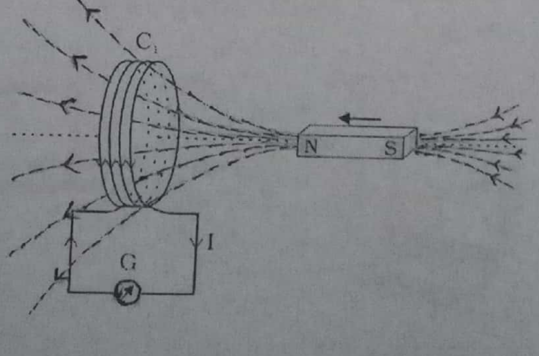
অধ্যায় : ৯ বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় আৱেশ
unit : IX (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় আৱেশ :

1820 চনত অ'ৰষ্টেডে বিদ্যুৎ প্ৰৱাহৰ দ্বাৰা চুম্বক ক্ষেত্ৰ সৃষ্টিৰ পৰিঘটনাটো আৱিষ্কাৰ কৰাৰ পাচত বিজ্ঞানীসকলে চুম্বক ক্ষেত্ৰ এখনেও বিদ্যুৎ প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি কৰিব পাৰে নেকি তাৰ সম্বন্ধে পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা চলাইছিল। 1831 চনত মাইকেল ফেৰাডে (MICHEL FARADAY) আৰু জোচেফ হেনৰিয়ে (JOSEPH HENRY) চুম্বকৰ দ্বাৰা বিদ্যুৎ উৎপাদনৰ কৌশল বা নীতি আৱিষ্কাৰ কৰে। অৱশ্যে বিদ্যুত-চুম্বকীয় আৱেশৰ আৱিষ্কাৰৰ কৃতিত্ব ফেৰাডেক হে দিয়া হয়। যেতিয়া কোনো বদ্ধ বৰ্তনী বা কুণ্ডলীৰ মাজেৰে চুম্বকীয় বলৰেখাৰ পৰিবৰ্তন ঘটে, বৰ্তনীটোত বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ চালিত হয়। এই পৰিঘটনাক বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আৱেশ (ELECTROMAGNETIC INDUCTION) বোলা হয়। এইদৰে কুণ্ডলীত যি প্ৰৱাহ চালিত হয় তাক আৱিষ্ট প্ৰৱাহ (INDUCED CURRENT) আৰু সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলক আৱিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বল (INDUCED emf) বোলে (চিত্ৰ ৭.১)

চিত্ৰ ৭.১

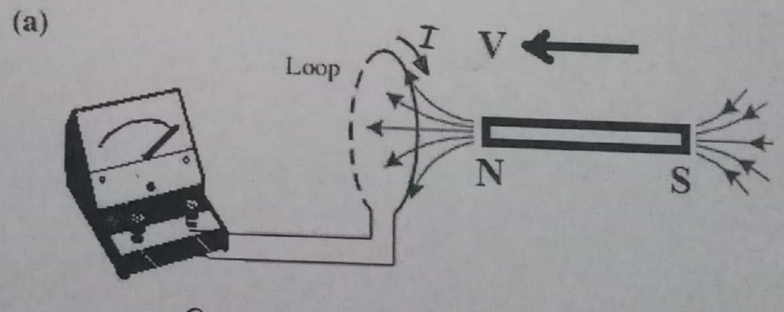


Scanned by CamScanner

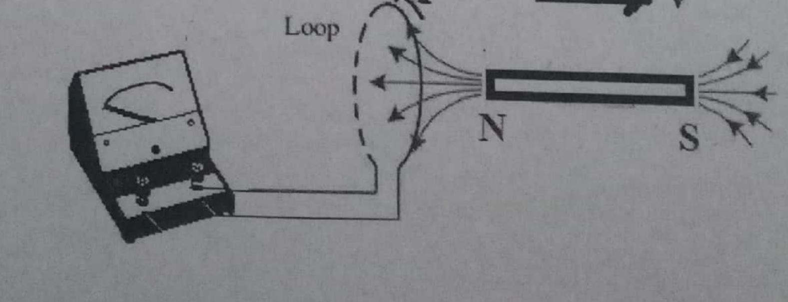
৭.1 ফেৰাডেৰ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আৱেশ সম্বন্ধীয় পৰীক্ষা ঃ
(FARADAY'S EXPERIMENT)

1831 চনত বিজ্ঞানী ফেৰাডে লক্ষ্য কৰিছিল যে কোনো কুণ্ডলী বা বন্ধ বৰ্তনীৰ ওচৰলৈ চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুটো আনিলে কুণ্ডলীটোৰ মাজেৰে বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ চালিত হয় (চিত্ৰ ৭.২(a)) চুম্বকটো আঁতৰাই নিলে কিন্তু প্ৰৱাহ বিপৰীত দিশত চালিত হয় (চিত্ৰ ৭.২ (b))

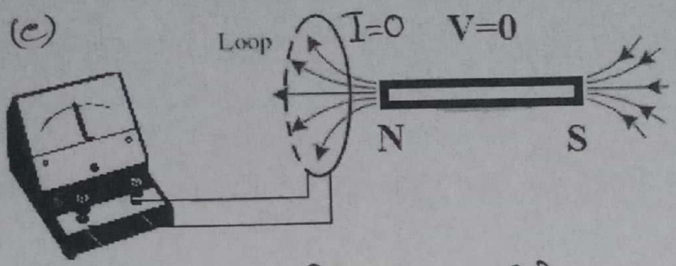
আকৌ চুম্বকৰ দক্ষিণমেৰুটোলৈ পৰীক্ষা কৰিলে প্ৰৱাহৰ দিশ, উত্তৰমেৰুৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা প্ৰৱাহৰ বিপৰীত দিশত হয়। এই প্ৰৱাহ কুণ্ডলী আৰু চুম্বকৰ মাজত আপেক্ষিক গতি থকা অৱস্থাতহে কেৱল পোৱা যায়। এতিয়া চুম্বকটো স্থিৰে ৰাখি কুণ্ডলী বা বৰ্তনীটো আগ-পিচ কৰিলেও একে ফলেই পৰিলক্ষিত হয়।



চিত্ৰ ৭.২(a)



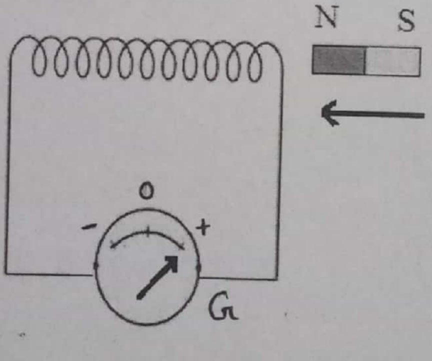
চিত্ৰ ৭.২(b)



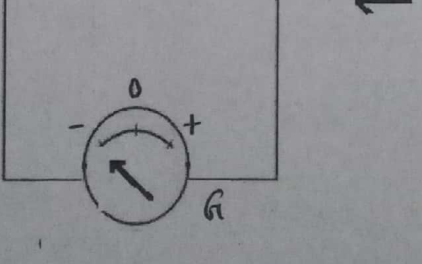
চিত্ৰ ৭.২(c)

চিত্ৰ ৭.২ (c) দেখুওৱা হৈছে যে যেতিয়া কুণ্ডলী আৰু চুম্বকৰ মাজত আপেক্ষিক বেগ নাথাকে, তেতিয়া কুণ্ডলীত কোনো প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি নহয়।

যেতিয়া কুণ্ডলী আৰু চুম্বকৰ মাজৰ আপেক্ষিক বেগ বেছি হয় তেতিয়া প্ৰৱাহ বা আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বলৰ মান বেছি হয় (চিত্ৰ ৭.৩(a)) আৰু আপেক্ষিক বেগ কমিলে প্ৰৱাহ বা বিদ্যুত চালক বলৰ মান হ্ৰাস পায় (চিত্ৰ ৭.৩(b)) বৰ্তনীৰ গেলভেনমিটাৰ (G)ৰ বিক্ষেপনে এই কথা সূচাইছে।



চিত্ৰ ৭.৩(a)



চিত্ৰ ৭.৩(b)

Scanned by CamScanner

৭.২ চুম্বকীয় অভিবাহ বা ফ্লাক্স (MAGNETIC FLUX)

B আবেশৰ সুষম চুম্বক ক্ষেত্ৰ এখনৰ লম্ব দিশত A ক্ষেত্ৰফলৰ সমতল পৃষ্ঠ এখন কল্পনা কৰা হৈছে। (চিত্ৰ ৭.৪)

A ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা চুম্বকীয় ফ্লাক্স হ'ল,

$$\phi = BA$$

যদি B, পৃষ্ঠৰ লম্বৰ দিশত নাথাকে, তেন্তে,

$$\phi = AB\cos\theta = \vec{A}.\vec{B}$$

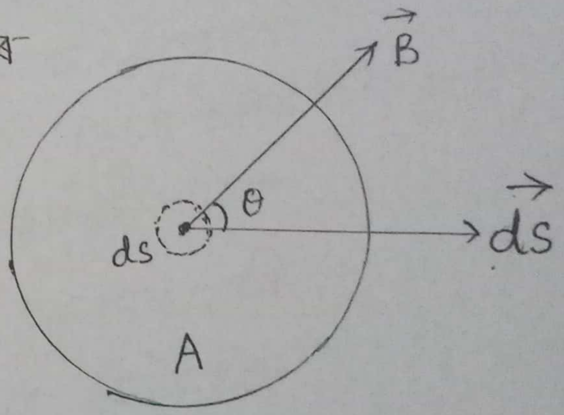
ইয়াত θ হৈছে $\vec{B}$ এ A পৃষ্ঠৰ অভিলম্বৰ লগত কৰা কোণ।

যি কোনো পৰিবৰ্তনশীল ক্ষেত্ৰফল ds ৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স,

$$d\phi = \vec{B}.\vec{ds}$$

গতিকে মুঠ ক্ষেত্ৰফল S ৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স,

$$\phi = \int_S \vec{B}.\vec{ds}$$



চিত্ৰ ৭.৪

<u>সংজ্ঞা</u>: কোনো পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে পাৰ হোৱা চুম্বকীয় বলৰেখাৰ পৰিমাণে হ'ল চুম্বকীয় ফ্লাক্স বোলে।

অভিবাহৰ S.I একক ৱেবাৰ (WEBER) আৰু C.G.S একক মেক্সৱেল (MAXWELL).

$$1 \text{ ৱেবাৰ} = 10^8 \text{ মেক্সৱেল}$$

Scanned by CamScanner

7.3 ফেৰাডেৰ সূত্ৰ (FARADAY'S LAW)

চুম্বকৰ মেৰু এটা কুণ্ডলীৰ ওচৰলৈ নিলে বেছি সংখ্যক বলৰেখা কুণ্ডলীৰ ভিতৰত সোমায় আৰু মেৰুটো আঁতৰাই নিলে এই বলৰেখাৰ সংখ্যা কমে। এইদৰে দুয়ো ক্ষেত্ৰত ঘটা বলৰেখাৰ পৰিবৰ্তনেই হৈছে আৱিষ্ট প্ৰবাহৰ মূল কাৰণ। বলৰেখাৰ সংখ্যাৰ বৃদ্ধিৰ বাবে কুণ্ডলীত প্ৰবাহ যি দিশত চালিত হয়, হ্ৰাস পালে তাৰ বিপৰীত দিশত চালিত হয়।

আকৌ, চুম্বক আৰু কুণ্ডলীৰ মাজৰ আপেক্ষিক গতিৰ পৰিবৰ্তনৰ বাবে কুণ্ডলীৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা বলৰেখাৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ কম বেছি হয়। বলৰেখাৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ বেছি হ'লে, আৱিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলৰ মান বাঢ়ে, আনহাতে বলৰেখাৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ কম হ'লে, বিদ্যুৎ চালক বলৰ মান কমে।

গতিকে ফেৰাডেৰ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আৱেশৰ সূত্ৰটো, দুটা সূত্ৰ হিচাপে লিখিব পাৰি —

(i) কোনো কুণ্ডলী বা বদ্ধ বৰ্তনীৰ লগত জড়িত বলৰেখাৰ সংখ্যাৰ পৰিবৰ্তন হ'লে তাত আৱিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলৰ সৃষ্টি হয়। ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তন ঘটি থকা সময়লৈকে এই আৱিষ্ট-

Scanned by CamScanner

বিদ্যুৎ চালক বল পোৱা যায়।

(ii) আবিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বল (INDUCED ELECTROMOTIVE FORCE) ৰ মান কুণ্ডলীৰ লগত জড়িত বলৰেখাৰ সংখ্যাৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰৰ সমানুপাতিক। অৰ্থাৎ,

আবিষ্ট e.m.f, $e \propto \left(\frac{d\phi}{dt}\right)$ .... (9.1)

বা $e = K\frac{d\phi}{dt}$

$$e = \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{S.I এককত}, K=1)$$

কুণ্ডলীত আবিষ্ট প্ৰৱাহ হ'ব,

$$I = \frac{e}{R} \quad (R \rightarrow \text{কুণ্ডলীৰ ৰোধ})$$

$$= \frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}$$

কুণ্ডলীৰ মাজেৰে প্ৰৱাহিত আধান

$$q = \int_0^t I\,dt = \frac{1}{R}\int_0^\phi \frac{d\phi}{dt}\,dt$$

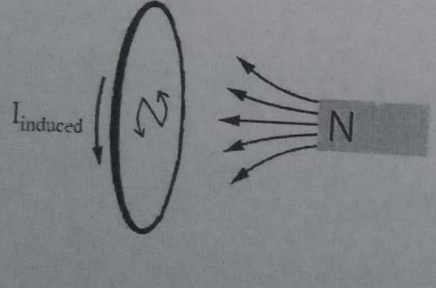
$$= \frac{\phi}{R} = \frac{\text{জড়িত মুঠ ফ্লাক্স}}{\text{কুণ্ডলীৰ ৰোধ}}$$

Scanned by CamScanner

৭.৫ লেঞ্জৰ সূত্ৰ (LENZ'S LAW):

শক্তিৰ সংৰক্ষণ নীতিৰে লেঞ্জৰ সূত্ৰৰ সহায়ত আবিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। এই সূত্ৰমতে - বৰ্তনীত চুম্বক ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা আবিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলৰ দিশ এনেকুৱা যে ই আৱেশৰ মূল কাৰণৰ বিৰোধিতা কৰে। এই সূত্ৰটোৱে শক্তিৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰটো মানি চলে আৰু বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আৱেশ পৰিঘটনাত যান্ত্ৰিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ হয়।

কোনো চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুটো কুণ্ডলী এটাৰ ওচৰলৈ আনিলে লেঞ্জৰ সূত্ৰমতে কুণ্ডলীত উত্তৰ মেৰুৰ সৃষ্টি হ'ব যাতে ই চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুক বিকৰ্ষণ কৰিব পাৰে। অৰ্থাৎ আবিষ্ট প্ৰৱাহৰ দিশ এনেকুৱা হ'ব লাগিব যাতে কুণ্ডলীটোৱে চুম্বকৰ ওচৰত উত্তৰ মেৰুৰ সৃষ্টি কৰে। গতিকে চুম্বকৰ দিশৰ পৰা চালে কুণ্ডলীত এই প্ৰৱাহৰ দিশ ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীত দিশত হ'ব। (চিত্ৰ ৭.5).



চিত্ৰ ৭.5

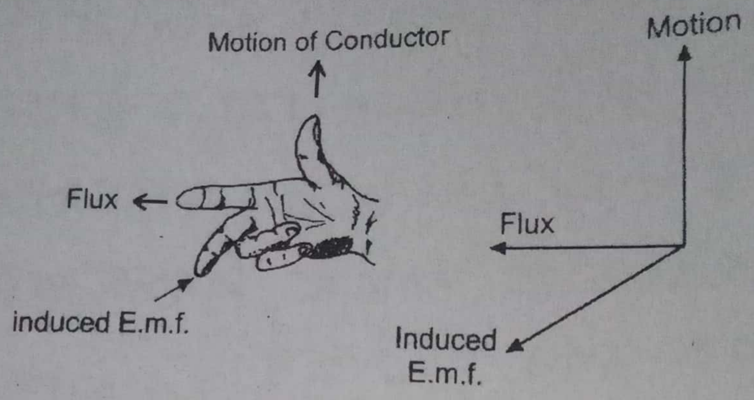
Scanned by CamScanner

চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰু আৰু কুণ্ডলীৰ উত্তৰ মেৰুৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। গতিকে চুম্বকডাল কুণ্ডলীৰ ওচৰলৈ নিবলৈ এই বিকৰ্ষণ বলৰ বিপৰীতে কাৰ্য্য কৰিবলগীয়া হয় ফলত যান্ত্ৰিক শক্তিৰ ক্ষয় হয়। এইদৰে ক্ষয় হোৱা শক্তি খিনি বৈদ্যুতিক শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হৈ আৱিষ্ট বিদ্যুত প্ৰৱাহ বা বিদ্যুত চালক বলৰ সৃষ্টি হয়।

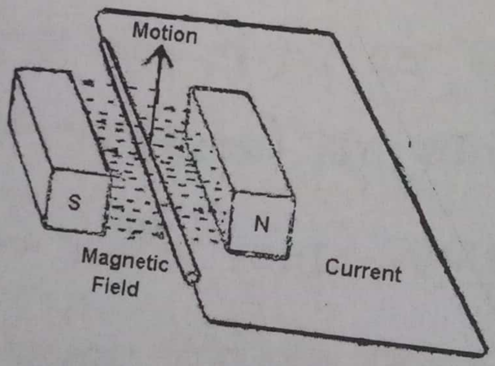
9.5 ফ্লেমিঙৰ সোঁহাতৰ নিয়মৰ সহায়ত আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বল বা প্ৰৱাহৰ দিশ নিৰ্ণয় (FLEMING'S RIGHT HAND RULE TO FIND THE DIRECTION OF INDUCED emf) :

বিদ্যুত চুম্বকীয় আৱেশ ক্ৰিয়াত সৃষ্টি হোৱা আৱিষ্ট প্ৰৱাহ বা বিদ্যুত চালক বল (emf) ৰ দিশ ফ্লেমিঙৰ সোঁহতীয়া নীতিৰ সহায়ত নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। এই নীতি মতে সোঁহাতৰ বুঢ়া, প্ৰথমা আৰু মধ্যমা, এই আঙুলি তিনিটা পৰস্পৰ লম্বভাৱে থকাকৈ মেলি ধৰিলে যদি বুঢ়া আৰু প্ৰথমা আঙুলি দুটাই ক্ৰমে পৰিবাহীৰ গতিৰ দিশ আৰু চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে তেন্তে মধ্যমা আঙুলিটোৱে আৱিষ্ট বিদ্যুত প্ৰৱাহৰ দিশ সূচায় (চিত্ৰ 9.6 (a), (b))। এই নীতি প্ৰযোজ্য হয় যেতিয়া পৰিবাহীটোৱে চুম্বকক্ষেত্ৰৰ দিশৰ লম্ব দিশত গতি কৰে।

Scanned by CamScanner



চিত্র 9.6 (a)



চিত্র 9.6 (b)

Scanned by CamScanner

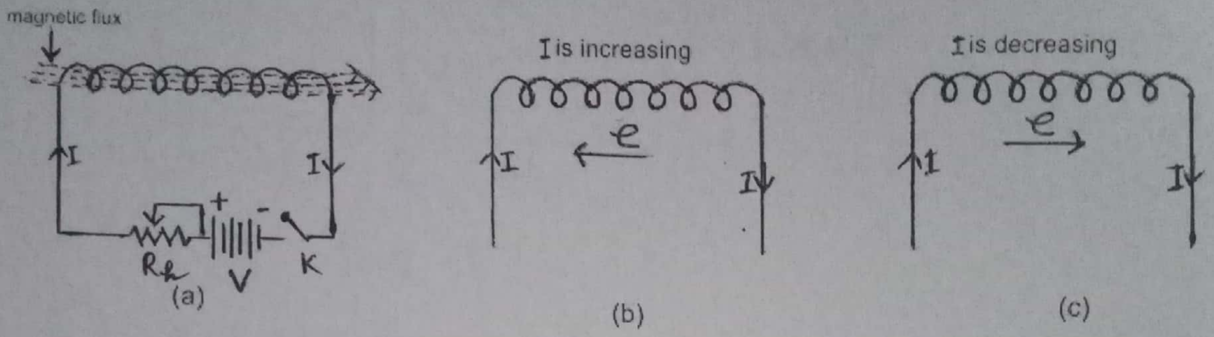
৭.৭ স্বয়মাবেশ (SELF-INDUCTION) ঃ

কোনো কুণ্ডলীৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ চালিত হ'লে ইয়াৰ মাজেৰে চুম্বকীয় ফ্লাক্স পাৰ হয় (চিত্ৰ ৭.10 (a))। প্ৰৱাহৰ মান পৰিবৰ্তন হ'লে, চুম্বকীয় ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ বাবে কুণ্ডলীত আবিষ্ট e.m.f সৃষ্টি হয়। এই emf এ প্ৰৱাহৰ পৰিবৰ্তনক বাধা দিব বিচাৰে বাবে ইয়াক বিপৰীত বা পশ্চাৎমুখী (BACK emf) বিদ্যুৎ চালক বল বোলা হয়। এইদৰে আবিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বল সৃষ্টি হোৱা পৰিঘটনাটোক স্বয়মাবেশ (SELF-INDUCTION) বোলে। 1832 চনত যোচেফ হেনৰিয়ে এই পৰিঘটনা আবিষ্কাৰ কৰে।

কুণ্ডলী বা বৰ্তনীত প্ৰৱাহ বৃদ্ধি হ'লে, ঋণাত্মক আবিষ্ট emf উৎপন্ন হয়, অৰ্থাৎ, আবিষ্ট প্ৰৱাহ মূল প্ৰৱাহৰ বিপৰীত দিশত চালিত হয়, চিত্ৰ ৭.[illegible] বৰ্তনীত প্ৰৱাহ হ্ৰাস হ'লে, ধনাত্মক আবিষ্ট emf উৎপ[illegible] হয়, অৰ্থাৎ আবিষ্ট প্ৰৱাহ মূল প্ৰৱাহৰ দিশত চালি[illegible] হয়, চিত্ৰ ৭.10(c)। প্ৰথম ক্ষেত্ৰত আবিষ্ট প্ৰৱাহে বৰ্তনীত প্ৰৱাহ ব[illegible]

Scanned by CamScanner

প্ৰৱাহক বাধা দিয়ে আৰু দ্বিতীয় ক্ষেত্ৰত প্ৰৱাহ হ্ৰাস প্ৰৱাহক বাধা দিয়ে।



চিত্ৰ 7.10

7.10 স্বয়ংআৱেশ গুণাংক (CO-EFFICIENT OF SELF INDUCTION)

আমি জানো যে কুণ্ডলীত জড়িত চুম্বক ফ্লাক্সৰ মান কুণ্ডলীত প্ৰৱাহিত প্ৰৱাহৰ সমানুপাতিক।

$$\phi \propto I \quad \therefore \phi = LI \text{ ------ } (7.2)$$

কুণ্ডলীৰ পাক সংখ্যা N হলে, মুঠ ফ্লাক্স $= N\phi$, $\therefore N\phi = LI$

ইয়াত L এটা ধ্ৰুৱক যাৰ মান কুণ্ডলীটোৰ আকাৰ, গঠন আদিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। Lক কুণ্ডলীটোৰ স্বয়ংআৱেশ গুণাংক বা স্বয়ংআৱেশ বোলে।

ফেৰাডেৰ সূত্ৰমতে, আৱিষ্ট বিদ্যুৎচালক বল,

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \text{ ---------- } (7.3)$$

$$\therefore L = -\frac{e}{\left(\frac{dI}{dt}\right)} = -e\left(\frac{dt}{dI}\right)$$

Scanned by CamScanner

স্বয়মাৱেশ গুণাংকৰ সংজ্ঞা দুই ধৰণে দিব পাৰি—

(i) যদি $I = 1$ হয়, তেন্তে $L = \phi$,

অৰ্থাৎ, কোনো কুণ্ডলীৰ মাজেৰে একক প্ৰৱাহ চালিত হ'লে কুণ্ডলীত সৃষ্টি হোৱা চুম্বক ফ্লাক্সক কুণ্ডলীটোৰ স্বয়মাৱেশ গুণাংক বোলে।

(ii) যদি $\frac{dI}{dt} = 1$ হয়, তেন্তে $e = L$

অৰ্থাৎ, কোনো কুণ্ডলীৰ মাজেৰে প্ৰৱাহৰ পৰিৱৰ্তনৰ হাৰ একক হ'লে কুণ্ডলীত আৱিষ্ট emf এ হ'ল কুণ্ডলীৰ স্বয়মাৱেশ গুণাংক।

L ৰ একক: স্বয়মাৱেশকৰ S.I একক হ'ল হেনৰি (HENRY)। কোনো কুণ্ডলীৰ মাজেৰে চালিত প্ৰৱাহৰ পৰিৱৰ্তনৰ হাৰ 1 এম্পিয়াৰ প্ৰতি ছেকেণ্ড আৰু আৱিষ্ট বিদ্যুৎ চালক বলৰ মান 1 ভল্ট হ'লে, কুণ্ডলীটোৰ আৱেশকক 1 হেনৰি বোলে।

$$1\,H = \frac{1\ \text{ভল্ট}}{1\ \text{এম্পিয়াৰ}/\text{ছেকেণ্ড}}$$

হেনৰিৰ উপৰিও স্বয়মাৱেশৰ প্ৰায়ে ব্যৱহাৰ হোৱা অন্য একক হ'ল, মিলি হেনৰি (mH) আৰু মাইক্ৰ' হেনৰি (μH)

$$1\,mH = 10^{-3}\,H$$

$$1\,\mu H = 10^{-6}\,H$$

L ৰ মাত্ৰা: $[L] = \frac{e}{\left(\frac{dI}{dt}\right)} = \frac{[ML^2T^{-3}A^{-1}]}{[A^1T^{-1}]} = [M^1L^2T^{-2}A^{-2}]$

Scanned by CamScanner

স্বয়ংআৱেশ গুণাংক নিৰ্ভৰ কৰা কাৰক সমূহ হৈছে,

(i) কুণ্ডলীৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি
(ii) কুণ্ডলীৰ পাক সংখ্যা আৰু
(iii) কুণ্ডলীৰ ভিতৰত থকা পদাৰ্থৰ প্ৰকৃতি।

9.11 চলেনয়ড বা বিস্তৃত কুণ্ডলীৰ স্বয়ংআৱেশ গুণাংক (SELF INDUCTANCE OF SOLENOID)

ধৰা হ'ল কোনো এটা বিস্তৃত কুণ্ডলীৰ l দৈৰ্ঘ্যত মুঠ N সংখ্যক পাক আছে আৰু ইয়াৰ মাজেৰে I প্ৰৱাহ চালিত হৈছে। যদি কুণ্ডলীৰ প্ৰস্থচ্ছেদ A হয়, তেন্তে কুণ্ডলীৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা মুঠ চুম্বকীয় ফ্লাক্স, আৰু চলেনয়ডৰ অন্তৰ কোনো বিন্দুত চুম্বক ক্ষেত্ৰ B ৰ সম্পৰ্ক,

$$\phi = \int_S \vec{B}\cdot\vec{ds} = BNA = \left(\mu_0 \frac{N}{l} I\right) NA$$

$$= \mu_0 \frac{N^2 A I}{l} \quad \text{---------------} \quad (9.4)$$

সমীকৰণ (9.2) আৰু (9.4) তুলনা কৰি পাওঁ,

$$L = \mu_0 A \frac{N^2}{l} \quad \text{-----------} \quad (9.5)$$

কুণ্ডলীৰ একক দৈৰ্ঘ্যত থকা পাকৰ সংখ্যা $n = \frac{N}{l}$ হ'লে

$$L = \mu_0 A n N \quad \text{----------} \quad (9.6)$$

Scanned by CamScanner

যদি কুণ্ডলীৰ মজ্জাত (CORE) μ_r প্ৰৱেশ্যতাৰ লৌহ চুম্বকীয় পদাৰ্থ থাকিলে,

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 A}{l} \quad \text{.........} (9.7)$$

বা $$L = \mu_0 \mu_r n N A \quad \text{......} (9.8)$$

ছলেনয়ডৰ স্বয়মাৱেশ নিৰ্ভৰ কৰা কাৰক সমূহ হ'ল

(i) কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰফল A, গতিকে ক্ষেত্ৰফল বাঢ়িলে স্বয়মাৱেশ গুণাংক L ৰ মান বাঢ়ে।

(ii) কুণ্ডলীৰ পাক সংখ্যা N, কুণ্ডলীৰ পাক সংখ্যা বাঢ়িলে L ৰ মান বাঢ়ে।

(iii) মজ্জাৰ আপেক্ষিক প্ৰৱেশ্যতা μ_r, পদাৰ্থবিধৰ প্ৰৱেশ্যতা বৃদ্ধি হ'লে L ৰ মান বাঢ়ে।

9.12 আৱেশকত সঞ্চিত শক্তি (ENERGY STORED IN AN INDUCTOR)

আৱেশকৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ বৃদ্ধি হ'লে তাত সৃষ্টি হোৱা আবিষ্ট emf (BACK emf) এ প্ৰৱাহ বৃদ্ধি হোৱাত বাধা দিয়ে। গতিকে প্ৰৱাহ বৃদ্ধি কৰিবলৈ বাহ্যিক emf বা উৎসই আবিষ্ট emf ৰ বিপৰীতে কাৰ্য্য কৰিব লগীয়া হয় আৰু এই কাৰ্য্যখিনি আৱেশক (কুণ্ডলী)ত চুম্বক শক্তি ৰূপে সঞ্চিত হয়।

Scanned by CamScanner

ধৰা হ'ল, বৰ্তনীত সৃষ্টি হোৱা আবিষ্ট emf ৰ মান e, গতিকে বৰ্তনীত একক আধান এটা আবিষ্ট e.m.f ৰ বিপৰীতে এপাক ঘূৰাবলৈ কৰা কাৰ্য্য $-e$. আৰু একক সময়ত বৰ্তনীৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা আধান হৈছে I. গতিকে একক সময়ত উৎস বা বাহ্যিক emf এ কৰা মুঠ কাৰ্য্য,

$$\frac{dw}{dt} = -eI \quad \text{-------------} \quad (9.9)$$

সমীকৰণ (9.3) ৰ পৰা পাওঁ, $e = -L\frac{dI}{dt}$

$$\therefore \frac{dw}{dt} = LI\frac{dI}{dt}$$

$$\Rightarrow dw = LI\,dI$$

প্ৰৱাহ শূন্য (0) ৰ পৰা I_0 লৈ বৃদ্ধি কৰোতে সম্পাদন কৰা মুঠ কাৰ্য্য,

$$W = \int_0^{I_0} LI\,dI = \frac{1}{2}LI_0^2 \quad \text{-----} \quad (9.10)$$

অৰ্থাৎ, আৱেশকত জমা হোৱা চুম্বক শক্তি, $U = \frac{1}{2}LI_0^2$

যদি, $I_0 = 1$ হয়, তেন্তে, $L = 2W$, অৰ্থাৎ বৰ্তনীত একক প্ৰৱাহ স্থাপন কৰা সময়ত কৰা কাৰ্য্য স্বয়ংআৱেশকৰ দুগুণ।

9.13 চুম্বকীয় শক্তি ঘনত্ব (MAGNETIC ENERGY DENSITY):

কুণ্ডলীৰ একক আয়তনত থকা চুম্বকীয় শক্তিৰ পৰিমাণক চুম্বকীয় শক্তি ঘনত্ব বোলে।

চলেনয়ড বা বিস্তৃত কুণ্ডলী এটাৰ মাজেৰে I_0 প্ৰৱাহ চালিত হ'লে, চলেনয়ডৰ অক্ষৰ কোনো বিন্দুত

Scanned by CamScanner

চুম্বক ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্য

$$B = \mu_0 \frac{N I_0}{l} \quad \text{------------} (9.11)$$

চলেনয়ডৰ স্বয়ংআৱেশ গুণাংক,

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{l} \quad \text{-------} (9.12)$$

আৱেশকত জমা হোৱা চুম্বকীয় শক্তি, $U = \frac{1}{2} L I_0^2$ ---- (9.13)

সমীকৰণ (9.11) আৰু (9.12)ৰ পৰা I_0 আৰু Lৰ মান (9.13)ত বহুৱাই পাওঁ,

$$\therefore U = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu_0 N^2 A}{l}\right)\left(\frac{B l}{\mu_0 N}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{B^2}{\mu_0}\right)(A l)$$

$$= \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} V$$

ইয়াত, $V = A l$ = চলেনয়ডৰ অন্তৰ্ভাগৰ আয়তন।

গতিকে চলেনয়ডৰ ভিতৰত প্ৰতি একক আয়তনত সঞ্চিত চুম্বকীয় শক্তি বা শক্তি ঘনত্ব হ'ব, $U_d = \frac{U}{V}$

$$\therefore \text{ শক্তি ঘনত্ব, } U_d = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \quad \text{----} (9.14)$$

যদি চলেনয়ডৰ অন্তৰ্ভাগত বায়ু সলনি অন্য পদাৰ্থ

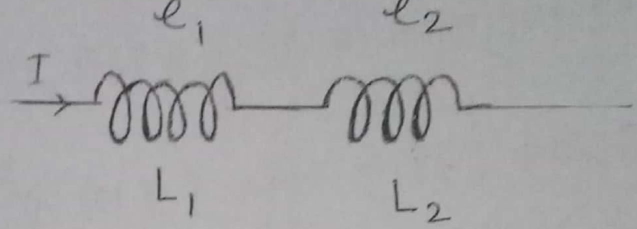
Scanned by CamScanner

থাকে, তেন্তে, শক্তি ঘনত্ব $U_d = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0 \mu_r}$

৭.১৪ আৱেশকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ আৰু সমান্তৰাল সজ্জা
(INDUCTANCES IN SERIES AND PARALLEL)

(i) আৱেশকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জা ঃ

চিত্ৰ: ৭.১১ (ক)



ধৰা হ'ল L_1 আৰু L_2 আৱেশক কুণ্ডলী দুটা শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে। শ্ৰেণীবদ্ধ সংযোগত থাকিলে দুয়োটাৰে মাজেৰে প্ৰবাহ বৃদ্ধি বা হ্ৰাসৰ হাৰ একে হ'ব। কুণ্ডলী দুটাত আৱিষ্ট emf ক্ৰমে e_1 আৰু e_2 হ'লে, মুঠ কাৰ্যকৰী emf হ'ব,

$$e = e_1 + e_2$$

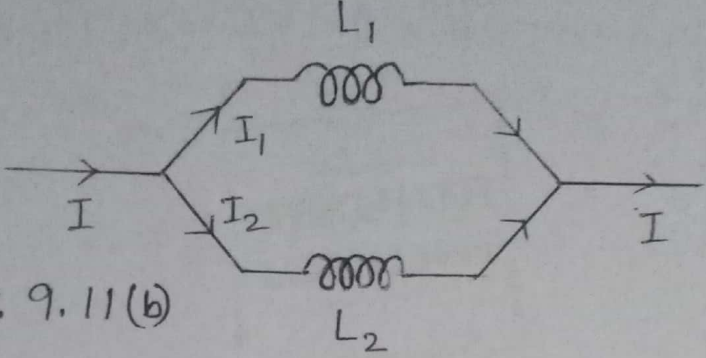
সমতুল্য আৱেশকৰ মান L হ'লে,

$$-L\frac{dI}{dt} = -L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt}$$

$$\therefore L = L_1 + L_2 \quad \text{------} \quad (৭.15)$$

Scanned by CamScanner

(ii) আৱেশকৰ সমান্তৰাল সজ্জা:



চিত্ৰ: 9.11(b)

সমান্তৰাল সংযোগত থকা L_1 আৰু L_2 আৱেশক দুটাৰ দুই মূৰৰ বিভৱ সমান, কিন্তু প্ৰবাহ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ বেলেগ।

মুঠ প্ৰবাহ, $I = I_1 + I_2$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI_1}{dt} + \frac{dI_2}{dt}$$

$$\Rightarrow -\frac{e}{L} = -\frac{e}{L_1} + \left(-\frac{e}{L_2}\right)$$

ইয়াত L সমতুল্য আৱেশকৰ মান

e আৱিষ্ট emf

$$\therefore \frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad ------ (9.16)$$

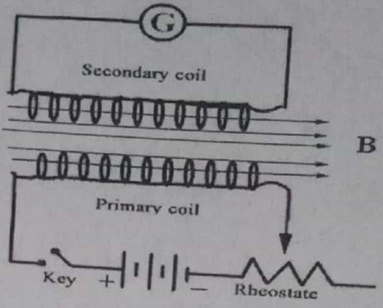
9.15 পাৰস্পৰিক আৱেশ বা প্ৰতিআৱেশ (MUTUAL INDUCTION)

কোনো এটা কুণ্ডলী বা চলেনয়ডত পৰিবৰ্তন প্ৰৱাহ চলাৰ দ্বাৰা ওচৰত থকা আন এটা কুণ্ডলী বা চলেনয়ডত জড়িত হৈ আৱিষ্ট emf ৰ সৃষ্টি হয়। এই পৰিঘটনাটোক পাৰস্পৰিক আৱেশ বা প্ৰতিআৱেশ বোলে।

Scanned by CamScanner

চিত্ৰ ৭.12ত দুটা ওচৰা-ওচৰিকৈ থকা কুণ্ডলীৰ এটাত বেটেৰী আৰু আনটোত এটা গেলভেনমিটাৰ সংযোগ কৰা হৈছে।

চিত্ৰ ৭.12



ইয়াৰ প্ৰথম কুণ্ডলী য'ত বেটেৰী সংযোগ কৰা হৈছে, তাক মুখ্য কুণ্ডলী (PRIMARY COIL) বোলে। এই কুণ্ডলীত প্ৰবাহৰ হ্ৰাস-বৃদ্ধি হ'লে ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ বাবে গৌণ কুণ্ডলীত (SECONDARY COIL) এটা আবিষ্ট emf সৃষ্টি হয়। গৌণ কুণ্ডলীত সংযোগ থকা গেলভেনমিটাৰ (G)ৰ বিক্ষেপনে এই emf সৃষ্টিৰ উমান দিয়ে।

৭.16 পাৰস্পৰিক আবেশ গুণাংক (CO-EFFICIENT OF MUTUAL INDUCTION)

গৌণ কুণ্ডলীত জড়িত চুম্বক ফ্লাক্স (ϕ_s), মুখ্য কুণ্ডলীত প্ৰবাহিত প্ৰবাহ (I_p)ৰ সমানুপাতিক, গতিকে,

$$\phi_s = MI_p \quad \text{------------} \quad (৭.17)$$

ইয়াত M কুণ্ডলী দুটাৰ গঠন, সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্ব আৰু আপেক্ষিক অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল।

Scanned by CamScanner

ইয়াক কুণ্ডলী দুটাৰ পাৰস্পৰিক বা প্ৰত্যাৱেশ গুণাংক বোলে।

আকৌ, গৌণ কুণ্ডলীত আহিষ্ট emf

$$e_s = -\frac{d\phi_s}{dt} = -M\frac{dI_p}{dt}$$

$$\therefore M = \frac{e_s}{-\left(\frac{dI_p}{dt}\right)} \quad \text{-------------} (7.18)$$

দেখা যায় যে M ৰ প্ৰকাশ ৰাশি দুটা। গতিকে ইয়াৰ সংজ্ঞাও দুই ধৰণে দিব পাৰি—

(i) মুখ্য কুণ্ডলীৰ একক প্ৰবাহ $(I_p = 1)$ ৰ বাবে গৌণ কুণ্ডলীত যি পৰিমাণৰ চুম্বক ফ্লাক্স জড়িত হয় তাক কুণ্ডলী দুটাৰ পাৰস্পৰিক আৱেশ গুণাংক বোলে।

(ii) মুখ্য কুণ্ডলীত প্ৰবাহ পৰিৱৰ্তনৰ হাৰ একক হ'লে $\left(\frac{dI_p}{dt} = 1\right)$ গৌণ কুণ্ডলীত সৃষ্টি হোৱা আহিষ্ট emf হৈছে কুণ্ডলীদুটাৰ পাৰস্পৰিক আৱেশ গুণাংক বোলে।

M ৰ SI একক ৱেবাৰ/এম্পিয়াৰ বা ভোল্ট চেকেণ্ড/এম্পিয়াৰ আৰু ইয়াক চমুকৈ হেনৰি (H- HENRY) বোলা হয়।

প্ৰত্যাৱেশ বা পাৰস্পৰিক গুণাংক নিৰ্ভৰ কৰা কাৰক সমূহ হৈছে—

(i) কুণ্ডলী দুটাৰ আকৃতি আৰু অৱস্থিতি।

(ii) প্ৰতিটো কুণ্ডলীত থকা মুঠ পাকৰ সংখ্যা আৰু

(iii) কুণ্ডলী দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব।

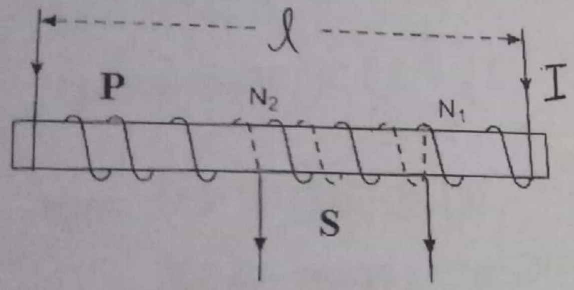
Scanned by CamScanner

9.17 দুডাল দীঘল চলেনয়ডৰ পাৰস্পৰিক আৱেশ গুণাংক (MUTUAL INDUCTANCE OF TWO LONG SOLENOIDS)

ধৰা হ'ল, মুখ্য (P) আৰু গৌণ (S) কুণ্ডলী দুটাৰ স্বয়ম্ আৱেশ গুণাংক ক্ৰমে L_1 আৰু L_2। দুয়োটা কুণ্ডলীৰ পাক সংখ্যা ক্ৰমে N_1 আৰু N_2। কুণ্ডলী দুটাৰ দি...

(A) একে বুলি ধৰা হ'ল।

প্ৰৱাহ চালিত হয়, তেন্তে চুম্বক ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্য,



চিত্ৰ 9.13

মুঠ ফ্লাক্স হ'ব;

$$\phi_s = BAN_2 = \mu_0 \frac{N_1 N_2 I}{l} A$$

গৌণ কুণ্ডলীত আবিষ্ট emf,

$$e = -\frac{d\phi_s}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[\mu_0 \frac{N_1 N_2}{l} IA\right]$$

$$= -\mu_0 \frac{N_1 N_2}{l} A \frac{dI}{dt}$$

আকৌ, $e = -M\frac{dI}{dt}$ ৰ লগত তুলনা কৰিলে পাওঁ,

$$M = \mu_0 \frac{N_1 N_2}{l} A$$

বা $M = \mu_0 \mu_r \frac{N_1 N_2}{l} A$ (কুণ্ডলীৰ ভিতৰত কোনো

দুডাল চলেনয়ডৰ প্ৰত্যাৱেশ গুণাংক নিৰ্ভৰ কৰা কাৰক সমূহ হ'ল

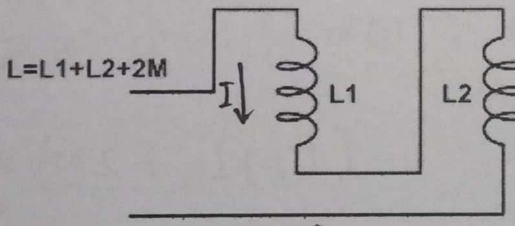
(i) মুখ্য আৰু গৌণ কুণ্ডলী থকা তাঁৰৰ পাক সংখ্যা

(ii) কুণ্ডলীৰ ভিতৰত (মজ্জাত) থকা পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক প্ৰৱেশ্যতা।

9.18 দুটা কুণ্ডলীৰ স্বয়ম্আৱেশ আৰু প্ৰত্যাৱেশৰ প্ৰভাৱ

(EFFECT OF SELF INDUCTION AND MUTUAL INDUCTION OF TWO COILS)

(i) যেতিয়া কুণ্ডলী দুটাই সৃষ্টি কৰা চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ দিশ একে হয়। চিত্ৰ 9.14(a)ত এই বৰ্তনী চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে।



(a)

চিত্ৰ 9.14

ধৰা হ'ল L_1 আৰু L_2 স্বয়ম্আৱেশকৰ দুটা কুণ্ডলী শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হৈছে। চিত্ৰ 9.14(a)ত কুণ্ডলী দুটাৰ লগত জড়িত ফ্লাক্সে চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ দিশ একে বুলি নিৰ্দেশ কৰে। যদি কুণ্ডলী দুটাত আৱিষ্ট emf ক্ৰমে e_{L1} আৰু e_{L2} হ'লে,

$$e_{L1} = -L_1 \frac{dI}{dt} \quad \text{আৰু} \quad e_{L2} = -L_2 \frac{dI}{dt}$$

Scanned by CamScanner

আকৌ প্ৰত্যাৱেশৰ কাৰণে, দ্বিতীয় কুণ্ডলীত প্ৰৱাহৰ পৰিবৰ্তনৰ কাৰণে প্ৰথম কুণ্ডলীত আবিষ্ট emf e_{M1} সৃষ্টি হয় আৰু একেদৰে প্ৰথম কুণ্ডলীত প্ৰৱাহৰ পৰিবৰ্তনৰ কাৰণে দ্বিতীয় কুণ্ডলীত আবিষ্ট emf e_{M2} সৃষ্টি হয়।

$$\therefore e_{M1} = -M\frac{dI}{dt} \quad \text{আৰু} \quad e_{M2} = -M\frac{dI}{dt}$$

বৰ্তনীত মুঠ emf, $e = e_{L1} + e_{L2} + e_{M1} + e_{M2}$

$$\therefore e = -L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} - M\frac{dI}{dt} - M\frac{dI}{dt}$$

$$= -(L_1 + L_2 + 2M)\frac{dI}{dt}$$

যদি সমতুল্য আৱেশ L হয়, তেন্তে, $e = -L\frac{dI}{dt}$

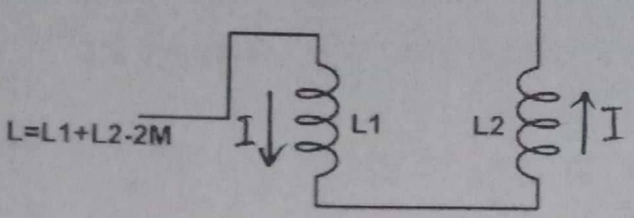
গতিকে, $-L\frac{dI}{dt} = -(L_1 + L_2 + 2M)\frac{dI}{dt}$

$$\therefore L = L_1 + L_2 + 2M \quad \text{------} \quad (9.19)$$

(ii) যেতিয়া কুণ্ডলী দুটাই সৃষ্টি কৰা চুম্বকক্ষেত্ৰ বিপৰীত দিশত থাকে। চিত্ৰত 9.14 (b) এই বৰ্তনী দেখুওৱা হৈছে। যিহেতু কুণ্ডলী দুটাত প্ৰয়োগ কৰা বাহ্যিক emf ৰ দিশ এক, গতিকে আবিষ্ট emf এ বাহ্যিক emf ক বাধা দিব,

$$e_{L1} = -L_1\frac{dI}{dt} \quad \text{আৰু} \quad e_{L2} = -L_2\frac{dI}{dt}$$

Scanned by CamScanner



(b)

চিত্ৰ 9.14

যিহেতু চুম্বক ক্ষেত্ৰ দুয়োৰে দিশ বিপৰীত, গতিকে প্ৰত্যাবেশৰ কাৰণে সৃষ্টি হোৱা e.m.f বাহ্যিক e.m.f ৰ দিশত হ'ব।

$$e_{M1} = M\frac{dI}{dt} \quad \text{আৰু} \quad e_{M2} = M\frac{dI}{dt}$$

মুঠ আবিষ্ট emf, $e = e_{L1} + e_{L2} + e_{M1} + e_{M2}$

$$= -L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} + 2M\frac{dI}{dt}$$

$$= -(L_1 + L_2 - 2M)\frac{dI}{dt}$$

যদি বৰ্তনীৰ সমতুল্য আবেশ L হয়, তেন্তে $e = -L\frac{dI}{dt}$

গতিকে, $-L\frac{dI}{dt} = -(L_1 + L_2 - 2M)\frac{dI}{dt}$

$$\therefore \; L = L_1 + L_2 - 2M \quad \text{------} \quad (9.20)$$

Scanned by CamScanner