা আদৰ্শ আৱেশক এটাৰ লগত সংযোগ কৰা দেখুৱাইছে। আহিত ধাৰকটোত জমা হোৱা বৈদ্যুতিক শক্তি হ'ল $U_E = \dfrac{1}{2}\dfrac{q_m^2}{C}$। যিহেতু বৰ্তনীটোত প্ৰবাহ নাই, আৱেশকত জমা হোৱা শক্তি শূন্য। গতিকে $LC$ বৰ্তনীটোৰ মুঠ শক্তি হ'ব

$$U = U_E = \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{C}$$




**চিত্ৰ 7.19** *LC* বৰ্তনী এটাত সৃষ্টি হোৱা দোলন স্প্ৰিং এডালৰ এটা মূৰত টুকুৰা এটা বান্ধি সৃষ্টি কৰা দোলনৰ সদৃশ।

$t = 0$ সময়ত চুইছটো বন্ধ কৰিলে ধাৰকটো অনাহিত হ'বলৈ আৰম্ভ কৰে [চিত্ৰ 7.19(b)] প্ৰবাহৰ মান যেতিয়া বৃদ্ধি পায়, আৱেশকত এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰতিষ্ঠা হয় আৰু আৱেশকত কিছু শক্তি $U_B = (1/2)\, Li^2$ চৌম্বিক শক্তি হিচাপে জমা হয়। চিত্ৰ 7.19 (c) ত দেখুওৱা ধৰণে প্ৰবাহৰ মান যেতিয়া সৰ্বোচ্চ $i_m$ হয় ($t = T/4$ সময়ত) তেতিয়া সকলো শক্তি চৌম্বিক শক্তি $U_B = (1/2)\, Li_m^2$ হিচাপে জমা হয়। তুমি এতিয়া সহজে পৰীক্ষা কৰিব পাৰা যে সৰ্বোচ্চ বৈদ্যুতিক শক্তি সৰ্বোচ্চ চৌম্বিক শক্তিৰ সমান। এতিয়া ধাৰকটোত কোনো আধান নাথাকে আৰু সেয়েহে শক্তিও নাথাকে। চিত্ৰ 7.19(d) ত দেখুওৱা ধৰণে এতিয়া বৈদ্যুতিক প্ৰবাহে ধাৰকটো আহিত কৰিবলৈ আৰম্ভ কৰে। এই প্ৰক্ৰিয়াটো ধাৰকটো সম্পূৰ্ণৰূপে আহিত নোহোৱালৈকে চলি থাকে ($t = T/2$ সময়ৰ বাবে) [চিত্ৰ 7.19(e)]। এই মাত্ৰ বৰ্ণনা কৰা সম্পূৰ্ণ পদ্ধতিটো পুনৰ আগৰ অৱস্থালৈ ঘূৰি নোযোৱালৈকে পুনৰাবৃত্তি ঘটে। এইদৰে পদ্ধতিটোৰ শক্তি ধাৰক আৰু আৱেশকৰ মাজত দুলি থাকে।

$LC$ দোলন স্প্ৰিং এডালৰ লগত সংলগ্ন টুকুৰা এটাৰ যান্ত্ৰিক দোলনৰ দৰে একে। চিত্ৰ 7.19 ৰ প্ৰতিটো চিত্ৰৰ তলৰ অংশই অনুৰূপ এটা যান্ত্ৰিক পদ্ধতি বৰ্ণনা কৰিছে। (টুকুৰা এটা স্প্ৰিং এডালৰ মূৰত সংলগ্ন কৰা হৈছে)। আগত উল্লেখ কৰা ধৰণে $m$ ভৰৰ টুকুৰা এটাই $w_0$ কম্পনাংকৰে দুলিলে ইয়াৰ সমীকৰণ হ'ব

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

ইয়াত $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ আৰু $k$ হৈছে স্প্ৰিং ধ্ৰুৱক। গতিকে $x$, $q$ ৰ অনুৰূপ। যান্ত্ৰিক পদ্ধতি এটাৰ ক্ষেত্ৰত $F = ma = m\,(dv/dt) = m\,(d^2x/dt^2)$। বৈদ্যুতিক পদ্ধতি এটাৰ বাবে $\varepsilon = -L\,(di/dt) = -L\,(d^2q/dt^2)$। এই দুটা সমীকৰণ তুলনা কৰিলে আমি দেখা পাওঁ যে $L$, $m$ ৰ সদৃশ। $L$ এ প্ৰবাহ পৰিবৰ্তনৰ বাবে ৰোধৰ জোখ সূচায়। $LC$ বৰ্তনী এটাৰ বাবে $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ আৰু স্প্ৰিং এডালত থকা ভৰৰ বাবে $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ । গতিকে, $1/C$, $k$ ৰ সদৃশ। $k\ (=F/x)$ ধ্ৰুৱকটোৱে একক সৰণৰ বাবে আৱশ্যকীয় বল (বাহ্যিক) আৰু $1/C\ (=V/q)$ এ একক আধান জমা কৰিবলৈ আৱশ্যকীয় বিভৱ ভেদৰ বিষয়ে কয়। 7.1 নং তালিকাই যান্ত্ৰিক আৰু বৈদ্যুতিক ৰাশিৰ মাজৰ তুলনামূলক সাদৃশ্য দেখুৱাইছে।

**তালিকা 7.1 যান্ত্ৰিক আৰু বৈদ্যুতিক ৰাশিৰ সাদৃশ্য**

| যান্ত্ৰিক পদ্ধতি | বৈদ্যুতিক পদ্ধতি |
|---|---|
| ভৰ $m$ | আৱেশক $L$ |
| বল ধ্ৰুৱক $k$ | ধাৰকত্বৰ প্ৰতিক্ৰম $1/C$ |
| সৰণ $x$ | আধান $q$ |
| বেগ $v = dx/dt$ | প্ৰবাহ $i = dq/dt$ |
| যান্ত্ৰিক শক্তি | বৈদ্যুতিক শক্তি |
| $E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$ | $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2$ |

মন কৰিবলগীয়া যে ওপৰত বৰ্ণিত $LC$ দোলন দুটা কাৰণত বাস্তৱধৰ্মী নহয় ঃ

(i) প্ৰতিটো আৱেশকৰ কিছু ৰোধ থাকে। এই ৰোধৰ ক্ৰিয়াৰ বাবে বৰ্তনীটোত আধান আৰু প্ৰবাহৰ ওপৰত অৱমন্দন ক্ৰিয়া ঘটে আৰু অৱশেষত দোলন নাইকীয়া হয়।

(ii) আনকি ৰোধশূন্য হ'লেও পদ্ধতিটোৰ মুঠ শক্তি স্থিৰে নাথাকে। ই পদ্ধতিটোৰ পৰা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ হিচাপে বিকিৰণ হয় (পিছৰ অধ্যায়ত এই বিষয়ে আলোচনা কৰা হৈছে।) দৰাচলতে ৰেডিঅ' আৰু TV ৰ প্ৰেৰক যন্ত্ৰ এই বিকিৰণৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল।

## দুটা ভিন্ন পৰিঘটনা আৰু একে গাণিতিক বিশ্লেষণ
## (Two different phenomena, same mathematical treatment)

একাদশ শ্ৰেণীৰ 14.10 অনুচ্ছেত আলোচনা কৰা আৰোপিত অৱমন্দন দোলক (forced damped oscillator) ৰ ব্যৱহাৰ আৰু পৰিৱৰ্তী বিভৱ প্ৰয়োগ কৰা *LCR* বৰ্তনী এটাৰ ব্যৱহাৰ তুমি তুলনা কৰিব পাৰা। আমি ইতিমধ্যে মন্তব্য কৰিছোঁ যে একাদশ শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ [14.37(b)] নং সমীকৰণ আৰু এই অধ্যায়ৰ (7.28) নং সমীকৰণটো একে ধৰণৰ; যদিও ভিন্ন চিহ্ন আৰু ৰাশি ব্যৱহৃত হয়। সেয়েহে দুয়োটা পৰিস্থিতিৰ বিভিন্ন ৰাশি সমূহৰ সমতুল্যতা দেখুৱাবলৈ তলৰ তালিকাখন লোৱা হওক।

| আৰোপিত দোলন *(Forced oscillations)* | চালিত *LCR* বৰ্তনী *(Driven LCR circuit)* |
|---|---|
| $m\dfrac{d^2x}{dt^2}+b\dfrac{dx}{dt}+kx=F\cos\omega_d\ t$ | $L\dfrac{d^2q}{dt^2}+R\dfrac{dq}{dt}+\dfrac{q}{C}=v_m\sin\omega t$ |
| সৰণ, $x$ | ধাৰকৰ আধান, $q$ |
| সময়, $t$ | সময়, $t$ |
| ভৰ, $m$ | স্বয়মাৱেশক, $L$ |
| অৱমন্দন ধ্ৰুৱক, $b$ | ৰোধ, $R$ |
| স্প্ৰিং ধ্ৰুৱক, $k$ | ধাৰকৰ প্ৰতিক্ৰম, $1/C$ |
| চালিত কম্পনাংক, $\omega_d$ | চালিত কম্পনাংক, $\omega$ |
| দোলনৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংক, $\omega$ | LCR বৰ্তনীৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংক, $\omega_0$ |
| আৰোপিত দোলনৰ বিস্তাৰ, $A$ | জমা হোৱা সৰ্বোচ্চ আধান, $q_m$ |
| চালিত বলৰ বিস্তাৰ, $F_0$ | প্ৰয়োগ কৰা বিভৱৰ বিস্তাৰ, $v_m$ |

তুমি নিশ্চিতভাৱে ক'ব পাৰা যে যিহেতু q ৰ অনুৰূপ *x*, গতিকে জমা হোৱা আধানৰ সৰ্বোচ্চ মান $q_m$ ৰ অনুৰূপ বিস্তাৰ A (সৰ্বোচ্চ সৰণ)। একাদশ শ্ৰেণীৰ [14.39 (a)] নং সমীকৰণে দোলনৰ বিস্তাৰক অন্য ৰাশিত প্ৰকাশ কৰিছে, যিটো সুবিধাৰ বাবে পুনৰ উল্লেখ কৰা হ'ল ঃ

$$A=\frac{F_0}{\left\{m^2(\omega^2-\omega_d^2)^2+\omega_d^2b^2\right\}^{1/2}}$$

ওপৰৰ সমীকৰণটোৰ প্ৰতিটো ৰাশিৰ ঠাইত অনুৰূপ বৈদ্যুতিক ৰাশি বহুৱালে কি ঘটে চোৱা যাওক। $X_L=\omega L$, $X_C=1/\omega C$, আৰু $\omega_0^2=1/LC$ বহুৱাই L, C, ω আৰু $\omega_0$ নোহোৱা কৰা। তুমি যেতিয়া (7.33) আৰু (7.34) নং সমীকৰণ দুটা ব্যৱহাৰ কৰিলে দেখা পাবা যে দুয়োটা সম্পূৰ্ণৰূপে মিলি যায়।

তুমি পদাৰ্থ বিজ্ঞানত এনে ধৰণৰ বিভিন্ন অৱস্থা দেখিবা য'ত একে ধৰণৰ গাণিতিক সমীকৰণে বিভিন্ন পৰিঘটনা বৰ্ণনা কৰে। তুমি সেইবিলাকৰ এটাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিব পাৰা আৰু অন্য এটা বিষয়লৈ গৈ অনুৰূপ ৰাশিমূহ প্ৰতিষ্ঠা কৰি নতুন বিষয়টোৰ প্ৰসঙ্গত তাৰ ফলাফল ব্যাখ্যা কৰিব পাৰা। পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ বিভিন্ন ক্ষেত্ৰৰ পৰা এনে ধৰণৰ বহুতো সমান্তৰাল অৱস্থা তুমি বাচি উলিয়াব পাৰা। অৱশ্যে ইহঁতৰ পাৰ্থক্য বিলাকৰ বিষয়েও সচেতন হ'ব লাগিব।

**উদাহৰণ 7.11** *LC* বৰ্তনী এটাৰ মুক্ত দোলনৰ বাবে দেখুওৱা যে ধাৰক আৰু আৱেশকত জমা হোৱা শক্তিৰ যোগফল সময়ৰ সৈতে স্থিৰে থাকে।

**সমাধান ঃ** ধৰা ধাৰক এটাৰ প্ৰাৰম্ভিক আধান $q_0$। ধৰা আহিত ধাৰকটো $L$ আৱেশকৰ এটা আৱেশ কুণ্ডলীৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। অনুচ্ছেদ 7.8 ত তুমি অধ্যয়ন কৰিছা যে এই LC বৰ্তনীটোত এটা দোলনৰ সৃষ্টি হয়, যাৰ কম্পনাংক

$$\omega\left(=2\pi v=\frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$$

যিকোনো মুহূৰ্ত $t$ ৰ বাবে ধাৰকত আধান $q$ আৰু প্ৰবাহ $i$ হ'লে

$q(t) = q_0 \cos \omega t$

$i(t) = -q_0\, \omega \sin \omega t$

$t$ সময়ত ধাৰকত জমা হোৱা শক্তি

$$U_E=\frac{1}{2}C\,V^2=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}=\frac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t)$$

$t$ সময়ত আৱেশকত জমা হোৱা শক্তি

$$U_M=\frac{1}{2}L\,i^2$$

$$=\frac{1}{2}L\,q_0^2\,\omega^2\sin^2(\omega t)$$

$$=\frac{q_0^2}{2C}\sin^2(\omega t)\quad\left(\because \omega^2=1/\sqrt{LC}\right)$$

এই দুই শক্তিৰ যোগফল

$$U_E+U_M=\frac{q_0^2}{2C}\left[\cos^2\omega t+\sin^2\omega t\right]$$

$$=\frac{q_0^2}{2C}$$

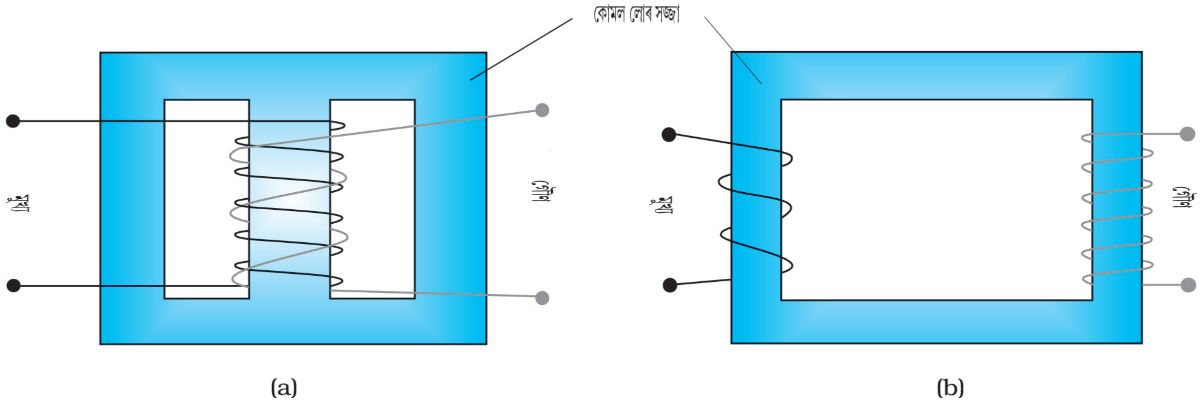
যিহেতু $q_o$ আৰু $C$ দুয়োটাই সময়ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়, গতিকে এই যোগফল সময় সাপেক্ষে ধ্ৰুৱক। মন কৰিবলগীয়া যে ই ধাৰকৰ প্ৰাথমিক শক্তিৰ সমান। এইটো কিয় হয়? চিন্তা কৰা!

উদাহৰণ 7.11

## 7.9 ৰূপান্তৰক (Transformers)

বিভিন্ন উদ্দেশ্যত পৰিৱৰ্তী বিভৱক নিম্নৰ পৰা উচ্চলৈ বা উচ্চৰ পৰা নিম্নলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলগীয়া হয়। প্ৰত্যাৱেশৰ (mutual induction) নীতি ব্যৱহৃত এক ব্যৱস্থাৰ দ্বাৰা এইটো কৰিব পৰা যায়। এই ব্যৱস্থাটোকে ৰূপান্তৰক বোলে।

এটা ৰূপান্তৰক পৰস্পৰ অন্তৰিত দুটা কুণ্ডলীৰ দ্বাৰা গঠিত। চিত্ৰ 7.20(a) ত দেখুওৱা ধৰণে কোমল লোৰ মজ্জাৰ ওপৰত এটা আনটোৰ ওপৰা-উপৰিকৈ পকোৱা থাকে নাইবা চিত্ৰ 7.20(b)ত দেখুওৱা ধৰণে মজ্জাটোৰ দুই বাহুত পৃথকে পকোৱা থাকে। কুণ্ডলী দুটাৰ এটাক মুখ্য আৰু আনটোক গৌণ কুণ্ডলী বোলে। মুখ্য কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা $N_p$ আৰু আৰু গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা $N_s$। মুখ্য কুণ্ডলীটোক নিৱিষ্ট বা ইনপুট (input) আৰু গৌণ কুণ্ডলীটোক নিৰ্গত বা আউটপুট (out put) কুণ্ডলী বুলিও কোৱা হয়।




**চিত্ৰ 7.20** ৰূপান্তৰক এটাত মুখ্য আৰু গৌণ কুণ্ডলী পকোৱাৰ দুই ধৰণৰ ব্যৱস্থা।
(a) দুটা কুণ্ডলীৰ এটা আনটোৰ ওপৰা-উপৰি হোৱাকৈ, (b) কুণ্ডলী দুটা মজ্জাৰ দুই বাহুত পৃথকে পকাই।

মুখ্য কুণ্ডলীত পৰিবৰ্তী বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিলে সৃষ্টি হোৱা প্ৰবাহে এক পৰিবৰ্তী চৌম্বিক ফ্লাক্সৰ সৃষ্টি কৰে, যিটো গৌণ কুণ্ডলীৰ লগত জড়িত হয় আৰু গৌণ কুণ্ডলীত বি. চা. ব. (বিদ্যুত চালক বল) আবিষ্ট হয়। আবিষ্ট বি. চা. ব. ৰ মান গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাক সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ধৰা হ'ল এটা আদৰ্শ ৰূপান্তৰকৰ মুখ্য কুণ্ডলীৰ ৰোধ নগণ্য আৰু মুখ্য কুণ্ডলীৰ লগত জড়িত আটাইখিনি ফ্লাক্স গৌণ কুণ্ডলীতো জড়িত হৈছে। ধৰা, মুখ্য কুণ্ডলীত প্ৰয়োগ কৰা $v_p$ বিভৱৰ বাবে পোৱা প্ৰবাহৰ ফলত $t$ সময়ত মজ্জাৰ প্ৰতিটো পাকৰ লগত জড়িত ফ্লাক্স $\phi$।

তেতিয়া $N_s$ পাকযুক্ত গৌণ কুণ্ডলীত আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বল বা বিভৱ $\varepsilon_s$ হ'ব

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \qquad (7.45)$$

পৰিবৰ্তী ফ্লাক্স $\phi$ ৰ বাবে মুখ্য কুণ্ডলীতো আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বলৰ সৃষ্টি হয়। ইয়াক পশ্চাৎমুখী বিদ্যুত চালক বল (back emf) বোলা হয়। এই আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বল

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \qquad (7.46)$$

কিন্তু $\varepsilon_p = v_p$। যদি এইটো নহ'লহেঁতেন, মুখ্য কুণ্ডলীত প্ৰবাহৰ মান অসীম হ'লহেঁতেন, যিহেতু মুখ্য কুণ্ডলীৰ ৰোধ শূন্য (ধৰি লোৱা হৈছে)। যদি গৌণ কুণ্ডলীটো এটা মুক্ত কুণ্ডলী হয় আৰু ইয়াৰ পৰা লোৱা প্ৰবাহৰ মান কম হয়, তেন্তে আনুমানিক সঠিক মানৰ বাবে

$\varepsilon_s = v_s$

য'ত $v_s$ হৈছে গৌণ কুণ্ডলীৰ মাজেৰে বিভৱ। গতিকে (7.45) আৰু (7.46) সমীকৰণ দুটা তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰোঁ;

$$v_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \qquad [7.45(a)]$$

$$v_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \qquad [7.46(a)]$$

[7.45 (a)] আৰু [7.46 (a)] সমীকৰণ দুটাৰ পৰা আমি পাওঁ,

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} \qquad (7.47)$$

মন কৰিবা— ওপৰৰ সমীকৰণটো তিনিটা স্বীকাৰ্যৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি উলিওৱা হৈছে ঃ (i) মুখ্য কুণ্ডলীৰ ৰোধ আৰু প্ৰবাহৰ মান কম; (ii) মুখ্য আৰু গৌণ কুণ্ডলীৰ লগত জড়িত ফ্লাক্সৰ মান একে, যিহেতু ফ্লাক্স মজ্জাতে আৱদ্ধ থাকে আৰু (iii) গৌণ কুণ্ডলীত প্ৰবাহ কম।

যদি ৰূপান্তৰকটোৰ কাৰ্যদক্ষতা 100% বুলি ধৰি লোৱা হয় (শক্তিৰ ক্ষয় নহয়), তেন্তে নিৰ্বিষ্ট ক্ষমতা (power output) আৰু নিৰ্গত ক্ষমতা (power input) সমান হ'ব, আৰু যিহেতু $p = i\,v$,

$$i_p v_p = i_s v_s \tag{7.48}$$

এই সম্পৰ্কটো আনুমানিকভাৱে সঠিক বুলি ধৰি লোৱা হৈছে। কাৰণ কিছু শক্তি সদায় অপচয় হয় যদিও সুন্দৰভাৱে পৰিকল্পনা কৰা ৰূপান্তৰক এটাৰ কাৰ্যদক্ষতা 95% তকৈ বেছি। (7.47) আৰু (7.48) নং সমীকৰণ দুটা লগ লগালে আমি পাওঁ

$$\frac{i_p}{i_s} = \frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} \tag{7.49}$$

যিহেতু $i$ আৰু $v$ দুয়োটাই পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎসৰ সৈতে একে কম্পনাংকৰে দুলি থাকে, (7.49) সমীকৰণে অনুৰূপ ৰাশিৰ বিস্তাৰ বা গড় বৰ্গৰ বৰ্গমূল (r.m.s.) মানৰ অনুপাত দিয়ে।

এতিয়া আমি চাওঁ ৰূপান্তৰক এটাই কেনেদৰে বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ ওপৰত প্ৰভাৱ পেলায়।

$$V_s = \left(\frac{N_s}{N_p}\right) V_p \text{ আৰু } I_s = \left(\frac{N_p}{N_s}\right) I_p \tag{7.50}$$

অৰ্থাৎ, যদি গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যাতকৈ বেছি হয়, তেন্তে বিভৱ বৃদ্ধি পায় ($N_s > N_p$)। এই ধৰণৰ আহিলাক **বিবৰ্ধক ৰূপান্তৰক (step-up transformer)** বোলে। যি হওক এই ধৰণৰ আহিলাত মুখ্য কুণ্ডলীতকৈ গৌণ কুণ্ডলীত প্ৰবাহৰ মান কম হয় ($N_p/N_s < 1$ আৰু $I_s < I_p$)। উদাহৰণ স্বৰূপে, যদি ৰূপান্তৰক এটাৰ মুখ্য কুণ্ডলীত থকা পাক সংখ্যা 100 আৰু গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা 200 হয়, $N_s/N_p = 2$ আৰু $N_p/N_s=1/2$। সেয়েহে 10 A প্ৰবাহত ইনপুট বিভৱ 220V ক 5.0 A ত আউটপুট বিভৱ 440 V লৈ বিৱৰ্ধন ঘটাব পাৰি।

যদি গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীত থকা পাকতকৈ কম হয় ($N_s < N_p$), তেন্তে **হ্ৰাসক ৰূপান্তৰক (step-down transformer)** পোৱা যায়। এই ক্ষেত্ৰত $V_s < V_p$ আৰু $I_s > I_p$। অৰ্থাৎ উচ্চ বিভৱক নিম্ন বিভৱলৈ ৰূপান্তৰ বা হ্ৰাস কৰিব পাৰি আৰু প্ৰবাহ বৃদ্ধি হয়।

ওপৰত পোৱা সমীকৰণবোৰ আদৰ্শ ৰূপান্তৰক এটাৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য (য'ত শক্তিৰ অপচয় নহয়)। কিন্তু প্ৰকৃততে ৰূপান্তৰকৰ তলত দিয়া ধৰণে বিভিন্ন প্ৰকাৰে শক্তিৰ অপচয় হয় ঃ

(i) **আৱেশৰ অপচয়** (Flux Leakage) ঃ মুখ্য কুণ্ডলীত সৃষ্টি হোৱা আটাইখিনি ফ্লাক্স গৌণ কুণ্ডলীৰ লগত জড়িত নহয়। নিম্ন পৰ্যায়ৰ মজ্জাৰ গঠনৰ বাবে আৰু কিছু পৰিমাণে বায়ুৰ মাজেৰে যোৱা বাবে ফ্লাক্সৰ এই অপচয় হয়। মুখ্য আৰু গৌণ কুণ্ডলীৰ এটা আনটোৰ ওপৰত পকাই এই ক্ষতি কমাব পাৰি।

(ii) **পাকৰ ৰোধ** (Resistance of the windings) ঃ পাকৰ বাবে ব্যৱহৃত তাঁৰৰ কিছু ৰোধ থাকে। এই তাঁৰবোৰৰ মাজেৰে প্ৰবাহ যোৱাৰ বাবে ইয়াত তাপ উৎপন্ন হৈ ($I^2R$) শক্তিৰ অপচয় হয়। তাঁৰবোৰ মোটা কৰি ৰোধ কমাই এই অপচয় কমাব পাৰি।

(iii) **এডি প্ৰবাহ** (Eddy currents) ঃ পৰিবৰ্তী ফ্লাক্সে লৌহ মজ্জাত আৱিষ্ট এডি প্ৰবাহৰ সৃষ্টি কৰে আৰু তাপ উৎপন্ন কৰে। স্তৰিত (laminated) গঠনৰ মজ্জা ব্যৱহাৰ কৰি এডি প্ৰবাহৰ মান কমাই এই ক্ষতি কমাব পাৰি।

(iv) **বিলম্বানুসৰণ** (Hysteresis) ঃ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ দ্বাৰা মজ্জাৰ লৌহ পদাৰ্থক অনবৰতে পৰ্যায়ক্ৰমে বিপৰীত দিশত চুম্বকায়ন কৰা হয়। এই প্ৰক্ৰিয়াত ব্যৱহাৰ হোৱা শক্তি অৱশেষত তাপ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত

হয়। কম বিলম্বন অপচয়ৰ চৌম্বক পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰি এনে অপচয় ৰোধ কৰিব পাৰি। ৰূপান্তৰক ব্যৱহাৰ কৰি দূৰণিলৈ বৈদ্যুতিক শক্তিক সঞ্চালন আৰু বিতৰণ কৰা হয়। প্ৰথমতে বিদ্যুত উৎপাদক যন্ত্ৰৰ আউটপুট বিভৱৰ মান বৰ্ধন কৰা হয় (যাতে প্ৰবাহৰ মান কমে আৰু $I^2R$ অপচয় কম হয়)। দূৰ দূৰণিত গ্ৰাহকৰ ওচৰত থকা উপকেন্দ্ৰলৈ ৰূপান্তৰক ব্যৱহাৰ কৰি এই বিদ্যুত প্ৰেৰণ কৰা হয়। পিছত পুনৰ বিতৰণ উপকেন্দ্ৰ সমূহত হ্ৰাসক ৰূপান্তৰক ব্যৱহাৰ কৰি 240 V লৈ কমাই ঘৰুৱা ব্যৱহাৰৰ বাবে প্ৰেৰণ কৰা হয়।

## সাৰাংশ

1. R ৰোধকত প্ৰয়োগ কৰা পৰিবৰ্তী বিভৱ $v = v_m \sin \omega t$ এ ৰোধকৰ মাজেৰে $i = i_m \sin\omega t$ প্ৰবাহ চালিত কৰে, $i_m = \dfrac{v_m}{R}$। প্ৰবাহ, বিভৱৰ লগত একে দশাতে থাকে।

2. R ৰোধকৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত $i = i_m \sin\omega t$ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ কাৰণে জুলীয় তাপ সৃষ্টি হোৱাৰ ফলত গড় ক্ষমতাৰ অপচয় $P$ (এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে গড়মান) হৈছে $(1/2)i_m^2R$। এই ৰাশিটো প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ ক্ষমতাৰ ($P = I^2R$) লেখীয়াকৈ এনে ৰূপত প্ৰকাশ কৰিবলৈ প্ৰবাহৰ এটা বিশেষ মান ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ইয়াক প্ৰবাহৰ গড় বৰ্গৰ বৰ্গমূল মান (গ.ব. ব. মূ. মান) বোলে আৰু ইয়াক $I$ ৰে নিৰ্দেশ কৰা হয়।

$$I = \frac{i_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, i_m$$

একে ধৰণে গ. ব. ব. মূল. বিভৱৰ সংজ্ঞা হ'ব

$$V = \frac{v_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, v_m$$

আমি পাওঁ $P = IV = I^2R$

3. বিশুদ্ধ আৱেশক L ত পৰিবৰ্তী বিভৱ $v = v_m \sin\omega t$ প্ৰয়োগ কৰিলে, আৱেশকত $i = i_m \sin(\omega t - \pi/2)$ প্ৰবাহ চালিত হয়, য'ত $i_m = v_m/X_L$। $X_L = \omega L$ ক আৱেশীয় প্ৰতিৰোধ বোলে। আৱেশকত বিভৱতকৈ প্ৰবাহ $\pi/2$ দশাত পিছ পৰি থাকে। এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে আৱেশকত যোগান ধৰা গড় ক্ষমতা শূন্য।

4. ধাৰক এটাত পৰিবৰ্তী বিভৱ $v = v_m \sin\omega t$ প্ৰয়োগ কৰিলে ধাৰকত $i = i_m \sin(\omega t + \pi/2)$ প্ৰবাহ চালিত হয়।

ইয়াত $i_m = \dfrac{v_m}{X_C}$, $X_C = \dfrac{1}{\omega C}$ ক **ধাৰকীয় প্ৰতিৰোধ** বোলে। ধাৰকৰ মাজেৰে প্ৰবাহ, বিভৱতকৈ $\pi/2$ দশাত আগবাঢ়ে। আৱেশৰ নিচিনাকৈ এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে ধাৰকত যোগান ধৰা গড় ক্ষমতা শূন্য।

5. $v = v_m \sin\omega t$ বিভৱৰ দ্বাৰা চালিত শ্ৰেণীবদ্ধ LCR বৰ্তনী এটাৰ বাবে প্ৰবাহ $i = i_m \sin(\omega t + \phi)$,

য'ত $i_m = \dfrac{v_m}{\sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}}$

আৰু $\phi = \tan^{-1}\dfrac{X_C - X_L}{R}$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$ ক **বৰ্তনীৰ মুঠ প্ৰতিৰোধ** বোলে।

এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে গড় ক্ষমতাৰ অপচয়

$$P = V\ I\ \cos\phi$$

$\cos\phi$ ৰাশিটোক **ক্ষমতা গুণক** বোলে।

6. এটা বিশুদ্ধ আৱেশীয় বা ধাৰকীয় বৰ্তনীৰ বাবে, $\cos\phi = 0$ আৰু বৰ্তনীটোত বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হ'লেও ক্ষমতা খৰচ নহয়। এই ক্ষেত্ৰত প্ৰবাহক **ৱাটহীন প্ৰবাহ** বোলা হয়।
7. বিভৱ আৰু প্ৰবাহক ঘূৰ্ণন ভেক্টৰ অৰ্থাৎ ফেজৰৰ দ্বাৰা সুবিধাজনকভাৱে নিৰ্দেশ কৰি পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত সিহঁতৰ মাজৰ দশা সম্পৰ্ক দেখুৱাব পাৰি। ফেজৰ হৈছে এটা ভেক্টৰ, যিয়ে মূলবিন্দু সাপেক্ষে $\omega$ কৌণিক বেগেৰে ঘূৰে। এটা ফেজৰৰ মানে ফেজৰে নিৰ্দেশ কৰা ৰাশিৰ (বিভৱ বা প্ৰবাহৰ) বিস্তাৰ বা সৰ্বোচ্চ মান বুজায়। ফেজৰ চিত্ৰৰ ব্যৱহাৰে পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাৰ বিশ্লেষণ সহজ কৰে।
8. RLC শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাৰ বাবে আমোদজনক পৰিঘটনাটো হৈছে অনুনাদ। বৰ্তনীটোৱে অনুনাদ প্ৰদৰ্শন কৰে অৰ্থাৎ অনুনাদী কম্পনাংক, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ৰ বাবে প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বোচ্চ হয়। মানক গুণাংকৰ (quality factor) সংজ্ঞা।

   $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR}$ এ অনুনাদৰ তীক্ষ্নতা নিৰ্দেশ কৰে; $Q$ ৰ উচ্চমানে প্ৰবাহৰ তীক্ষ্নতা বেছি হোৱা বুজায়।
9. পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস আৰু ৰোধক বিহীন আৱেশক $L$ আৰু ধাৰক $C$ (প্ৰাৰম্ভিকভাৱে আহিত) যুক্ত বৰ্তনী এটাই মুক্ত দোলন প্ৰদৰ্শন কৰে। ধাৰকত থকা আধান $q$ এ সৰল পৰ্যাবৃত্ত গতিৰ সমীকৰণটো সিদ্ধ কৰে ঃ

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

   আৰু সেয়েহে মুক্ত দোলনৰ কম্পনাংক $\omega$ হ'ব $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ । এই পদ্ধতিটোৰ শক্তি ধাৰক আৰু আৱেশকৰ মাজত দুলি থাকে। কিন্তু সিহঁতৰ যোগফল বা মুঠ শক্তি সময় সাপেক্ষে ধ্ৰুৱক।
10. ৰূপান্তৰক এটা লোৰ মজ্জাৰ দ্বাৰা গঠিত, য'ত $N_p$ পাকযুক্ত এটা মুখ্য কুণ্ডলী আৰু $N_s$ পাকযুক্ত এটা গৌণ কুণ্ডলী পকোৱা থাকে। যদি মুখ্য কুণ্ডলীটোক পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হয়, তেন্তে মুখ্য আৰু গৌণ কুণ্ডলীৰ বিভৱৰ মাজৰ সম্পৰ্কটো হ'ব

$$V_s = \left(\frac{N_s}{N_p}\right)V_p$$

   আৰু প্ৰবাহৰ বাবে সম্পৰ্কটো হ'ব

$$I_s = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)I_p$$

   যদি গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীৰ পাকৰ সংখ্যাতকৈ বেছি হয়, তেন্তে বিভৱৰ বৰ্ধন হয় ($V_s > V_p$)। এই ধৰণৰ আহিলাক **বৰ্ধক ৰূপান্তৰক** বোলে। যদি গৌণ কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীৰ পাকৰ সংখ্যাতকৈ কম হয়, তেন্তে আমি **হ্ৰাসক ৰূপান্তৰক** পাওঁ।

| ভৌতিক ৰাশি | প্ৰতীক | মাত্ৰা | একক | মন্তব্য |
|---|---|---|---|---|
| গ. ব. মূ. বিভৱ | $V$ | $[M L^2 T^{-3} A^{-1}]$ | V | $V = \frac{v_m}{\sqrt{2}}$, $v_m$ হ'ল পৰিবৰ্তী বিভৱ বিস্তাৰ |
| গ. ব. মূ. প্ৰবাহ | $I$ | $[A]$ | A | $I = \frac{i_m}{\sqrt{2}}$, $i_m$ হ'ল পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ |
| প্ৰতিৰোধ ঃ | | | | |
| আৱেশীয় | $X_L$ | $[M L^2 T^{-3} A^{-2}]$ | | $X_L = \omega L$ |
| ধাৰকীয় | $X_C$ | $[M L^2 T^{-3} A^{-2}]$ | | $X_C = 1/\omega C$ |
| প্ৰতিবাধা | $Z$ | $[M L^2 T^{-3} A^{-2}]$ | | বৰ্তনীত থকা উপাদানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। |
| অনুনাদী কম্পনাংক | $\omega_r$ বা $\omega_0$ | $[T^{-1}]$ | Hz | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, শ্ৰেণীবদ্ধ *LCR* বৰ্তনীৰ বাবে। |
| গুণক ৰাশি | $Q$ | মাত্ৰাহীন | | $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$, শ্ৰেণীবদ্ধ *LCR* বৰ্তনীৰ বাবে |
| ক্ষমতা গুণক | | মাত্ৰাহীন | | $= \cos\phi$, $\phi$ হৈছে প্ৰয়োগ কৰা বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ মাজৰ দশা পাৰ্থক্য |

## মন কৰিবলগীয়া কথা

1. যেতিয়া পৰিবৰ্তী বিভৱ বা প্ৰবাহৰ এটা মান দিয়া থাকে, ই সাধাৰণতে গ. ব. মূ. মান। তোমাৰ কোঠাৰ এটা 'আউটলে'ৰ দুই মূৰৰ মাজেৰে বিভৱ সাধাৰণতে 240 V। ইয়ে বিভৱৰ গ. ব. মূ. মান বুজায়। এই বিভৱৰ বিস্তাৰ

$$v_m = \sqrt{2}V = \sqrt{2}(240) = 340\text{ V}$$

2. পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত ব্যৱহৃত উপাদানৰ ক্ষমতা নিৰ্ণয় কৰা মানে ইয়াৰ গড় ক্ষমতা নিৰ্ণয় কৰা বুজায়।
3. বৰ্তনী এটাত ক্ষমতাৰ ক্ষয় কেতিয়াও ঋণাত্মক নহয়।
4. পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ আৰু প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহ দুয়োটাই এম্পিয়াৰত জোখা হয়। কিন্তু পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ বাবে কেনেদৰে এম্পিয়াৰৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়? প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ বাবে এম্পিয়াৰ নিৰ্ণয় কৰাৰ

নিচিনাকৈ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ বাবে বিদ্যুত প্ৰবাহিত দুডাল সমান্তৰাল তাঁৰৰ মাজৰ পাৰস্পৰিক আকৰ্ষণ বলৰ পৰা এম্পিয়াৰ নিৰ্ণয় কৰিব নোৱাৰি। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহে উৎসৰ কম্পনাংকৰ সৈতে দিশৰ পৰিবৰ্তন কৰে আৰু আকৰ্ষণ বল শূন্য হয়। সেয়েহে পৰিবৰ্তী প্ৰবাহত এম্পিয়াৰৰ সংজ্ঞা কিছুমান ধৰ্মৰ ভিত্তিত দিয়া হয়, যিবোৰ প্ৰবাহৰ দিশৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। জুলীয় তাপ (Joule heat) হৈছে এনে এটা ধৰ্ম। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মানৰ বাবে এক এম্পিয়াৰ হ'ল এনে প্ৰবাহ যি প্ৰবাহে একে চৰ্ত সাপেক্ষে প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহত থকা এম্পিয়াৰ প্ৰবাহে সৃষ্টি কৰাৰ নিচিনাকৈ তাপীয় ক্ৰিয়াৰ সৃষ্টি কৰে।

5. পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত বিভিন্ন উপাদানৰ মাজেৰে পোৱা বিভৱ যোগ কৰোঁতে সিহঁতৰ দশা ধৰ্মৰ প্ৰতি সাৱধান হোৱা উচিত। উদাহৰণ স্বৰূপে যদি $V_R$ আৰু $V_C$ ক্ৰমে $RC$ বৰ্তনী এটাৰ $R$ আৰু $C$ ৰ মাজেৰে বিভৱ হয়, তেন্তে $RC$ মজ্জাটোৰ মুঠ বিভৱ $\mathrm{V_R + V_C}$ নহৈ $V_{RC} = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$ হে হয়, যিহেতু $V_C$ আৰু $V_R$ ৰ মাজৰ দশা $\pi/2$।

6. ফেজৰ চিত্ৰত বিভৱ আৰু প্ৰবাহক যদিও ভেক্টৰৰ দ্বাৰা নিৰ্দেশ কৰা হয়, প্ৰকৃততে সিহঁত নিজে ভেক্টৰ নহয়। সিহঁত স্কেলাৰ ৰাশিহে। পৰ্যায়ক্ৰমে পৰিবৰ্তিত স্কেলাৰ ৰাশিৰ বিস্তাৰ আৰু দশাবোৰ সিহঁতৰ অনুৰূপ মান আৰু দিশৰ ঘূৰ্ণন ভেক্টৰৰ প্ৰক্ষেপ্যৰ নিচিনাকৈ গাণিতিকভাৱে যোগ কৰিব পাৰি।

7. পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত বিশুদ্ধ ধাৰক আৰু বিশুদ্ধ আৱেশকৰ লগত জড়িত ক্ষমতাৰ অপচয় নহয়। কেৱল মাত্ৰ ৰোধকীয় উপাদানৰ বাবেহে ক্ষমতাৰ অপচয় হয়।

8. $X_L = X_C$ বা $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ হ'লে $LCR$ বৰ্তনী এটাত অনুনাদী পৰিঘটনাৰ সৃষ্টি হয়। অনুনাদ সৃষ্টিৰ বাবে বৰ্তনীটোত $L$ আৰু $C$ দুয়োটাই থাকিব লাগিব। ইহঁতৰ যিকোনো এটাৰ বাবে ($L$ আৰু $C$) বিভৱ নাইকিয়া হোৱাৰ সম্ভাৱনা নাথাকে আৰু সেয়েহে অনুনাদ সৃষ্টি অসম্ভৱ।

9. $LCR$ বৰ্তনী এটাৰ বাবে ক্ষমতা গুণক হৈছে বৰ্তনীটোৰ সৰ্বোচ্চ ক্ষমতা খৰচৰ সমীপৰ জোখ।

10. জেনেৰেটৰ আৰু মটৰত 'ইনপুট' (input) আৰু 'আউটপুট' (output) সম্পূৰ্ণ বিপৰীত। মটৰৰ বাবে বৈদ্যুতিক শক্তি হৈছে 'ইনপুট' আৰু যান্ত্ৰিক শক্তি হৈছে 'আউটপুট'। জেনেৰেটৰত যান্ত্ৰিক শক্তি হৈছে 'ইনপুট' আৰু বৈদ্যুতিক শক্তি হৈছে 'আউটপুট'। দুয়োটা আহিলাই এবিধ শক্তি আন এবিধ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ কৰে।

11. ৰূপান্তৰক এটাই (বৰ্ধক ৰূপান্তৰক) নিম্ন বিভৱক উচ্চ বিভৱলৈ ৰূপান্তৰিত কৰে। ই শক্তিৰ সংৰক্ষণ নীতি ভঙ্গ নকৰে। একে অনুপাতত প্ৰবাহো হ্ৰাস পায়।

12. দোলায়মান গতি এটা বৰ্ণনা কৰিবলৈ ছাইন বা কছাইন নে সিহঁতৰ ৰৈখিক সংযোগ ব্যৱহাৰ কৰা হ'ব, সেইটো আৱশ্যকীয় নহয়, কিয়নো শূন্য সময় (zero-time) অৱস্থানৰ পৰিবৰ্তনে এটাক আনটোলৈ ৰূপান্তৰ কৰে।

## অনুশীলনী

**7.1** 100 Ω ৰ ৰোধক এটা 220 V, 50 Hz পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে।

(a) বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মান কিমান?

(b) এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে মুঠ কিমান ক্ষমতা ক্ষয় (consumed) হ'ব?

**7.2** (a) পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎস এটাৰ সৰ্বোচ্চ বিভৱ 300 V। বিভৱৰ গ. ব. ব. মূ. মান কিমান?

(b) পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনী এটাত প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মান 10 A। প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চ মান কিমান হ'ব?

**7.3** 44 mH ৰ আৱেশক এটা 220 V, 50 Hz উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মান নিৰ্ণয় কৰা।

**7.4** 60 μF ৰ ধাৰক এটা 110 V, 60 Hz ৰ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীটোত প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মান নিৰ্ণয় কৰা।

**7.5** 7.3 আৰু 7.4 অনুশীলনীত প্ৰতিটো বৰ্তনীৰে এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে শোষিত মুঠ ক্ষমতা কিমান হ'ব? তোমাৰ উত্তৰটো ব্যাখ্যা কৰা।

**7.6** *LCR* শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাৰ $L = 2.0\text{H}$, $C = 32\ \mu\text{F}$ আৰু $R = 10\ \Omega$ অনুনাদী কম্পনাংক $\omega_r$ উলিওৱা। এই বৰ্তনীটোৰ বাবে *Q*-ৰ মান কিমান হ'ব?

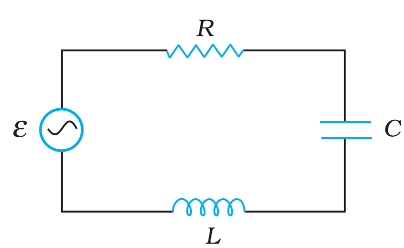
**7.7** এটা আহিত 30 μF ৰ ধাৰক 27 mH ৰ আৱেশকৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীটোৰ মুক্ত দোলনৰ কৌণিক কম্পনাংক কিমান হ'ব?

**7.8** ধৰা 7.7 অনুশীলনীত উল্লেখ কৰা ধাৰকটোৰ প্ৰাৰম্ভিক আধান 6 mC। বৰ্তনীটোত আৰম্ভণিতে জমা হোৱা মুঠ শক্তি কিমান? পিছৰ সময়খিনিত মুঠ শক্তি কিমান হ'ব?

**7.9** $R = 20\ \Omega$, $L = 1.5$ H আৰু $C = 35\ \mu\text{F}$ যুক্ত শ্ৰেণীবদ্ধ *LCR* বৰ্তনী এটা 200 V ৰ পৰিবৰ্তনশীল কম্পনাংকৰ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ উৎস এটাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। উৎসৰ কম্পনাংক যেতিয়া বৰ্তনীটোৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংকৰ সমান হয় তেতিয়া এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে বৰ্তনীটোলৈ ৰূপান্তৰিত হোৱা গড় ক্ষমতা কিমান হ'ব?

**7.10** ৰেডিঅ' এটা MW সম্প্ৰসাৰণ পটিৰ এটা অংশৰ কম্পনাংক পৰিসৰ (800 kHz ৰ পৰা 1200 kHz)ৰ বাবে টিউনিং কৰিব পাৰি। যদি ইয়াৰ *LC* বৰ্তনীটোৰ কাৰ্যকৰী আৱেশক 200 μH হয়, তেন্তে পৰিবৰ্তনশীল ধাৰকৰ পৰিসৰ কিমান হ'ব?

[ইংগিত ঃ টিউনিঙৰ বাবে স্বাভাৱিক কম্পনাংক অৰ্থাৎ *LC* বৰ্তনীটোৰ মুক্ত দোলনৰ কম্পনাংক ৰেডিঅ' তৰংগৰ কম্পনাংকৰ সমান হোৱা উচিত]




চিত্ৰ 7.21

**7.11** চিত্ৰ 7.21 ত *LCR* বৰ্তনী এটা পৰিবৰ্তনশীল কম্পনাংকৰ 230 V উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। $L = 5.0$ H, $C = 80\mu\text{F}$, $R = 40\ \Omega$।

(a) বৰ্তনীটোত অনুনাদ সৃষ্টিৰ বাবে উৎসৰ কম্পনাংক নিৰ্ণয় কৰা।

(b) বৰ্তনীটোৰ মুঠ প্ৰতিৰোধ উলিওৱা আৰু অনুনাদী কম্পনাংকত প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ উলিওৱা।

(c) বৰ্তনীটোৰ তিনিটা উপাদানৰ মাজেৰে বিভৱ পতনৰ গ. ব. ব. মূ. মান নিৰ্ণয় কৰা। দেখুওৱা যে অনুনাদী কম্পনাংকত *LC* সজ্জাৰ মাজেৰে বিভৱ পতন শূন্য।

## অতিৰিক্ত অনুশীলনী

**7.12** $LC$ বৰ্তনী এটাত 20 mH ৰ এটা আৱেশক আৰু 10 mC প্ৰাৰম্ভিক আধান বিশিষ্ট 50 μF ৰ ধাৰক এটা আছে। বৰ্তনীটোৰ ৰোধ নগণ্য। ধৰা হ'ল, বৰ্তনীটো বন্ধ ৰখা মুহূৰ্তত $t = 0$

(a) আৰম্ভণিতে জমা হোৱা মুঠ শক্তি কিমান? $LC$ দোলনৰ সময়ত ই সংৰক্ষিত হ'বনে?

(b) বৰ্তনীটোৰ স্বাভাৱিক কম্পনাংক কিমান?

(c) কিমান সময়ত জমা হোৱা শক্তি
(i) সম্পূৰ্ণভাৱে বৈদ্যুতিক (অৰ্থাৎ, ধাৰকত জমা হোৱা) (ii) সম্পূৰ্ণভাৱে চৌম্বিক (অৰ্থাৎ আৱেশকত জমা হোৱা) হ'ব?

(d) কিমান সময়ত মুঠ শক্তি আৱেশক আৰু ধাৰকৰ মাজত সমানে ভাগ হ'ব?

(e) বৰ্তনীটোত যদি ৰোধ এটা সংযোগ কৰা হয় ঘটনাক্ৰমে তাপ হিচাপে কিমান শক্তি অপচয় হ'ব?

**7.13** 240V, 50 H পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ উৎসৰ লগত 0.50 H ৰ আৱেশক কুণ্ডলী আৰু 100 Ω ৰ ৰোধ এটা সংযোগ কৰা হৈছে।

(a) কুণ্ডলীটোৰ সৰ্বোচ্চ প্ৰবাহৰ মান কিমান?

(b) বিভৱৰ আৰু প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চমানৰ বাবে সময়ৰ পাৰ্থক্য কিমান?

**7.14** বৰ্তনীটো যদি উচ্চ কম্পনাংকৰ উৎস (240 V, 10 kHz) ৰ লগত সংযোগ কৰা হয়, তেন্তে 7.13 নং অনুশীলনীৰ (a) আৰু (b) ৰ উত্তৰ দিয়া।

**7.15** 110 V, 60 Hz উৎসৰ লগত 100 μF ধাৰক আৰু 40 Ω ৰোধ এটা শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে।

(a) বৰ্তনীটোত সৰ্বোচ্চ প্ৰবাহৰ মান কিমান?

(b) প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ সৰ্বোচ্চ মানৰ বাবে সময়ৰ পাৰ্থক্য লিখা।

**7.16** যদিহে বৰ্তনীটো 110 V, 12 kHz উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হয়, 7.15 নং অনুশীলনীৰ (a) আৰু (b) ৰ উত্তৰ দিয়া।

**7.17** উৎসৰ কম্পনাংক $LCR$ শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনীৰ অনুনাদী কম্পনাংকৰ সমান্তৰালভাৱে সজালে দেখুৱা যে অনুনাদী কম্পনাংকত $LCR$ সমান্তৰাল বৰ্তনীৰ মুঠ প্ৰবাহ নিম্নতম হ'ব। এই কম্পনাংকৰ বাবে অনুশীলনী 7.11 ত উল্লেখ কৰা উৎস ব্যৱহাৰ কৰি বৰ্তনীৰ প্ৰতিটো শাখাত এই উপাদানসমূহৰ বাবে প্ৰবাহৰ গ. ব. ব. মূ. মান উলিওৱা।

**7.18** 80 mH আৱেশক আৰু 60 μF ধাৰক যুক্ত বৰ্তনী এটা 230 V, 50 Hz উৎসৰ লগত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীৰ ৰোধ নগণ্য।

(a) প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ আৰু গ. ব. ব. মূ. মান উলিওৱা।

(b) প্ৰত্যেক উপাদানৰ বিপৰীতে বিভৱ পতনৰ গ. ব. ব. মূ. মান উলিওৱা।

(c) আৱেশকলৈ ৰূপান্তৰ কৰা গড় ক্ষমতা কিমান?

(d) ধাৰকলৈ ৰূপান্তৰ কৰা গড় ক্ষমতা কিমান?

(e) বৰ্তনীটোৱে এটা সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ বাবে শোষণ কৰা মুঠ গড় ক্ষমতা কিমান?

**7.19** ধৰা, অনুশীলনী 7.18 ত থকা বৰ্তনীটোত 15 Ω ৰ এটা ৰোধ সংযোগ কৰা হৈছে। বৰ্তনীটোৰ প্ৰত্যেক উপাদানলৈ হস্তান্তৰিত হোৱা গড় ক্ষমতা আৰু মুঠ শোষিত ক্ষমতা নিৰ্ণয় কৰা।

**7.20** $L = 0.12$ H, $C = 480$ nF আৰু $R = 23\ \Omega$ যুক্ত $LCR$ শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটা 230 V ৰ পৰিবৰ্তনশীল কম্পনাংকৰ উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে।

(a) প্ৰবাহৰ বিস্তাৰৰ সৰ্বোচ্চ মানৰ বাবে উৎসৰ কম্পনাংক কিমান হ'ব? প্ৰবাহৰ বিস্তাৰৰ সৰ্বোচ্চ মান উলিওৱা।

(b) উৎসৰ কি কম্পনাংকৰ বাবে বৰ্তনীটোৱে শোষণ কৰা গড় ক্ষমতা সৰ্বোচ্চমানৰ হ'ব? সৰ্বোচ্চ ক্ষমতাৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

(c) উৎসৰ কি কম্পনাংকৰ বাবে বৰ্তনীলৈ ৰূপান্তৰ হোৱা শক্তি অনুনাদী কম্পনাংকত পোৱা শক্তিৰ আধা হ'ব?

(d) প্ৰদত্ত বৰ্তনীটোৰ বাবে $Q$ ৰ মান কিমান হ'ব?

**7.21** $L$ = 3.0 H, $C$ = 27 μF আৰু $R$ = 7.4 Ω যুক্ত $LCR$ শ্ৰেণীবদ্ধ বৰ্তনী এটাৰ অনুনাদী কম্পনাংক আৰু Q নিৰ্ণয় কৰা। অনুনাদৰ তীক্ষ্ণতাৰ আধাৰ (Full width at half maximum) সম্পূৰ্ণ ৰোধৰ পৰিমাণ 2 গুণ কমাই অনুনাদী কম্পনাংকত তীক্ষ্ণতা উন্নত কৰিবলৈ তুমি কেনে ধৰণৰ পৰামৰ্শ দিবা।

**7.22** তলত দিয়া প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া—

(a) যিকোনো পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ বৰ্তনীত প্ৰয়োগ কৰা তাৎক্ষণিক বিভৱ, বৰ্তনীটোত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থকা উপাদান সমূহৰ মাজেৰে পোৱা তাৎক্ষণিক বিভৱসমূহৰ বীজগণিতীয় যোগফলৰ সমান হ'বনে? বিভৱৰ গ. ব. ব. মূ. মানৰ বাবে ই একে ধৰণে সত্যনে?

(c) প্ৰয়োগ কৰা এক বিভৱ সংকেত ডি. চি. বিভৱ আৰু উচ্চ কম্পনাংকত এ. চি. বিভৱৰ অধ্যাৰোপনৰে গঠিত। বৰ্তনীটোত এটা আৱেশক আৰু এটা ধাৰক শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা আছে। দেখুওৱা যে C ৰ মাজেৰে ডি.চি. সংকেত আৰু L ৰ মাজেৰে এ. চি. সংকেত পোৱা যায়।

(d) এটা লেম্পৰ লগত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থকা এটা 'চচক্' কুণ্ডলী (Choke coil) ডি. চি. লাইনৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। লেম্পটো উজ্জ্বলভাৱে জ্বলি উঠা দেখা গ'ল আৰু লোক মজ্জা এটা 'চচক'ৰ লগত অন্তৰ্ভুক্ত কৰিলে লেম্পৰ পোহৰৰ উজ্জ্বলতাৰ পৰিৱৰ্তন নহয়। যদি ইয়াক এ. চি. লাইনত সংযোগ কৰা হয়, তেন্তে অনুৰূপ পৰ্যবেক্ষণ কেনে ধৰণৰ হ'ব তাৰ আভাষ দিয়া।

(e) এ. চি. মেইনৰ লগত প্ৰতিপ্ৰভা নলী ব্যৱহাৰত 'চোক' কুণ্ডলীৰ আৱশ্যকতা কি? 'চোক' কুণ্ডলীৰ পৰিবৰ্তে আমি কিয় সাধাৰণ ৰোধক ব্যৱহাৰ কৰিব নোৱাৰোঁ?

**7.23** ক্ষমতা সৰবৰাহৰ লাইন এটাই হ্ৰাসক ৰূপান্তৰক এটালৈ 2300V যোগান ধৰে। ইয়াৰ মুখ্য কুণ্ডলীত থকা পাকৰ সংখ্যা 4000। গৌণ কুণ্ডলীত পাকৰ সংখ্যা কিমান হ'ব লাগিব?

**7.24** এটা জলবিদ্যুত ক্ষমতা প্ৰকল্পত পানীৰ উচ্চতা 300 m আৰু পানীৰ সোঁত100 $m^3s^{-1}$। যদি টাৰবাইন জেনেৰেটৰৰ দক্ষতা 60% হয়, তেন্তে প্ৰকল্পটোৰ পৰা পাব পৰা বৈদ্যুতিক ক্ষমতা নিৰূপণ কৰা।

**7.25** সৰু নগৰ এখনক 220 V ত 800 kW বৈদ্যুতিক ক্ষমতাৰ আৱশ্যক। নগৰখন 440 V ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা উৎপাদন কৰা বৈদ্যুতিক প্ৰকল্পৰ পৰা 15 km দূৰত্বত অৱস্থিত। বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বহনকাৰী দুডাল তাঁৰৰ লাইনৰ ৰোধ প্ৰতি কিলোমিটাৰত 0.5 Ω। নগৰখনে 4000-220V হ্ৰাসক ৰূপান্তৰক এটাৰ মাজেৰে নগৰখনত থকা উপকেন্দ্ৰৰ পৰা যোৱা লাইনেৰে বৈদ্যুতিক ক্ষমতা পায়।

(a) তাপ শক্তি হিচাপে লাইনত অপচয় হোৱা ক্ষমতা নিৰূপণ কৰা।

(b) ক্ষমতাৰ অপচয় নগণ্য বুলি ধৰিলে প্ৰকল্পটোৱে কিমান ক্ষমতা যোগান ধৰিব লাগিব?

(c) প্ৰকল্পটোত ব্যৱহৃত বৰ্ধক ৰূপান্তৰকটোৰ বৈশিষ্ট্য কি?

**7.26** ওপৰৰ অনুশীলনীত আগৰ ৰূপান্তৰকটো 40,000-220 V হ্ৰাসক ৰূপান্তৰকৰ দ্বাৰা সলনি কৰা। (আগৰদৰে ক্ষমতাৰ অপচয় নগণ্য বুলি বিবেচনা কৰা; যদিও উচ্চ বিভৱৰ সৰবৰাহ জড়িত হোৱা বাবে এই বিবেচনা সঠিক নহয়)। সেয়েহে বিদ্যুত সৰবৰাহত উচ্চ বিভৱ সৰবৰাহক কিয় গুৰুত্ব দিয়া হয় ব্যাখ্যা কৰা।