Welcome To

Mymensingh Polytechnic Institute

Sub. Name: Electronic Measurement

Sub. Code: 66861

Engr. A.K.M. Shahaj Uddin
BCS(Technical Education)
Instructor (Electronics)

প্রথম অধ্যায়: পরিমাপ সর্ম্পকে মৌলিক ধারণা

পরিমাপের সংজ্ঞা: যে সকল যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক রাশি পরিমাপ করা হয় তাদেরকে বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র বলে। যেমন অ্যামিটার, ভোল্টমিটার, ওয়াটমিটার, এনার্জিমিটার, ফ্লাক্স মিটার, পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ইত্যাদি।

পরিমাপের গুরুত্ব: অধুনা কম্পিউটার, টেলিকমিউনিকেশন, ইন্টারনেট এবং স্যাটেলাইট ইত্যাদি প্রযুক্তির অগ্রযাত্রার ক্ষেত্রে ব্যাপকভাবে বৈদ্যুতিক ও ইলেকট্রনিক পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির সম্মুখপানে অগ্রসরমান অনেকটা সহযোগিতা করছে। কোন জাতির বা দেশের উন্নয়ন বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির ব্যবহারও বিকাশের উপর নির্ভর করে। আর বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির নতুন নতুন তত্ত¡ ও সম্পর্ক আবিষ্কারে পরিমাপের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখছে। তথ্য প্রযুক্তির যুগে কোথায়, কি ধরনের, কতটুকু ভৌত রাশির প্রয়োজন তা বিশ্লেষণ করা এবং পরিমান জানার জন্য পরিমাপ একান্ত প্রয়োজন।

অ্যাকুরেসি: যখন কোন পরিমাপক যন্ত্র পরিমাপকৃত রাশির প্রকৃত মানের কাছাকাছি পাঠ প্রদর্শন করে, তখন প্রদত্ত পাঠকে সঠিকতা বলে।

প্রিসিশন: প্রিসিশন শব্দটি প্রিসাইস (পৎবপরংব) হতে আগত। প্রিসাইস অর্থ যথাযথ বা সুক্ষতার পরিচায়ক। আর প্রিসিশন অর্থ যথার্থতা। কাজেই প্রিসিশন হল কোন পরিমাপক যন্ত্রের এমন বৈশিষ্ট্য যার ফলে কোন রাশির পরিমাণ বার বার পরিমাপের একটির স্থির মান নির্দেশ করে।

সেনসিটিভিটি: কোন পরিমাপক যন্ত্রের সংবেদনশীলতা বা সেনসিটিভিটি বলতে পরিমাপকৃত আউটপুট সিগন্যাল বা প্রতিক্রিয়ার পরিমাণ এবং ইনপুট সিগন্যালের বা পরিমাপকৃত রাশির পরিমাণের অনুপাতকে বুঝায়। একে স্ট্যাটিক সেনসিটিভিটিও বলা হয়। একে S দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

রিজুলিউশন : কোন পরিমাপক যন্ত্রে যদি ইনপুটকে যে কোন মান থেকে ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করা হয়, তবে যতক্ষণ না একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ইনপুট বৃদ্ধি করা হয়, ততক্ষণ আউটপুটের কোন পরিবর্তন হবে না। এরূপে ইনপুটের সামান্য বৃদ্ধি যাতে আউটপুটের একটি পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়, তাকেই রিজলিউশন বলে। অর্থাৎ ইনপুটের যে ক্ষুদ্রতম বৃদ্ধি যা পরিমাপক যন্ত্রের আউটপুটে সঠিকভাবে সনাক্ত হয়, তাকেই রিজুলিউশন বা ডিসক্রিমিনেশন বলে।

AvKz‡iwm I †mb‡mwUwfwUÕi g‡a¨cv_©K:¨

রেঞ্জ ও স্পান:

এরর: কোন অজানা রাশির পরিমাপকৃত মান এবং প্রকৃত মানের মধ্যকার পার্থক্যকেই স্ট্যাটিক বা এবসলিউট এরর বলা হয়।

Classification of Error

1. Gross Error
2. Systematic Error

a). Instrumental Error

b). Environmental Error

c). Observational Error

3. Random error

লোডিং ইফেক্ট : অবিকৃত আকারে ইনপুট সংকেত সঠিক ভাবে পরিমাপ করা ,রেকর্ড করা ও নিয়ন্ত্রণ করা, রীতি বা পদ্ধতি বা সিস্টেমের অক্ষমতাকেই লোডিং ইফেক্ট বলে।

অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের লোডিং ইফেক্ট:

সিরিজ যুক্ত ভোল্টমিটারের লোডিং ইফেক্ট

২য়-অধ্যায়

লো-রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

১.লো-রেজিস্ট্যান্স: ০ থেকে ১ ওহম
২. মিডিয়াম-রেজিস্ট্যান্স: ১ থেকে ১০০ কিলোওহম
৩.হাই –রেজিস্ট্যান্স: ১০০কিলো ওহম থেকে অসীম পর্যন্ত

লো- রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি

1. অ্যামিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতি
2. পটেনশিওমিটার পদ্ধতি
3. কেলভিন ডাবল ব্রিজ পদ্ধতি
4. ওহম মিটার পদ্ধতি

অ্যামিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতি

২.৩ অ্যামিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the ammeter-voltmeter method) ঃ

সকল পদ্ধতির মধ্যে এ পদ্ধতিটি সহজ এবং ওহমের সূত্রের বাস্তব প্রয়োগ ছাড়া আর কিছুই নয়। ব্যবহৃত অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের কারণে এ পদ্ধতির যথার্থতা সীমাবদ্ধ, যদিও ভোল্টমিটারের 'শান্টিং-ইফেক্ট' সংশোধন করা হয়।

R = যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করতে হবে

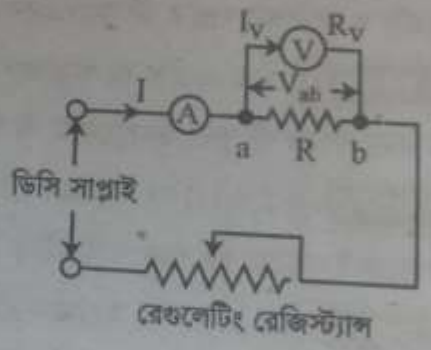
V = হাই-রেজিস্ট্যান্স ভোল্টমিটার

R_v = ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স

ধরা যাক, অজানা মানের রেজিস্ট্যান্সের (R) মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, সার্কিটে সংযোজিত-অ্যামিটার (A) কর্তৃক প্রদর্শিত-কারেন্টের অনুরূপ। সুতরাং,

$$R = \frac{\text{ভোল্টমিটারের পাঠ}}{\text{অ্যামিটারের পাঠ}}$$

$$= \frac{V_{ab}}{I} = \frac{IR}{I}$$



চিত্র ঃ ২.১ অ্যামিটার-ভোল্টমিটার মেথডে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

যদি ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স (R_v) পরিমাপকৃত-রেজিস্ট্যান্সের (R) তুলনায় বেশি না হয়, তবে ভোল্টমিটারের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট মূল-কারেন্টের (অ্যামিটার কর্তৃক পরিমাপকৃত) একটি উল্লেখযোগ্য অংশ হবে। এ কারণে একটি মারাত্মক ভ্রম দেখা দিবে।

R-এর প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স পেতে হলে ভোল্টমিটারের কারেন্ট (I_v)-কে অ্যামিটারের পাঠ হতে বিয়োগ করতে হবে।

R-এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত প্রকৃত কারেন্ট = $I - I_v$

$$\therefore R\text{-এর প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স} = \frac{V_{ab}}{I - I_v}$$

কেলভিন ডাবল ব্রিজ পদ্ধতি

২.৪ কেল্‌ভিন ডাবল ব্রিজ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe Kelvin's double bridge method) ঃ

লো-রেজিস্ট্যান্সের নির্ভুল পরিমাপের জন্য কেলভিন ডাবল ব্রিজ একটি সর্বোত্তম পদ্ধতি। এটা একটি হুইটস্টোন ব্রিজের উন্নততর সংস্করণ, যাতে কন্ট্যাক্ট ও লিড রেজিস্ট্যান্সজনিত ভ্রান্তি দূর করা হয়েছে। ব্রিজটির সংযোগ ২.২নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

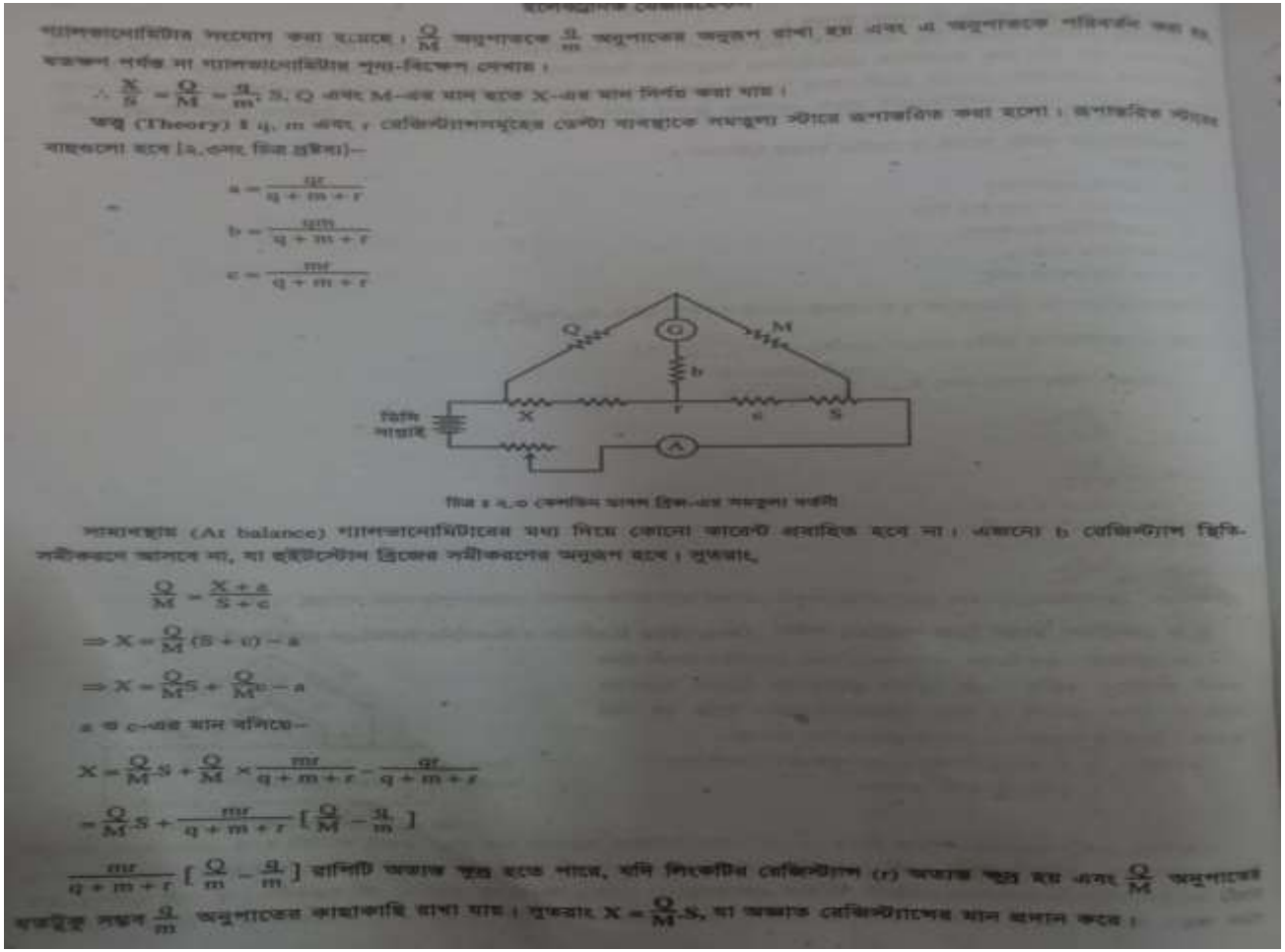
এখানে, X = লো-রেজিস্ট্যান্স, যা পরিমাপ করতে হবে।

S = স্ট্যান্ডার্ড রেজিস্ট্যান্স।

চিত্র ঃ ২.২ কেলভিন ডাবল ব্রিজ বর্তনী

এ দুটিকে একটি লো-রেজিস্ট্যান্স লিংক (r)-এর সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয়। একটি ব্যাটারি হতে এদের মধ্যে কারেন্ট সরবরাহ করা হয়। সুবিধার জন্যে একটি রেগুলেটিং রেজিস্ট্যান্স এবং একটি অ্যামিটার সার্কিটে সংযোগ করা হয়। Q, M, q এবং m চারটি নন্-ইন্ডাকটিভ জ্ঞাত-মানের রেজিস্ট্যান্স, যার একজোড়া [Q এবং q অথবা M এবং m] পরিবর্তনশীল। দু' সেট 'রেশিও-আর্ম' গঠন করার জন্যে এগুলো সংযোগ করা হয় [২.২নং চিত্র দ্রষ্টব্য] এবং QM ও qm-এর বিভাগ-বিন্দুতে একটি স্পর্শকাতর

কেলভিন ডাবল ব্রিজ পদ্ধতি



গ্যালভানোমিটার সংযোগ করা হয়েছে। $\frac{Q}{M}$ অনুপাতকে $\frac{q}{m}$ অনুপাতের অনুরূপ রাখা হয় এবং এ অনুপাতকে পরিবর্তন করা হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না গ্যালভানোমিটার শূন্য-বিক্ষেপ দেখায়।

$\therefore \frac{X}{S} = \frac{Q}{M} = \frac{q}{m}$; S, Q এবং M-এর মান হতে X-এর মান নির্ণয় করা যায়।

তত্ত্ব (Theory) : q, m এবং r রেজিস্ট্যান্সসমূহের ডেল্টা ব্যবস্থাকে সমতুল্য স্টারে রূপান্তরিত করা হলো। রূপান্তরিত স্টারের বাহুগুলো হবে [২.৩নং চিত্র দ্রষ্টব্য]—

$$a = \frac{qr}{q+m+r}$$

$$b = \frac{qm}{q+m+r}$$

$$c = \frac{mr}{q+m+r}$$

চিত্র : ২.৩ কেলভিন ডাবল ব্রিজ-এর সমতুল্য বর্তনী

সাম্যাবস্থায় (At balance) গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো কারেন্ট প্রবাহিত হবে না। এখানে b রেজিস্ট্যান্স ব্রিজ-সমীকরণে আসবে না, যা হুইটস্টোন ব্রিজের সমীকরণের অনুরূপ হবে। সুতরাং,

$$\frac{Q}{M} = \frac{X+a}{S+c}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q}{M}(S+c) - a$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q}{M}S + \frac{Q}{M}c - a$$

a ও c-এর মান বসিয়ে—

$$X = \frac{Q}{M}S + \frac{Q}{M} \times \frac{mr}{q+m+r} - \frac{qr}{q+m+r}$$

$$= \frac{Q}{M}S + \frac{mr}{q+m+r}\left[\frac{Q}{M} - \frac{q}{m}\right]$$

$\frac{mr}{q+m+r}\left[\frac{Q}{m} - \frac{q}{m}\right]$ রাশিটি অত্যন্ত ক্ষুদ্র হতে পারে, যদি লিংকটির রেজিস্ট্যান্স (r) অত্যন্ত ক্ষুদ্র হয় এবং $\frac{Q}{M}$ অনুপাতের যতদূর সম্ভব $\frac{q}{m}$ অনুপাতের কাছাকাছি রাখা যায়। সুতরাং $X = \frac{Q}{M}.S$, যা অজ্ঞাত রেজিস্ট্যান্সের মান প্রদান করে।

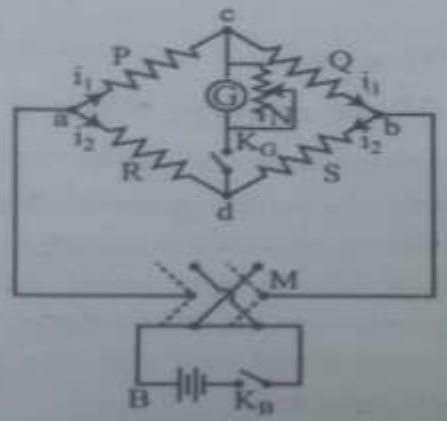
৩য় অধ্যায়
মিডিয়াম ও হাই- রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

- মিডিয়াম রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি:

১. অ্যামিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতি
২. সাবস্টিটিউট পদ্ধতি
৩. হুইটস্টোন ব্রিজ পদ্ধতি
৪. ক্যারি ফোস্টার ব্রিজ পদ্ধতি

হুইটস্টোন ব্রিজ পদ্ধতিতে মিডিয়াম রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

৩.২ হুইটস্টোন ব্রিজ পদ্ধতিতে মিডিয়াম রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ (Wheatstone bridge method of measurement of medium resistance) ঃ



চিত্র ঃ ৩.১ হুইটস্টোন ব্রিজ পদ্ধতিতে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

মিডিয়াম রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য এটা একটি সর্বোত্তম এবং সাধারণতম পদ্ধতি। উপরের চিত্র ৩.১-এ একটি হুইটস্টোন ব্রিজ দেখানো হয়েছে।

এতে P ও Q দুটি জ্ঞাত স্থির-মানের রেজিস্ট্যান্স,

S = জ্ঞাত পরিবর্তনশীল মানের রেজিস্ট্যান্স, এবং

R = অজ্ঞাত মানের রেজিস্ট্যান্স।

G একটি স্পর্শকাতর গ্যালভানোমিটার, যার সাথে পরিবর্তনশীল মানের রেজিস্ট্যান্স (N) প্যারালালে সংযুক্ত হয়েছে, যাতে গ্যালভানোমিটারের অতিরিক্ত বিক্ষেপ এড়ানো যায়।

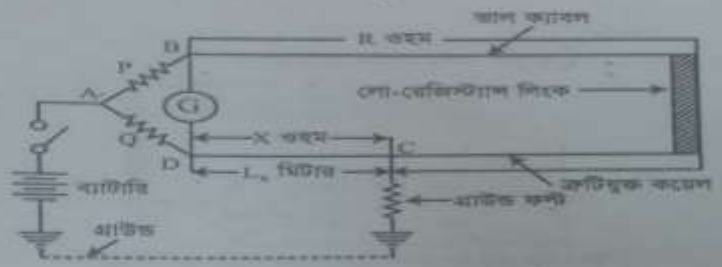
B, দুটি বা তিনটি সেল দ্বারা গঠিত একটি ব্যাটারি এবং M, একটি রিভার্সিং সুইচ, যা দ্বারা ব্রিজের ব্যাটারি সংযোগ পরিবর্তন করা যায়, যাতে অজ্ঞাত রেজিস্ট্যান্সের দুটি পৃথক পাঠ পাওয়া যায়।

প্রথমে ব্যাটারি সুইচ (K_B) 'অন' করতে হবে এবং কিছুক্ষণ পরে গ্যালভানোমিটারের সুইচ (K_G) 'অন' করতে হবে।

মারি লুপ টেস্টরে সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়:

(ক) মারি লুপ টেস্টের সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয় (Locating ground fault by Murray loop test) ঃ

চিত্রানুযায়ী একটি ত্রুটিযুক্ত এবং একটি ভালো ক্যাবলের দূর প্রান্ত একটি লো-রেজিস্ট্যান্স দ্বারা সংযোগ করা হয়। সমস্ত বর্তনীটি হুইটস্টোন ব্রিজ নেটওয়ার্কের অনুরূপ, যার P ও Q রেজিস্ট্যান্স দুটি রেশিও আর্ম এবং G একটি গ্যালভানোমিটার। ব্রিজটিকে ব্যালেন্স অবস্থায় আনা হয়। এ অবস্থায় গ্যালভানোমিটার শূন্য বিক্ষেপণ দেখাবে।



চিত্র ঃ [illegible] মারি লুপ টেস্টের সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়ের বর্তনী

ব্যালেন্স অবস্থায় আমরা পাই,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

$$\Rightarrow \frac{P+Q}{Q} = \frac{R+X}{X} \quad \text{[যোজন করে]}$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{P+Q} = \frac{X}{R+X}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q(R+X)}{P+Q}$$

যেখানে, X = D হতে ফল্ট স্থান (c) পর্যন্ত ক্যাবল রেজিস্ট্যান্স।

যদি ক্যাবল দুটি একইরূপ এবং একই প্রস্থচ্ছেদের হয়, তবে—

$X = L_x r$

এবং $R + X = 2Lr$

যেখানে,
r = পরিবাহীর প্রতি মিটারের রেজিস্ট্যান্স, ওহমে
L_x = D হতে ফল্ট স্থান পর্যন্ত ক্যাবলের দূরত্ব, মিটারে।

এখানে, $X = L_x r$

$$\Rightarrow L_x r = X$$

$$\Rightarrow L_x r = \frac{Q(R+X)}{P+Q}$$

$$\Rightarrow L_x r = \frac{2LrQ}{P+Q}$$

$$\Rightarrow L_x = \frac{2LQ}{P+Q}$$

[L = প্রতিটি ক্যাবলের দৈর্ঘ্য, মিটারে।]

মারি লুপ টেস্টরে সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয়:

(খ) মারি লুপ টেস্টের সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয় (Locating short circuit fault by Murray loop test) :

শর্ট সার্কিট ফল্টের অবস্থান সার্কিট চিত্রে দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে একটি ত্রুটিযুক্ত পরিবাহীকে ভালো পরিবাহীর সাথে যুক্ত করা হয়েছে এবং আর একটি ত্রুটিযুক্ত পরিবাহীকে চিত্রানুযায়ী ব্যাটারির সাথে সংযোগ করা হয়। পূর্বের মতোই ব্যালেন্স অবস্থায়,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

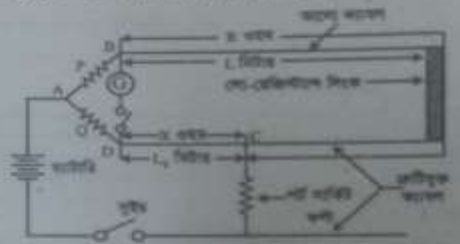
$$\Rightarrow \frac{P+Q}{Q} = \frac{R+X}{X} \quad \text{(যোজন করে)}$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{P+Q} = \frac{X}{R+X}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q(R+X)}{P+Q}$$

যেখানে,

X = D হতে ফল্ট পর্যন্ত ক্যাবল রেজিস্ট্যান্স



চিত্র : ৩.৩ মারি লুপ টেস্টের সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয়ের বর্তনী

যদি ক্যাবল দুটি একইরূপ এবং একই প্রস্থচ্ছেদের হয়, তবে–

$X = L_x.r$

এবং $R + X = 2Lr$

যেখানে,

r = পরিবাহীর প্রতি মিটারের রেজিস্ট্যান্স, ওহমে

L_x = D হতে ফল্ট স্থান (c) পর্যন্ত ক্যাবলের দূরত্ব, মিটারে।

এখানে, $X = L_x r$

$$\Rightarrow L_x r = X$$

$$\Rightarrow L_x r = \frac{Q(R+X)}{P+Q}$$

$$\Rightarrow L_x.r = \frac{2LrQ}{P+Q}$$

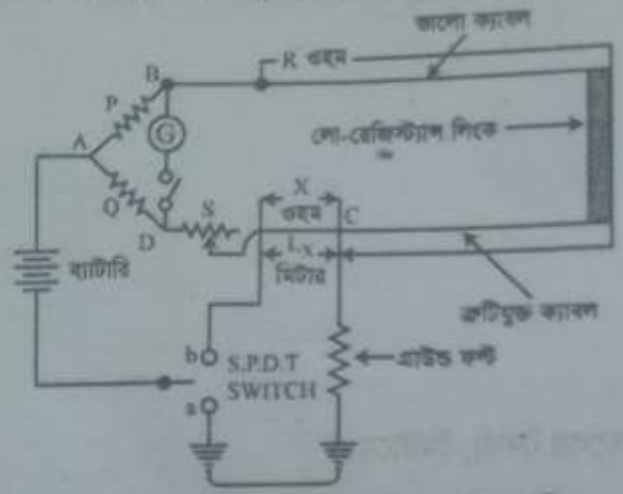
$$\Rightarrow L_x = \frac{2LQ}{P+Q}$$

[এখানে, L = প্রতিটি ক্যাবলের দৈর্ঘ্য, মিটারে]

ভার্লি লুপ টেস্টরে সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়:

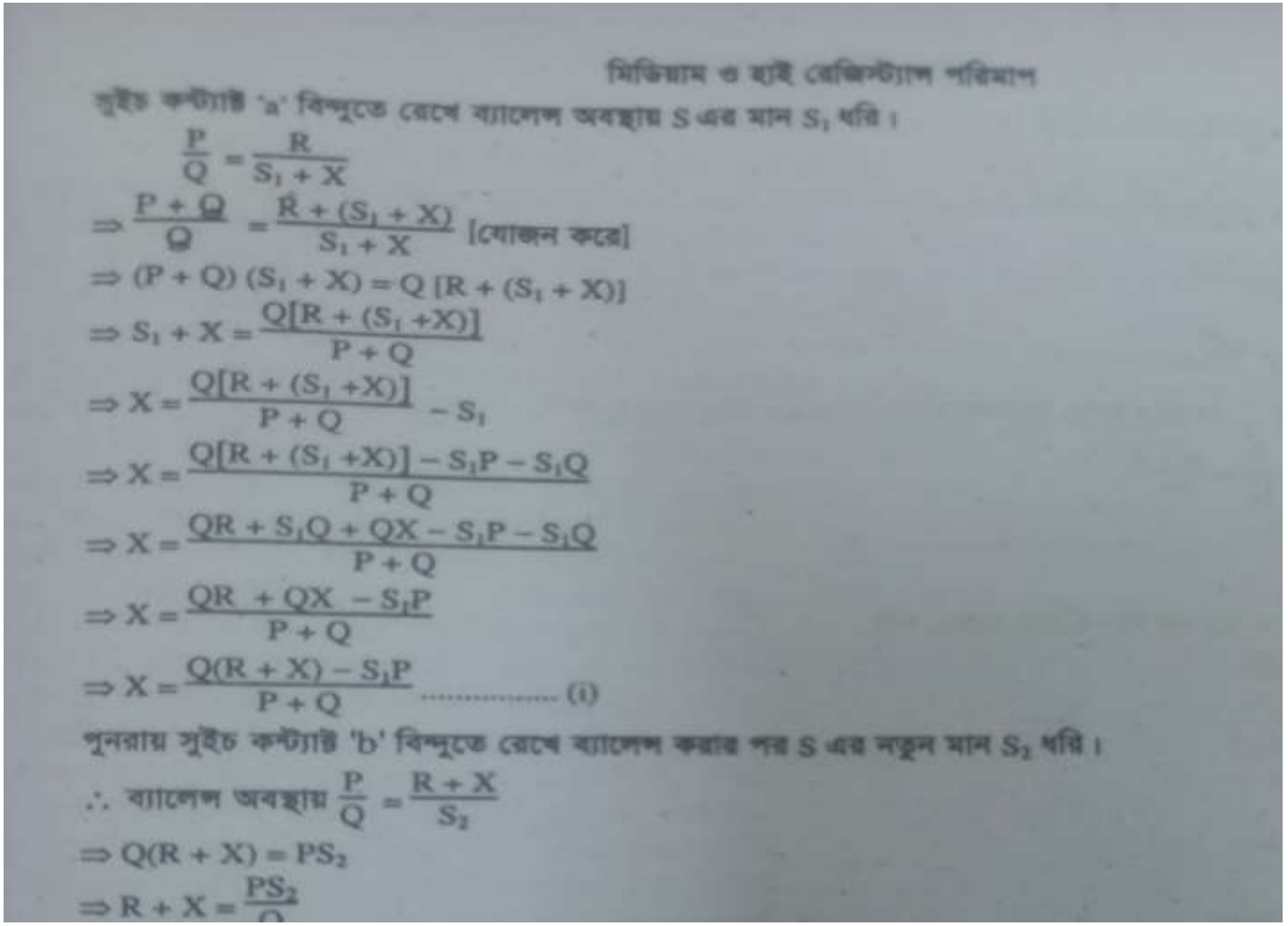
(গ) ভার্লি লুপ টেস্টের সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয় (Locating ground fault by Varley loop test) ঃ

এখানে ভার্লি লুপ টেস্টের সার্কিট চিত্র ঃ ৩.৪-তে দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে P ও Q রেশিও আর্ম স্থির (Fixed) রাখা হয় এবং পরিবর্তনশীল রেজিস্টর 'S'-কে পরিবর্তন করে ব্রিজটিকে ব্যালেন্স করা হয় যে পর্যন্ত না গ্যালভানোমিটার শূন্য বিক্ষেপ দেখায়। ব্রিজটিকে ব্যালেন্স করার সময় টু-ওয়ে সুইচের কন্ট্যাক্ট 'a' বিন্দুতে রেখে করা হয়।



চিত্র ঃ ৩.৪ ভার্লি লুপ টেস্ট গ্রাউন্ড ফল্ট বর্তনী

ভার্লি লুপ টেস্টরে সাহায্যে গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়:



মিডিয়াম ও হাই রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ

সুইচ কন্ট্যাক্ট 'a' বিন্দুতে রেখে ব্যালেন্স অবস্থায় S এর মান S_1 ধরি।

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S_1 + X}$$

$$\Rightarrow \frac{P+Q}{Q} = \frac{R + (S_1 + X)}{S_1 + X} \quad \text{[যোজন করে]}$$

$$\Rightarrow (P+Q)(S_1 + X) = Q[R + (S_1 + X)]$$

$$\Rightarrow S_1 + X = \frac{Q[R + (S_1 + X)]}{P+Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q[R + (S_1 + X)]}{P+Q} - S_1$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q[R + (S_1 + X)] - S_1P - S_1Q}{P+Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{QR + S_1Q + QX - S_1P - S_1Q}{P+Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{QR + QX - S_1P}{P+Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q(R+X) - S_1P}{P+Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

পুনরায় সুইচ কন্ট্যাক্ট 'b' বিন্দুতে রেখে ব্যালেন্স করার পর S এর নতুন মান S_2 ধরি।

$\therefore$ ব্যালেন্স অবস্থায় $\frac{P}{Q} = \frac{R+X}{S_2}$

$$\Rightarrow Q(R+X) = PS_2$$

$$\Rightarrow R + X = \frac{PS_2}{Q}$$

ভার্লি লুপ টেস্টরে সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয়:

(খ) ভার্লি লুপ টেস্টের সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয় (Locating short circuit fault by Varley loop test) ঃ

এখানে ভার্লি লুপ টেস্টের সার্কিট চিত্র (চিত্র ঃ ৩.৫) দেখানো হয়েছে। এখানেও আগের মতোই টু-ওয়ে সুইচকে প্রথমে a বিন্দুতে এবং পরে b বিন্দুতে রেখে পরিবর্তনশীল রেজিস্টর S-কে পরিবর্তন করে ব্রিজটিকে ব্যালেন্স করা হয়।

চিত্র ঃ ৩.৫ ভার্লি লুপ টেস্ট শর্ট সার্কিট বর্তনী

সুইচ কন্ট্যাক্ট 'a' বিন্দুতে রেখে ব্যালেন্স অবস্থায় S এর মান S_1 ধরি।

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S_1 + X}$$

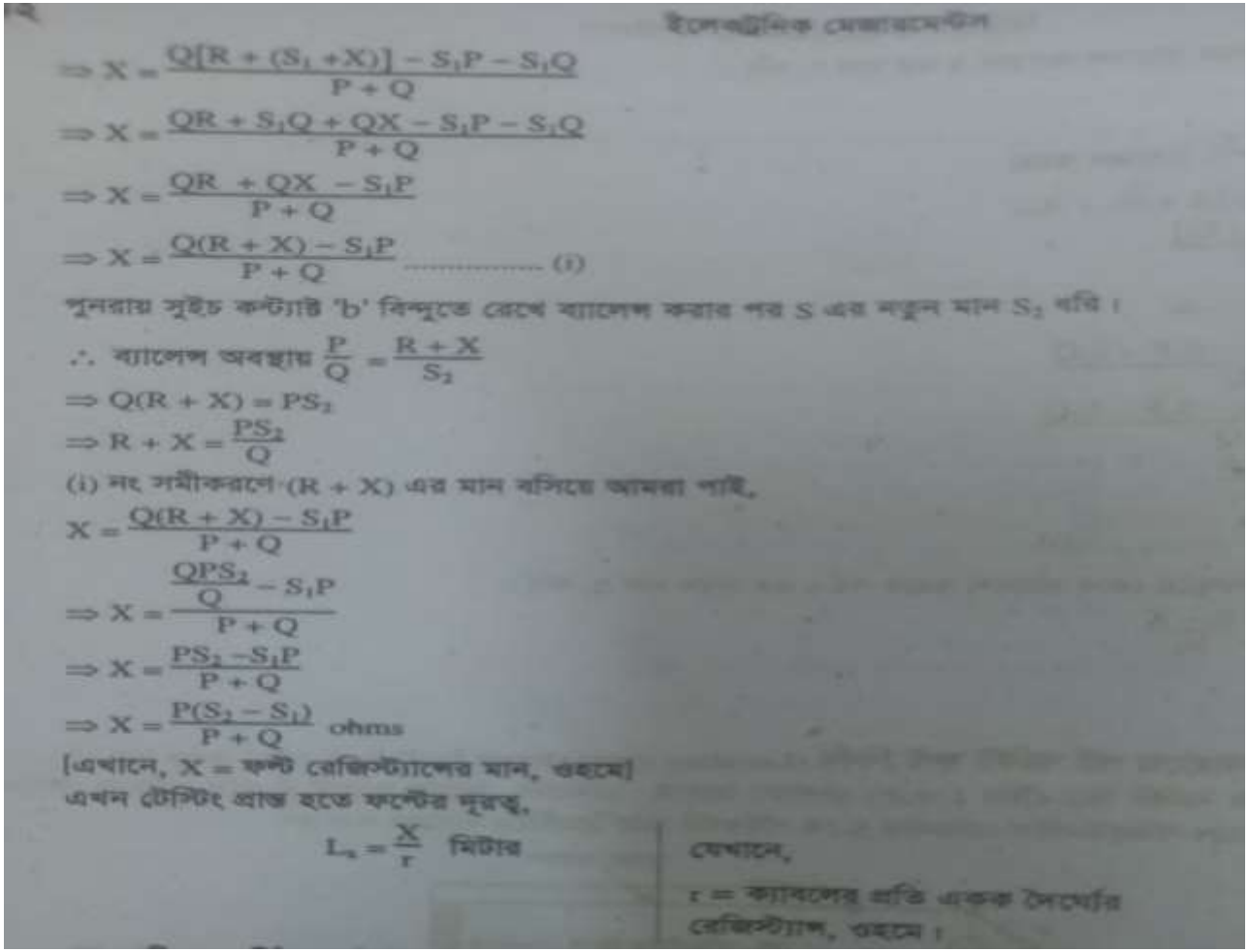
অথবা, $\frac{P + Q}{Q} = \frac{R + (S_1 + X)}{S_1 + X}$ [যোজন করে]

$$\Rightarrow (P + Q)(S_1 + X) = Q[R + (S_1 + X)]$$

$$\Rightarrow S_1 + X = \frac{Q[R + (S_1 + X)]}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q[R + (S_1 + X)]}{P + Q} - S_1$$

ভার্লি লুপ টেস্টরে সাহায্যে শর্ট সার্কিট ফল্ট নির্ণয়:



$$\Rightarrow X = \frac{Q[R + (S_1 + X)] - S_1P - S_1Q}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{QR + S_1Q + QX - S_1P - S_1Q}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{QR + QX - S_1P}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{Q(R + X) - S_1P}{P + Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

পুনরায় সুইচ কন্ট্যাক্ট 'b' বিন্দুতে রেখে ব্যালেন্স করার পর S এর নতুন মান S_2 ধরি।

$\therefore$ ব্যালেন্স অবস্থায় $\frac{P}{Q} = \frac{R + X}{S_2}$

$\Rightarrow Q(R + X) = PS_2$

$\Rightarrow R + X = \frac{PS_2}{Q}$

(i) নং সমীকরণে (R + X) এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$X = \frac{Q(R + X) - S_1P}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{\frac{QPS_2}{Q} - S_1P}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{PS_2 - S_1P}{P + Q}$$

$$\Rightarrow X = \frac{P(S_2 - S_1)}{P + Q} \text{ ohms}$$

[এখানে, X = ফল্ট রেজিস্ট্যান্সের মান, ওহমে]

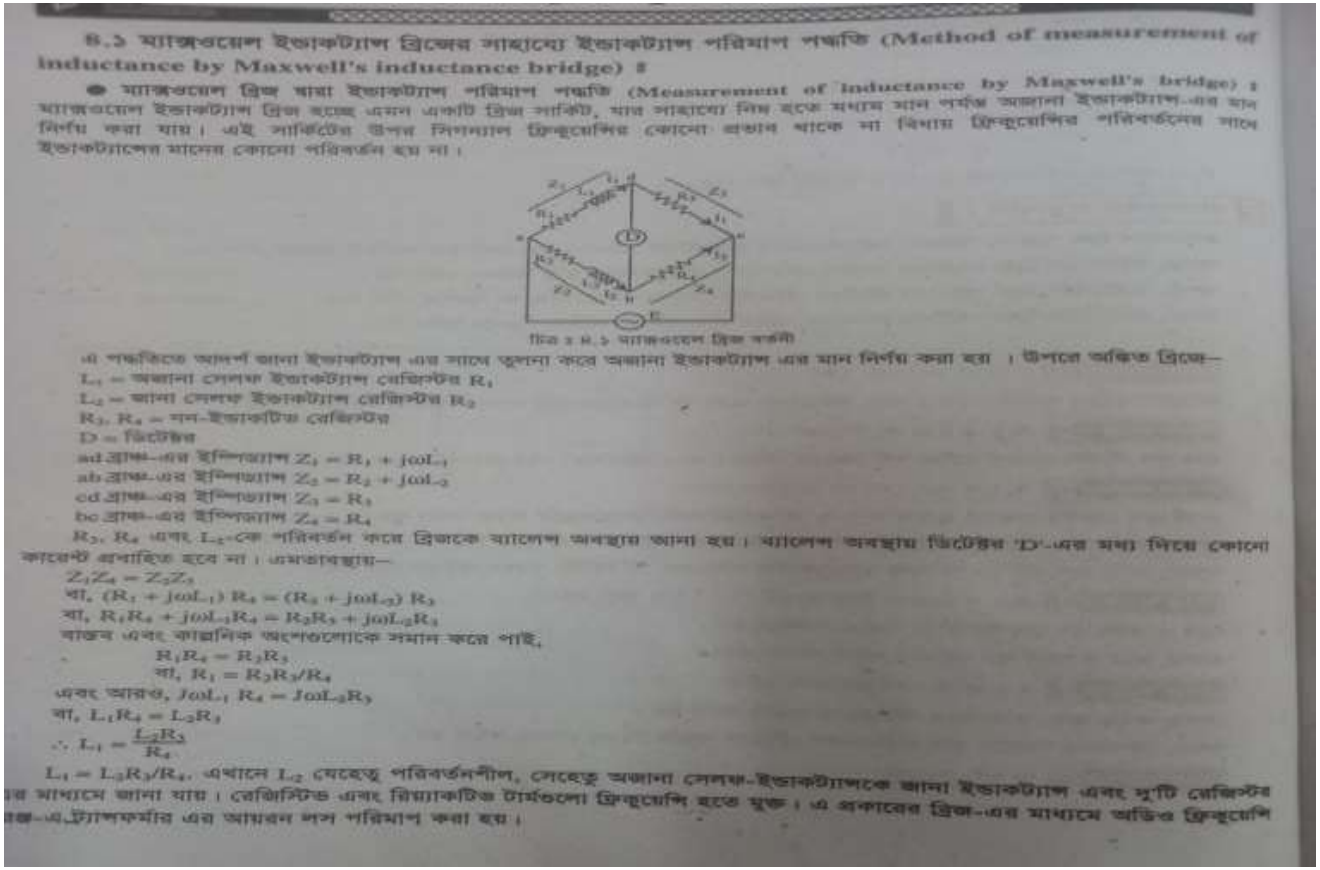
এখন টেস্টিং প্রান্ত হতে ফল্টের দূরত্ব,

$$L_x = \frac{X}{r} \text{ মিটার}$$

যেখানে,

r = ক্যাবলের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের রেজিস্ট্যান্স, ওহমে।

৪র্থ অধ্যায়
ইম্পিডেন্স ব্রিজের গঠণ প্রকৃতি
ম্যাক্সওয়েলর ইন্ডাকট্যান্স ব্রিজ দ্বারা ইন্ডাকটেন্স পরিমাপ :



৪.১ ম্যাক্সওয়েল ইন্ডাকট্যান্স ব্রিজের সাহায্যে ইন্ডাকট্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি (Method of measurement of inductance by Maxwell's inductance bridge) :

● ম্যাক্সওয়েল ব্রিজ দ্বারা ইন্ডাকট্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি (Measurement of inductance by Maxwell's bridge) : ম্যাক্সওয়েল ইন্ডাকট্যান্স ব্রিজ হচ্ছে এমন একটি ব্রিজ সার্কিট, যার সাহায্যে নিম্ন হতে মধ্যম মান পর্যন্ত অজানা ইন্ডাকট্যান্স-এর মান নির্ণয় করা যায়। এই সার্কিটের উপর সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির কোনো প্রভাব থাকে না বিধায় ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তনের সাথে ইন্ডাকট্যান্সের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।

চিত্র ঃ ৪.১ ম্যাক্সওয়েল ব্রিজ বর্তনী

এ পদ্ধতিতে আদর্শ আনা ইন্ডাকট্যান্স এর সাথে তুলনা করে অজানা ইন্ডাকট্যান্স এর মান নির্ণয় করা হয়। উপরে অঙ্কিত ব্রিজে—

L_1 = অজানা সেলফ ইন্ডাকট্যান্স রেজিস্টর R_1

L_2 = আনা সেলফ ইন্ডাকট্যান্স রেজিস্টর R_2

R_3, R_4 = নন-ইন্ডাকটিভ রেজিস্টর

D = ডিটেক্টর

ad ব্রাঞ্চ-এর ইম্পিড্যান্স $Z_1 = R_1 + j\omega L_1$

ab ব্রাঞ্চ-এর ইম্পিড্যান্স $Z_2 = R_2 + j\omega L_2$

cd ব্রাঞ্চ-এর ইম্পিড্যান্স $Z_3 = R_3$

bc ব্রাঞ্চ-এর ইম্পিড্যান্স $Z_4 = R_4$

R_3, R_4 এবং L_2-কে পরিবর্তন করে ব্রিজকে ব্যালেন্স অবস্থায় আনা হয়। ব্যালেন্স অবস্থায় ডিটেক্টর 'D'-এর মধ্য দিয়ে কোনো কারেন্ট প্রবাহিত হবে না। এমতাবস্থায়—

$Z_1Z_4 = Z_2Z_3$

বা, $(R_1 + j\omega L_1) R_4 = (R_2 + j\omega L_2) R_3$

বা, $R_1R_4 + j\omega L_1R_4 = R_2R_3 + j\omega L_2R_3$

বাস্তব এবং কাল্পনিক অংশগুলোকে সমান করে পাই,

$R_1R_4 = R_2R_3$

বা, $R_1 = R_2R_3/R_4$

এবং আরও, $j\omega L_1 R_4 = j\omega L_2R_3$

বা, $L_1R_4 = L_2R_3$

$\therefore L_1 = \frac{L_2R_3}{R_4}$

$L_1 = L_2R_3/R_4$. এখানে L_2 যেহেতু পরিবর্তনশীল, সেহেতু অজানা সেলফ-ইন্ডাকট্যান্সকে জানা ইন্ডাকট্যান্স এবং দু'টি রেজিস্টর এর মাধ্যমে জানা যায়। রেজিস্টিভ এবং রিয়্যাকটিভ টার্মগুলো ফ্রিকুয়েন্সি হতে মুক্ত। এ প্রকারের ব্রিজ-এর মাধ্যমে অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ-এ ট্র্যান্সফর্মার এর আয়রন লস পরিমাপ করা হয়।

ম্যাক্সওয়েলের ইন্ডাকট্যান্স ক্যাপাসিটেন্স ব্রিজ দ্বারা ক্যাপাসিটেন্স পরিমাপ :

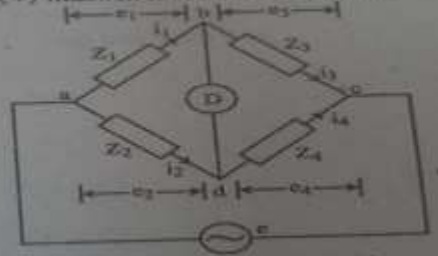
৪.২ ম্যাক্সওয়েলের ইন্ডাকট্যান্স-ক্যাপাসিট্যান্স ব্রিজ দ্বারা ক্যাপাসিট্যান্স পরিমাপ (Measurement of capacitance by Maxwell's inductance-capacitance bridge) ঃ

কোনো সার্কিটের নিজস্ব ইন্ডাকট্যান্স এবং কোয়ালিটি ফ্যাক্টর নির্ণয় করার জন্য এ ব্রিজ ব্যবহৃত হয়। এটি ব্রিজ পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে কাজ করে এবং এটি সঠিক ফলাফল দিয়ে থাকে। ম্যাক্সওয়েল ব্রিজটি হলো এসি ব্রিজ। এসি ব্রিজটি গঠিত হয় সোর্স, ব্যালেন্স ডিটেক্টর এবং চারটি আর্ম দিয়ে। এসি ব্রিজটি এসি সোর্স এবং গ্যালভানোমিটারের সাথে তিনটি আর্মের দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয়।

এটি খুব বেশি উপকারী ইন্ডাকট্যান্স, ক্যাপাসিট্যান্স, স্টোরেজ ফ্যাক্টর, ফ্যাক্টর অপচয় ইত্যাদি নির্ণয়ে।

নিচে ম্যাক্সওয়েল ইন্ডাকট্যান্স-ক্যাপাসিট্যান্সের চিত্র দেওয়া হলো ঃ

(ক) Maxwell Inductance Capacitance



(খ) Maxwell impedance bridge

চিত্র ঃ ৪.২

এই ম্যাক্সওয়েল ব্রিজে একটি স্ট্যান্ডার্ড ভেরিয়েবল ক্যাপাসিটর দ্বারা অজানা ইন্ডাক্টর পরিমাপ করা হয়।

এখানে, l_1 হলো অজানা ইন্ডাকট্যান্স,

C_4 হলো স্ট্যান্ডার্ড ক্যাপাসিটর।

এখন ব্যালেন্স কন্ডিশনে আমরা AC ব্রিজ থেকে পাই,

$Z_1 . Z_4 = Z_2 . Z_3$

$\Rightarrow (r_1 + J_\omega l_1) \frac{r_4}{1 + J_\omega C_4 r_4} = r_2 . r_3$

$\Rightarrow r_1 . r_4 + J_\omega l_1 . r_4 = r_2 . r_3 + J_\omega r_2 r_3 C_4 r_4$

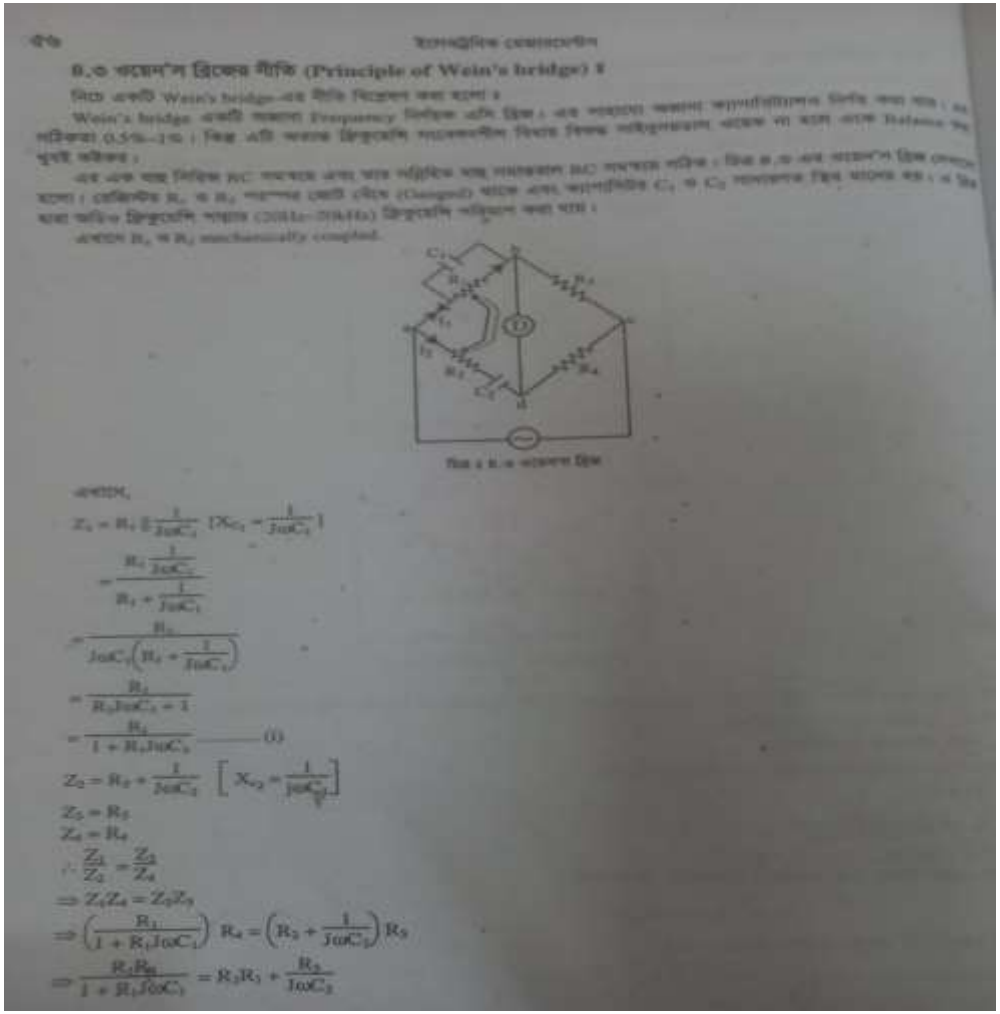
আমরা এখন বাস্তব এবং কাল্পনিক অংশগুলো পৃথক করি।

$$r_1 = r_2 . \frac{r_3}{r_4} \text{ and } l_1 = r_2 . r_3 . C_4$$

এখন কোয়ালিটি ফ্যাক্টর দেওয়া আছে,

$$\boxed{Q = \frac{W l_1}{r_1} = W C_4 . r_4}$$

ওয়েন’স ব্রীজের নীতি



(Principle of Wein's bridge)

Wein's bridge ... Frequency ...

mechanically coupled

$$Z_1 = R_1 \parallel \frac{1}{J\omega C_1} \quad [X_{C_1} = \frac{1}{J\omega C_1}]$$

$$= \frac{R_1 \frac{1}{J\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{J\omega C_1}}$$

$$= \frac{R_1}{J\omega C_1\left(R_1 + \frac{1}{J\omega C_1}\right)}$$

$$= \frac{R_1}{R_1 J\omega C_1 + 1}$$

$$= \frac{R_1}{1 + R_1 J\omega C_1} \text{ ——— (i)}$$

$$Z_2 = R_2 + \frac{1}{J\omega C_2} \quad \left[X_{C_2} = \frac{1}{J\omega C_2}\right]$$

$$Z_3 = R_3$$

$$Z_4 = R_4$$

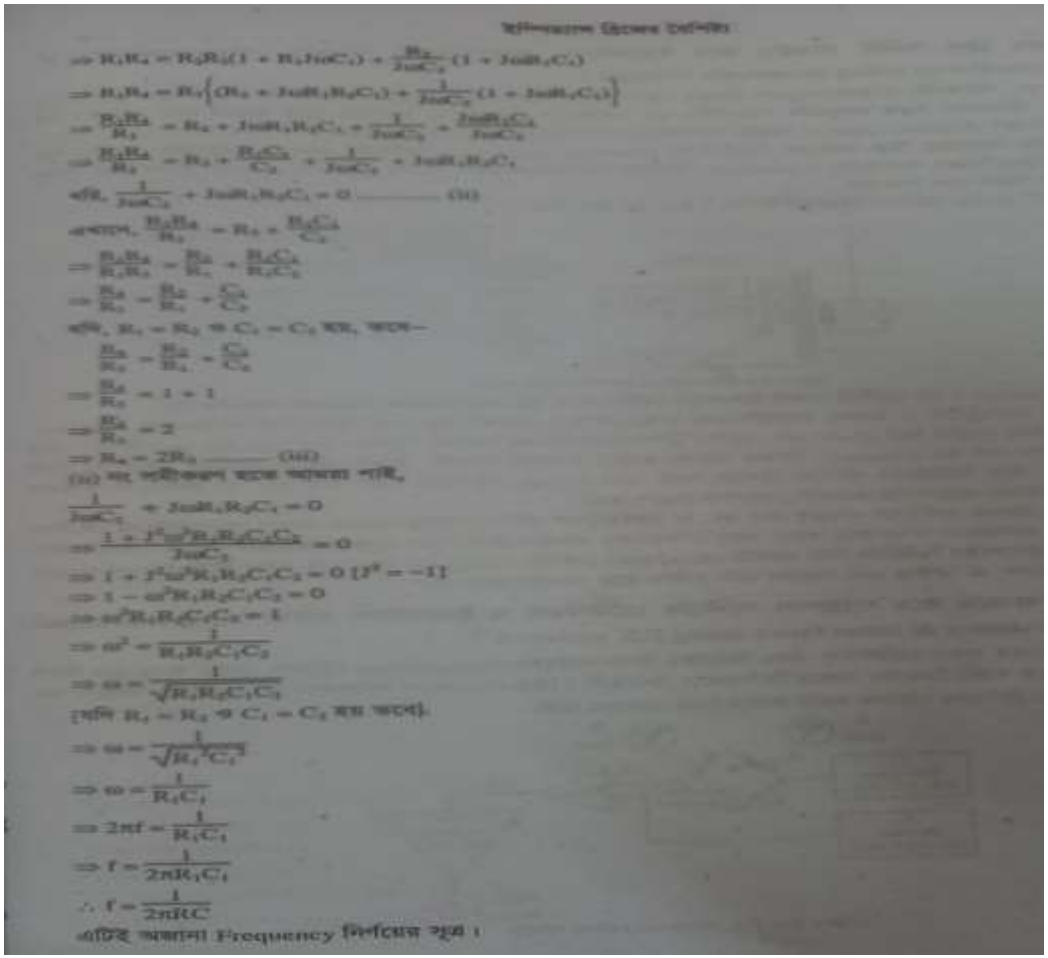
$$\therefore \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$\Rightarrow Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$\Rightarrow \left(\frac{R_1}{1 + R_1 J\omega C_1}\right) R_4 = \left(R_2 + \frac{1}{J\omega C_2}\right) R_3$$

$$\Rightarrow \frac{R_1 R_4}{1 + R_1 J\omega C_1} = R_2 R_3 + \frac{R_3}{J\omega C_2}$$

ওয়েন’স ব্রীজের নীতি



$$\Rightarrow R_1R_4 = R_2R_3(1 + R_1j\omega C_1) + \frac{R_2}{j\omega C_2}(1 + j\omega R_1C_1)$$

$$\Rightarrow R_1R_4 = R_2\left\{R_3 + j\omega R_1R_3C_1 + \frac{1}{j\omega C_2}(1 + j\omega R_1C_1)\right\}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1R_4}{R_2} = R_3 + j\omega R_1R_3C_1 + \frac{1}{j\omega C_2} + \frac{j\omega R_1C_1}{j\omega C_2}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1R_4}{R_2} = R_3 + \frac{R_1C_1}{C_2} + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega R_1R_3C_1$$

যদি, $\frac{1}{j\omega C_2} + j\omega R_1R_3C_1 = 0$ ..... (i)

এক্ষেত্রে, $\frac{R_1R_4}{R_2} = R_3 + \frac{R_1C_1}{C_2}$

$$\Rightarrow \frac{R_1R_4}{R_1R_3} = \frac{R_3}{R_3} + \frac{R_1C_1}{R_1C_2}$$

$$\Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_3}{R_3} + \frac{C_1}{C_2}$$

যদি, $R_1 = R_2$ ও $C_1 = C_2$ হয়, তবে—

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_3}{R_3} + \frac{C_1}{C_1}$$

$$\Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 1 + 1$$

$$\Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 2$$

$$\Rightarrow R_4 = 2R_3 \quad \text{..... (ii)}$$

(ii) নং সমীকরণ হতে আমরা পাই,

$$\frac{1}{j\omega C_2} + j\omega R_1R_3C_1 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1 + j^2\omega^2R_1R_3C_1C_2}{j\omega C_2} = 0$$

$$\Rightarrow 1 + j^2\omega^2R_1R_3C_1C_2 = 0 \; [j^2 = -1]$$

$$\Rightarrow 1 - \omega^2R_1R_3C_1C_2 = 0$$

$$\Rightarrow \omega^2R_1R_3C_1C_2 = 1$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{R_1R_3C_1C_2}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{R_1R_3C_1C_2}}$$

[যদি $R_1 = R_3$ ও $C_1 = C_2$ হয় তবে]

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{R_1^2C_1^2}}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{R_1C_1}$$

$$\Rightarrow 2\pi f = \frac{1}{R_1C_1}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi R_1C_1}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi RC}$$

এটিই আমাদের Frequency নির্ণয়ের সূত্র।

৫ম-অধ্যায়
বিশেষ ধরনের পরিমাপের বৈশিষ্ট্য

৫.১ অডিও পাওয়ার পরিমাপ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the process of audio power measurement) ঃ

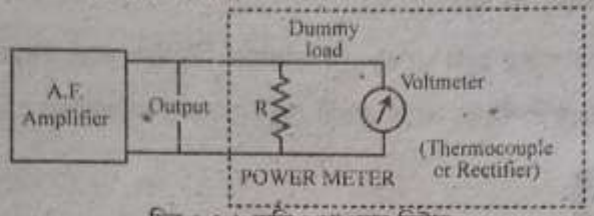
ডায়নামোমিটার টাইপ ওয়াটমিটার দ্বারা হাই-ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়ার পরিমাপ করা যায় না। তাই পরীক্ষণীয় হাই ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইস এর আউটপুট শক্তিকে একটি ডামি লোড রেজিস্টর এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয় এবং উক্ত লোড এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ও এর মধ্যে প্রবাহিত কারেন্ট একটি রেক্টিফায়ার বা থার্মোকাপলজাতীয় পরিমাপক ইনস্ট্রুমেন্ট দ্বারা পরিমাপ করে অজানা পাওয়ার নিম্নভাবে নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি,

$$\text{Output power } P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

যেখানে, I = Current
V = Voltage
R = Dummy load.

নিচে অডিও পাওয়ার মিটার দ্বারা অডিও পাওয়ার পরিমাপ এর বেসিক সার্কিট দেখানো হলো–



চিত্র ঃ ৫.১ অডিও পাওয়ার মিটার

নন-ইন্ডাকটিভ লোড R-কে এখানে ডামি লোড হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে, যাকে পরীক্ষণীয় ডিভাইস এর আউটপুট এর আড়াআড়িতে সংযুক্ত করা হয়। এর মানকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয়, যাতে ডিভাইস এর আউটপুট ইম্পিড্যান্স ও এর ইম্পিড্যান্স সমান হয়।

এখানে থার্মোকাপল বা রেক্টিফায়ার টাইপ ইনস্ট্রুমেন্টটি একটি PMMC ইনস্ট্রুমেন্ট, তবে এর স্কেল সরাসরি db-তে ক্যালিব্রেট করা থাকে। তাই ডামি লোড এর কারেন্ট বা আড়াআড়িতে ভোল্টেজ পরিমাপ করে পরোক্ষভাবে ডিভাইস এর আউটপুট পাওয়ারকেই পরিমাপ করা হয়।

ডিস্টরশন ফ্যাক্টরের পরিমাপ পদ্ধতি

৫.২ ডিস্টরশন ফ্যাক্টরের পরিমাপ পদ্ধতি বর্ণনা (Explain the process of measurement of distortion factor) ঃ

মূলনীতি (Principles) ঃ ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটার এমন একটি ইলেক্ট্রনিক ইনস্ট্রুমেন্ট, যার মাধ্যমে ডিস্টরশন, S/N অনুপাত, সিগন্যাল লেভেল ইত্যাদি পরিমাপ করা যায়। এখন মনে করি–

$e = E_1 \sin\omega t + E_2 \sin 2\omega t + E_3 \sin 3\omega t + - - - En \sin\omega t.$

কিন্তু distortion,

$$D = \frac{\text{level of harmonics}}{\text{level of (fundamental + harmonics)}} \times 100$$

2nd harmonics $D_2 = E_2/E_1$

3rd harmonics $D_3 = E_3/E_1$

4th harmonics $D_4 = E_4/E_1$

$$\therefore D_n = D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + - - -$$

$$D = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + D_5^2 + - - - - -} \text{ rms.}$$

$$= \sqrt{(E_2/E_1)^2 + (E_3/E_1)^2 + (E_4/E_1)^2 + (E_5/E_1)^2 + - - - -}$$

$$= \sqrt{\frac{E_2^2 + E_3^2 + E_4^2 + - - - - - -}{E_1^2}}$$

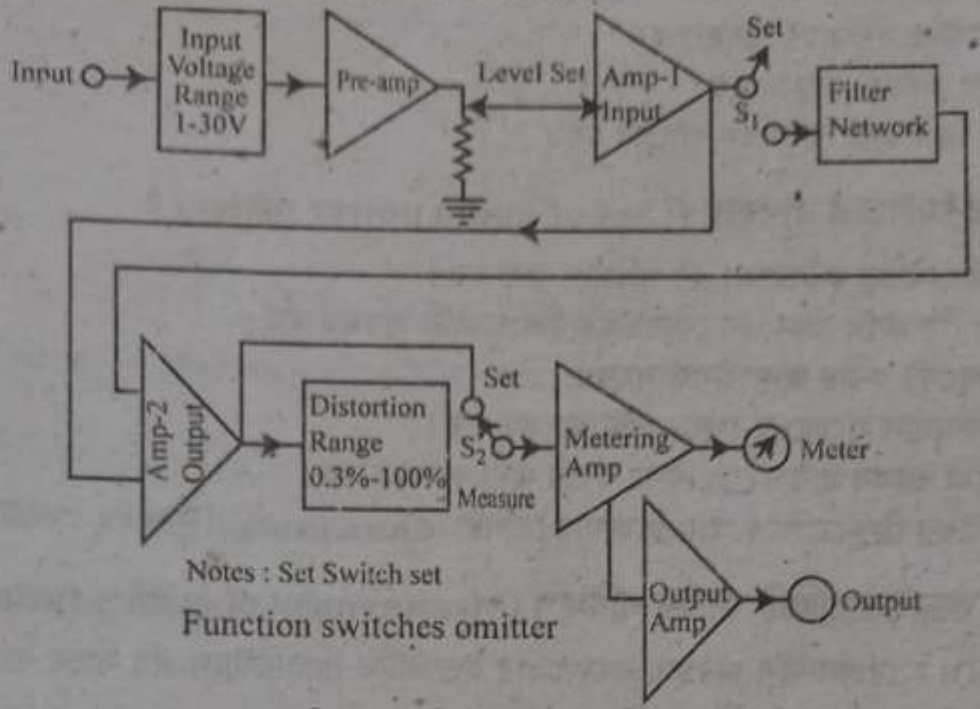
$$\therefore D = \frac{\sqrt{E_2^2 + E_3^2 + E_4^2 + - - - -}}{E_1} \times 100$$

ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটারের মাধ্যমে টোটাল ওয়েভের rms. মান থেকে পরে হাইলি সিলেকটিভ ফিল্টার দ্বারা ফান্ডামেন্টাল কম্পোনেন্টকে বাদ দিয়ে হারমোনিক কম্পোনেন্টের rms মান মাপার পর উপরোক্ত সমীকরণের আলোকে ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মাপা হয়।

ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটারের ব্লক চিত্র

৫.২.১ ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটার এর ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বর্ণনা (Block and description of distortion factor meter) ঃ

নিচে একটি ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটার এর ব্লক ডায়াগ্রাম দেয়া হলো।

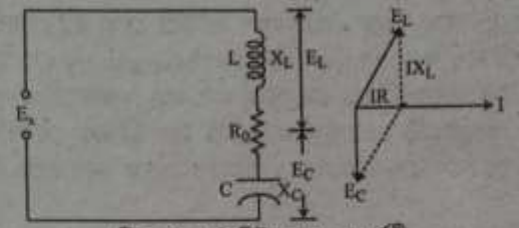


চিত্র ঃ ৫.২ ডিস্টরশন ফ্যাক্টর মিটার

Q মিটারের মূলনীতি

৫.৩.১ Q মিটারের মূলনীতি (Principles of Q meter) ঃ

কয়েল এবং ক্যাপাসিটর-এর কিছু বিশেষ বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্য পরিমাপের জন্য Q মিটার ব্যবহার করা হয়। RLC সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট-এর বৈশিষ্ট্য এই মিটারে কাজ করে। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে এর কার্যপদ্ধতি প্রতিষ্ঠিত।



চিত্র ঃ ৫.৩ Q মিটার সমতুল্য বর্তনী

উপরের চিত্রে একটি সিরিজ RLC সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে। ধরি, রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি "f' রেজোন্যান্স অবস্থায় $X_L = X_C$

আবার $X_L = 2\pi fL$ এবং $X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}$

কারেন্ট, $I_0 = \frac{E}{R}$

ক্যাপাসিটর-এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ, $E_c = I_0 X_c$

$= I_0 X_L$

$= I_0 \omega_0 L$

ইনপুট ভোল্টেজ, $E = I_0 R$

$\therefore \frac{E_C}{E} = \frac{I_0 \omega_0 L}{I_0 R} = \frac{\omega_0 L}{R} = Q \quad [\because Q = \frac{\omega L}{R}]$

$\therefore E_c = QE$

অতএব, আমরা দেখতে পাই যে, রেজোন্যান্স অবস্থায় ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ, ইনপুট ভোল্টেজের "E"-এর Q গুণ। যদি ইনপুট ভোল্টেজ স্থির থাকে এবং ক্যাপাসিটর-এর আড়াআড়ি একটি ভোল্টমিটার সংযুক্ত করে Q-এর টার্ম-এর দাগাঙ্কিত করে সার্কিটের Q-এর মান সরাসরি জানা যাবে। এটাই Q-এর মূলনীতি।

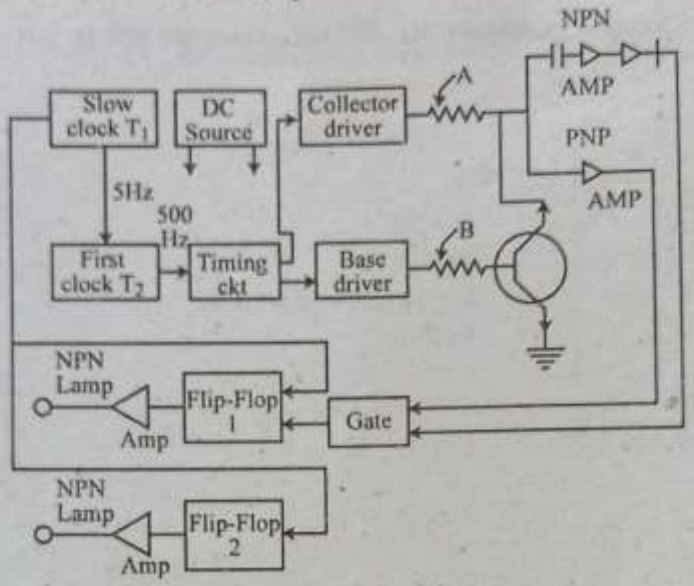
ট্রানজিস্টর টেস্টারের ব্লকচিত্রসহ কার্যপ্রনালী

৫.৩.৩ ট্রানজিস্টর ও আইসি টেস্টারের কাজ (Operation of transistor and IC tester) ঃ

ট্রানজিস্টর টেস্টার (Transistor tester) ঃ যে ইলেকট্রনিক টেস্টিং ইকুইপমেন্ট এর মাধ্যমে কোনো Transistor-এর প্রকৃতি (NPN/PNP), এর গুণাগুণ (ভালো না মন্দ), বিভিন্ন প্যারামিটার যেমন ঃ α, β, γ, I_{CBO}, ইত্যাদি নির্ণয় করা যায় এবং ট্রানজিস্টর, এসসিআর (SCR), ফেট, সেমিকন্ডাকটর, ডায়োড, জিনার ডায়োড ইত্যাদির লিডসমূহকে চিহ্নিত করা যায়, তাকেই ট্রানজিস্টর টেস্টার বলা হয়।

ট্রানজিস্টর টেস্টার দ্বারা ট্রানজিস্টরের লিকেজ কারেন্ট, লিকেজ টু-গেইন রেশিও এবং উৎপন্ন নয়েজ এর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

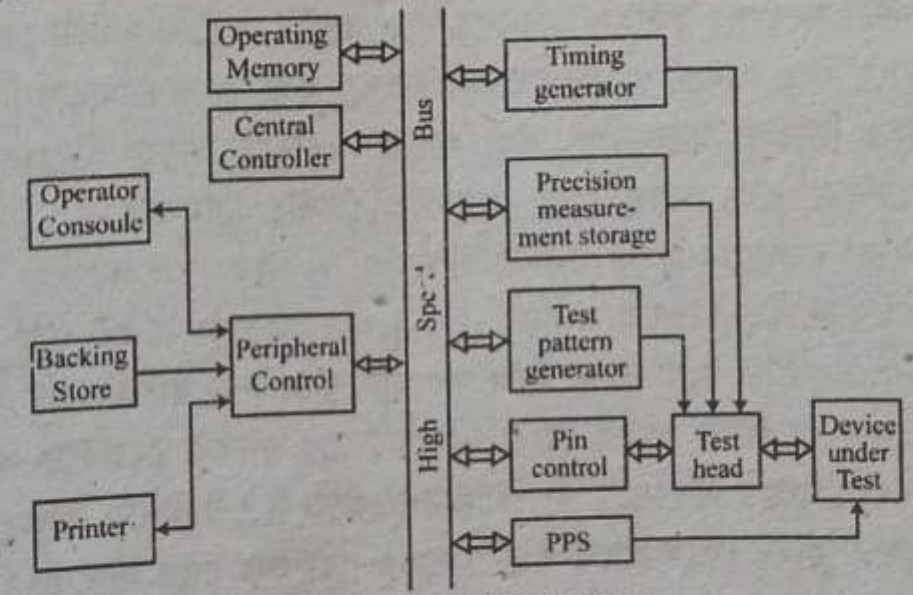
ব্লক চিত্রের মাধ্যমে ট্রানজিস্টর টেস্টারের কার্যপ্রণালি (Operation of transistor tester with block diagram) ঃ



চিত্র ঃ ৫.৬ ট্রানজিস্টর টেস্টার

IC টেস্টারের ব্লকচিত্রসহ কার্যপ্রণালী

আইসি টেস্টার (IC Tester) ঃ চিত্র ৫.৭ একটি প্রচলিত আইসি টেস্টারের ব্লক চিত্র দেয়া হলো ঃ

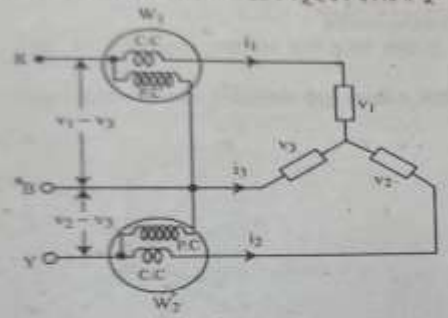


চিত্র ঃ ৫.৭ আইসি টেস্টার

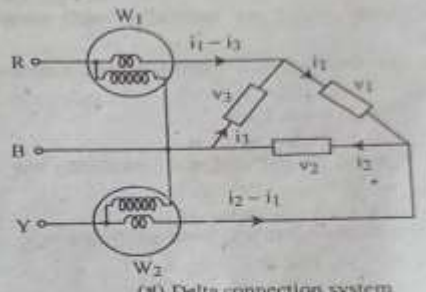
৬ষ্ঠ-অধ্যায়
পাওয়ার পরিমাপ

৬.১ ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার পরিমাপ পদ্ধতি (Method of measuring electrical power) :

(a) দু'ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে পাওয়ার পরিমাপ (Method for measurement of three phase power by two wattmeters) :



(ক) Star connection system



(খ) Delta connection system

চিত্র ঃ ৬.১

৬.১নং চিত্রে 1 নং ও 2 নং লাইনে কারেন্ট কয়েল দু'টিকে এবং 3 নং লাইনে ভোল্টেজ কয়েল দু'টি সংযোগ করা হয়েছে।

এটা প্রমাণ করা যেতে পারে যে, W_1 এবং W_2 কর্তৃক নির্দেশিত পাওয়ার তাৎক্ষণিক (Instantaneous) পাওয়ারের সমান। নিম্নলিখিত আলোচনায় আমরা **স্টার সংযুক্ত** লোডকে বিবেচনায় আনবো, যদিও **ডেল্টা সংযুক্ত** লোডের বেলায়ও এ পদ্ধতি সমভাবে প্রযোজ্য। ৬.১নং চিত্রে, ওয়াটমিটার W_1-এর পাঠ,

মনে করি, v_1 = R ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ

v_2 = Y ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ

v_3 = B ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ

এবং i_1 = R ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট

i_2 = Y ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট

i_3 = B ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট

$\therefore$ w_1 ওয়াটমিটারের P.C কয়েলের আড়আড়ি ভোল্টেজ = $v_1 - v_3$

এবং w_2 ওয়াটমিটারের P.C কয়েলের আড়আড়ি ভোল্টেজ = $v_2 - v_3$

সুতরাং w_1 ওয়াটমিটারের পাঠ = P.C এর আড়আড়ি ভোল্টেজ $\times$ C.C এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট

$P_1 = i_1 \times (v_1 - v_3)$

আবার, w_2 ওয়াটমিটারের পাঠ $P_2 = i_2 (v_2 - v_3)$

∴ ওয়াটমিটার দুটির পাঠের যোগফল

$$
\begin{aligned}
P &= P_1 + P_2 \\
&= i_1 (v_1 - v_3) + i_2 (v_2 - v_3) \\
&= i_1 v_1 - i_1 v_3 + i_2 v_2 - i_2 v_3 \\
&= v_1 i_1 + v_2 i_2 - v_3 (i_1 + i_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}
\end{aligned}
$$

৬.১(ক) নং চিত্রে কারশফের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\therefore i_1 + i_2 = - i_3$$

(i) নং সমীকরণে $(i_1 + i_2) = i_3$ বসিয়ে পাই,

$$
\begin{aligned}
P &= v_1 i_1 + v_2 i_2 - v_3 \times (- i_3) \\
&= v_1 i_1 + v_2 i_2 + v_3 i_3
\end{aligned}
$$

সুতরাং তিন ফেজ সার্কিটের, ব্যালেন্সড় অথবা আনব্যালেন্সড যাই হোক না কেন, দুটি ওয়াটমিটারের তাৎক্ষণিক পাঠের যোগফল লোড কর্তৃক গৃহীত পাওয়ারের সমান।

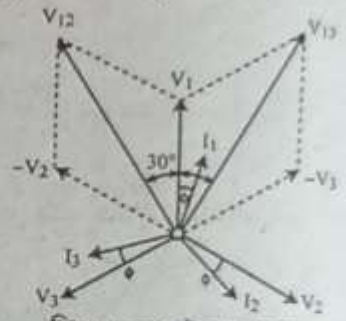
এক ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে ৩ফেজ পাওয়ার পরিমাপ

কারেন্ট কয়েলকে একটি লাইনে এবং প্রেসার কয়েলের একপ্রান্ত একই লাইনে ও অপর প্রান্ত পর্যায়ক্রমে অন্য দু' লাইনে সংযোগ করা হয়।

আমরা জানি, $V_1 = V_2 = V_3 = V$

$I_1 = I_2 = I_3 = I$

এবং $V_{12} = V_{13} = \sqrt{3}\, V$



চিত্র ঃ ৬.৩ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

যখন সুইচ 2-এ সংযোগ দেয়া হয়, তখন ওয়াটমিটার পাঠ,

$$P_1 = V_{13} I_1 \cos(30° - \phi)$$
$$= \sqrt{3}\, V I \cos(30° - \phi)$$

যখন সুইচ 1-এ সংযোগ দেয়া হয়, তখন ওয়াটমিটার পাঠ,

$$P_2 = V_{12} I_1 \cos(30° + \phi)$$
$$= \sqrt{3}\, V I \cos(30° + \phi)$$

ওয়াটমিটারের দুটি ভিন্ন পাঠের যোগফল–

$$P_1 + P_2 = \sqrt{3}\, VI \cos(30° - \phi) + \sqrt{3}\, VI \cos(30° + \phi)$$
$$= \sqrt{3}\, VI [\cos(30° - \phi) + \cos(30° + \phi)]$$
$$= \sqrt{3}\, VI \cos\phi$$

এরূপে ওয়াটমিটারের দুটি পাঠের যোগফল, লোড কর্তৃক গৃহীত মোট পাওয়ারের সমান,

$$P = P_1 + P_2$$

পাওয়ার ফ্যাক্টর (Power factor) ঃ

দু' ওয়াটমিটার পদ্ধতির মতোই–

$$\tan\phi = \sqrt{3} \times \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$$

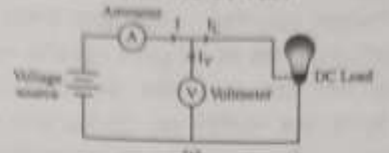
$$\phi = \tan^{-1}\left[\sqrt{3} \times \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}\right]$$

এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর,

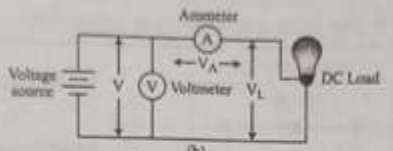
$$\cos\phi = \cos\left[\tan^{-1}\left(\sqrt{3} \times \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}\right)\right]$$

অ্যামিটার ভোল্টমিটার পদ্ধতিতে পাওয়ার পরিমাপ

৬.২ অ্যামিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতিতে পাওয়ার পরিমাপ (Power measurement by ammeter-voltmeter method) :



(a)



(b)

চিত্র ঃ ৬.৪ (a) ও (b)

চিত্র (a)-তে, অ্যামিটার সার্কিটের মাধ্যমে মোট কারেন্ট পরিমাপ করে এবং এই কারেন্ট হলো ভোল্টমিটার ও লোডের মাধ্যমে কারেন্টের যোগফল। তাই পাওয়ার পরিমাপ মিটার দ্বারা পাওয়ার অ্যাবজর্পশনের (Absorption) সাথে যুক্ত, যা চিত্র (b)-তে দেখানো হয়েছে। কিন্তু ভোল্টমিটার ভোল্টেজ ড্রপ পরিমাপ করে অ্যামিটারের আড়াআড়িতে এবং এখানে ত্রুটি (Error) পরিমাপ করার জন্য লোডের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ যোগ করা হয়, এই ত্রুটিকে বলা হয় সন্নিবেশ ত্রুটি (Insertion errors)। যাই হোক, এই ত্রুটি পরিমাপ করা যেতে পারে যখন ভোল্টমিটার কারেন্ট (I_v) তুলনা করা হয় অ্যামিটার কারেন্ট (I), অ্যামিটারের আড়াআড়ি ভোল্টেজ (V_A) এবং ভোল্টমিটারের আড়াআড়ি ভোল্টেজ V-এর সাথে। তাই পাওয়ার পরিমাপ ট্রু পাওয়ার (True power) অথবা অ্যাকটিভ পাওয়ার (Active power) এর সাথে সমঞ্জস্যপূর্ণ হবে। যেহেতু অ্যামিটার এবং ভোল্টমিটার একটি ওয়াটমিটারের চেয়ে বেশি সংবেদনশীল, তাই পরিমাপের মান ওয়াটমিটারের চেয়ে আরো সঠিক। অতএব, মিটারের রিডিং দ্বারা পাওয়ার গণনা করা যেতে পারে।

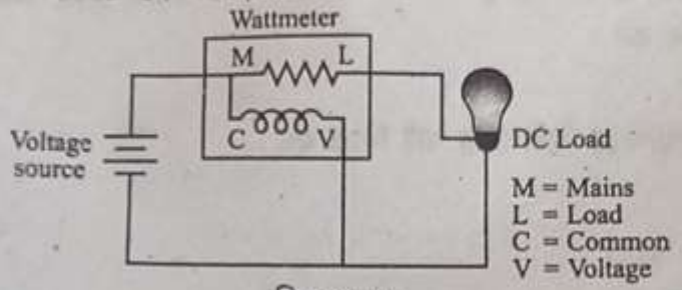
$$\boxed{P = VI} \text{ Watts}$$

এখানে, P = Total power
V = Voltage (Volt)
I = Ammeter (Amp)

ওয়াট মিটার দ্বারা পাওয়ার পরিমাপ

৬.৩ ওয়াটমিটার দ্বারা পাওয়ার পরিমাপ (Power measurement by wattmeter) ঃ

ডিসি সার্কিটে পাওয়ার পরিমাপের চিত্র নিচে দেওয়া হলো ঃ



চিত্র ঃ ৬.৫

ওয়াটমিটার চারটি টার্মিনাল নিয়ে গঠিত, যথা ঃ Mains (M), Load (L), Common (C) এবং Voltage (V)। এ সংযোগে, M এবং L টার্মিনালগুলো লোড সার্কিটের উভয় পাশে সংযুক্ত থাকে এবং C ও V টার্মিনাল সার্কিটের আড়াআড়িতে সংযোগ থাকে। পাওয়ার পরিমাপের জন্য M এবং C টার্মিনাল অবশ্যই শর্ট থাকতে হবে। আজকাল, ইলেকট্রনিক ওয়াটমিটার কম পরিমাণের বিদ্যুৎ পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়, যা ইলেকট্রোডায়নামোমিটারের চেয়ে বেশি ফ্রিকুয়েন্সিতে রেট দেওয়া হয়। এটি হাই-প্রিসিশন সঠিক পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়।

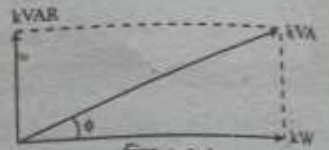
ইলেকট্রনিক ওয়াটমিটার অ্যানালগ বা ডিজিটাল টাইপ হতে পারে।

আধুনিক ডিজিটাল ইলেকট্রনিক ওয়াটমিটার প্রতি সেকেন্ডে হাজার হাজার ভোল্টেজ ও কারেন্ট সরবরাহ করে। এ ছাড়াও সময়ের পাওয়ার মানগুলো লগ করে এবং তাদেরকে ডিজিটাল ডিসপ্লেতে প্রদর্শন করে।

৭ম-অধ্যায়
পাওয়ার ফ্যাক্টরপরিমাপ

৭.২ পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন (State the formula of power factor) ঃ

পাওয়ার ফ্যাক্টর kW এবং kVA এর অনুপাত ইলেকট্রিক্যাল লোড দ্বারা এটি অংকন করা হয়। যেখানে kW হলো প্রকৃত পাওয়ার এবং kVA হলো আপাত পাওয়ার।



চিত্র ঃ ৭.১

থ্রি-ফেজ ক্যালকুলেশন ঃ

kVA = Line current × line voltage × $\sqrt{3}$/1000
kVA = I × V × 1.732/1000
kW = True power
pf = power factor = cosθ

$$\boxed{pf = \cos\theta = \frac{kW}{kVA}}$$

বা, $kW = kVA \times pf = V \times I \times \sqrt{3} \times pf$

$kVAR = kVA \times \sin\theta = kVA \times \sqrt{(1 - pf \times pf)}$
$= kVA \times \sqrt{(1 - \cos^2)}$

সিঙ্গেল ফেজ ক্যালকুলেশন ঃ

kVA = line current × phase voltage/1000
kVA = I × V/1000
kW = True power
pf = power factor = cosθ

$$\boxed{\cos\theta = pf = \frac{kW}{kVA}}$$

বা, $kW = kVA \times pf = V \times I \times \sqrt{3} \times p.f$

$kVAR = kVA \times \sin\theta = kVA \times \sqrt{(1 - pf \times pf)}$
$= kVA \times \sqrt{(1 - \cos^2\theta)}$

দুই ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে পাওয়ার পরিমাপ

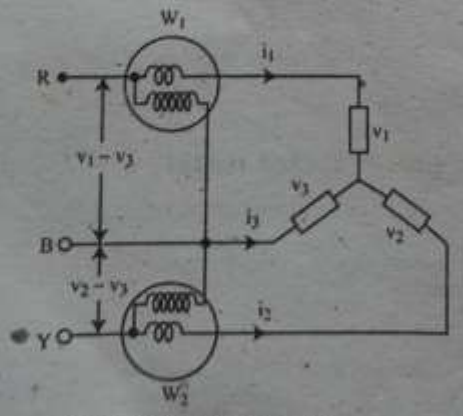
= kVA × √(1 − cos θ)

৭.৩ বিভিন্ন ধরনের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ পদ্ধতি (Different method of measuring power factor) :

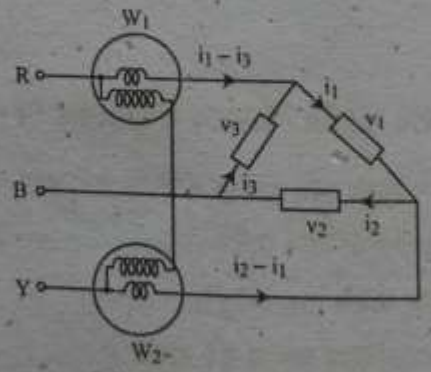
(a) দু' ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে পাওয়ার পরিমাপ (Method for measurement of three phase power by two wattmeters) :

সচরাচর ব্যবহৃত দু' ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে ব্যালেন্সড্ অথবা আনব্যালেন্সড্ উভয় ধরনের তিন ফেজ, তিন তার সার্কিটে পাওয়ার পরিমাপ করা যায়।

এ পদ্ধতিতে ওয়াটমিটারের কারেন্ট কয়েলসমূহ যে-কোনো দু' লাইনে এবং প্রতিটির ভোল্টেজ কয়েলকে তৃতীয় লাইনে সংযোগ করা হয়।



(ক) Star connection system



(খ) Delta connection system

চিত্র : ৭.২

৭.২নং চিত্রে 1 নং ও 2 নং লাইনে কারেন্ট কয়েল দু'টিকে এবং 3 নং লাইনে ভোল্টেজ কয়েল দু'টি সংযোগ করা হয়েছে।

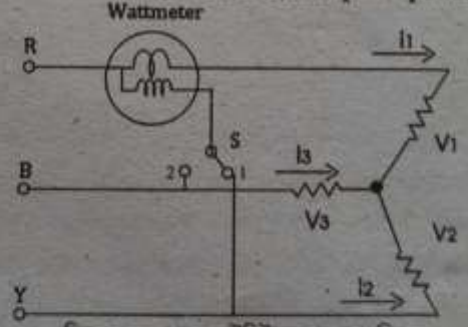
এটা প্রমাণ করা যেতে পারে যে, W_1 এবং W_2 কর্তৃক নির্দেশিত পাওয়ার তাৎক্ষণিক (Instantaneous) পাওয়ারের সমান। নিম্নলিখিত আলোচনায় আমরা **স্টার সংযুক্ত** লোডকে বিবেচনায় আনবো, যদিও **ডেল্টা সংযুক্ত** লোডের বেলায়ও এ পদ্ধতি সমভাবে প্রযোজ্য। ৭.২নং চিত্রে, ওয়াটমিটার W_1-এর পাঠ,

মনে করি, v_1 = R ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ
v_2 = Y ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ
v_3 = B ফেজের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ
এবং i_1 = R ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট
i_2 = Y ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট
i_3 = B ফেজের তাৎক্ষণিক কারেন্ট
$\therefore$ w_1 ওয়াটমিটারের P.C কয়েলের আড়আড়ি ভোল্টেজ = $v_1 - v_3$
এবং w_2 ওয়াটমিটারের P.C কয়েলের আড়আড়ি ভোল্টেজ = $v_2 - v_3$
সুতরাং w_1 ওয়াটমিটারের পাঠ = P.C এর আড়আড়ি ভোল্টেজ × C.C এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট
$P_1 = i_1 \times (v_1 - v_3)$
আবার, w_2 ওয়াটমিটারের পাঠ $P_2 = i_2 (v_2 - v_3)$
$\therefore$ ওয়াটমিটার দুটির পাঠের যোগফল
$P = P_1 + P_2$
$= i_1 (v_1 - v_3) + i_2 (v_2 - v_3)$
$= i_1 v_1 - i_1 v_3 + i_2 v_2 - i_2 v_3$
$= v_1 i_1 + v_2 i_2 - v_3 (i_1 + i_2)$ ..... (i)
৭.২(ক) নং চিত্রে কারশফের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$i_1 + i_2 + i_3 = 0$
$\therefore i_1 + i_2 = - i_3$
(i) নং সমীকরণে $(i_1 + i_2) = i_3$ বসিয়ে পাই,
$P = v_1 i_1 + v_2 i_2 - v_3 \times (- i_3)$
$= v_1 i_1 + v_2 i_2 + v_3 i_3$

সুতরাং তিন ফেজ সার্কিটের, ব্যালেন্সড্ অথবা আনব্যালেন্সড যাই হোক না কেন, দুটি ওয়াটমিটারের তাৎক্ষণিক পাঠের যোগফল লোড কর্তৃক গৃহীত পাওয়ারের সমান।

এক ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে তিন ফেজ পাওয়ার পরিমাপ

(b) এক ওয়াটমিটার পদ্ধতিতে তিন ফেজ পাওয়ার পরিমাপ (Method of three phase power measurement by one wattmeter) :



চিত্র ঃ ৭.৩ এক ওয়াটমিটারের সংযোগচিত্র

শুধুমাত্র ব্যালেন্সড্ লোডেই এক ওয়াটমিটার পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। ৭.৩নং চিত্রে এর সংযোগ এবং ৭.৪ নং চিত্রে ভেক্টর চিত্র দেখানো হয়েছে।

কারেন্ট কয়েলকে একটি লাইনে এবং প্রেসার কয়েলের একপ্রান্ত একই লাইনে ও অপর প্রান্ত পর্যায়ক্রমে অন্য দু' লাইনে সংযোগ করা হয়।

আমরা জানি, $V_1 = V_2 = V_3 = V$,

$I_1 = I_2 = I_3 = I$

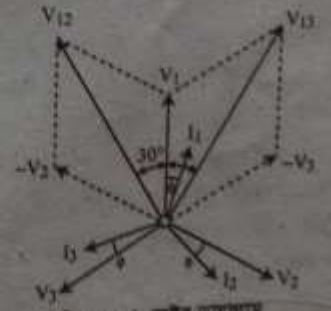
এবং $V_{12} = V_{13} = \sqrt{3}\, V$

যখন সুইচ 2-এ সংযোগ দেয়া হয়, তখন ওয়াটমিটার পাঠ,

$$P_1 = V_{13} I_1 \cos(30° - \phi)$$
$$= \sqrt{3}\, V I \cos(30° - \phi)$$

যখন সুইচ 1-এ সংযোগ দেয়া হয়, তখন ওয়াটমিটার পাঠ,

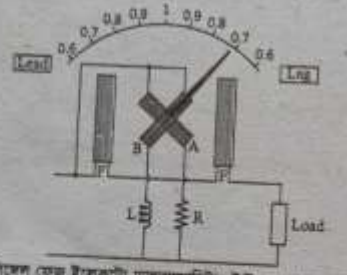
$$P_2 = V_{12} I_1 \cos(30° + \phi)$$
$$= \sqrt{3}\, V I \cos(30° + \phi)$$



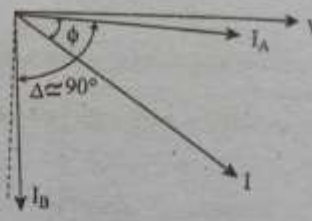
চিত্র ঃ ৭.৪ ভেক্টর ডায়াগ্রাম

ইলেকট্রোডায়নামো মিটার ব্যবহার করে পাওয়ার ফেক্টর পরিমাপ পদ্ধতি:

৭.৪ ইলেকট্রোডায়নামোমিটার ব্যবহার করে পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ পদ্ধতির বর্ণনা (Explain the method of measuring power factor using electrodynamometer) ঃ



চিত্র ঃ ৭.৫ সিঙ্গেল ফেজ ইলেকট্রো-ডায়নামোমিটার টাইপ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার



চিত্র ঃ ৭.৬ ফেজর ডায়াগ্রাম

গঠনপ্রণালি ঃ ৭.৫ নং চিত্রে সিঙ্গেলফেজ ডায়নামোমিটার টাইপ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের গঠনাকৃতি দেখানো হয়েছে। এটা ফিক্সড কয়েল দ্বারা গঠিত, যা কারেন্ট কয়েল হিসেবে কাজ করে। এই কয়েলকে দু' ভাগে ভাগ করা হয়েছে (F, F) এবং পরীক্ষাধীন সার্কিটের কারেন্ট বহন করে। সুতরাং, এই কয়েল কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র মেইন কারেন্টের সমানুপাতিক। এই চৌম্বকক্ষেত্রের মাঝখানে একই ধরনের দুটি প্রেসার কয়েল [A এবং B] স্পিন্ডলের উপর পরস্পর 90° কোণে পিভট করা, যা মুভিং সিস্টেম গঠন করে। একটি মন-ইন্ডাক্টিভ রেজিস্ট্যান্স (R) প্রেসার-কয়েল A-এর সাথে এবং একটি উচ্চমানের ইন্ডাক্টিভ কয়েল (L), প্রেসার কয়েল B-এর সাথে সিরিজে সংযুক্ত আছে। সার্কিটের ভোল্টেজের আড়াআড়িতে কয়েল দুটি সংযুক্ত করা আছে। R এবং L-এর মান এমনভাবে নির্ধারণ করা হয়, যাতে স্বাভাবিক ফ্রিকুয়েন্সিতে কয়েল দুটি একই মানের কারেন্ট বহন করতে পারে। অর্থাৎ—

$$R = \omega L$$

A-কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, সার্কিট-ভোল্টেজের সাথে ইন-ফেজ এবং B-কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, ভোল্টেজের চেয়ে 90° পিছনে (Lagging) থাকে। কয়েলের প্ল্যানের মধ্যবর্তী কোণও 90° রাখা হয়। এতে কোনো কন্ট্রোলিং ডিভাইস ব্যবহার করা হয় না। [৭.৬নং চিত্র দ্রষ্টব্য]

কার্যপ্রণালি ঃ সমস্যা সহজ করার জন্য ধরা যাক, B-কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, ভোল্টেজের ঠিক 90° পিছনে (Lagging) আছে এবং কয়েলের প্ল্যানের মধ্যবর্তী কোণ ঠিক 90°।

এখন এখানে দুটি ডিফ্লেকটিং টর্ক হবে, একটি কয়েল A-র উপর এবং অন্যটি কয়েল B-র উপর ক্রিয়া করবে। কয়েল দুটি এমনভাবে পেঁচানো হয়েছে, যেন কয়েল দুটিতে সৃষ্ট টর্ক বিপরীতমুখী হয়। সুতরাং, পয়েন্টারটি এমন একটি অবস্থান গ্রহণ করবে, যেখানে টর্ক দুটি সমান।

লাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর ($\cos\phi$) বিবেচনা করা যাক।

A-কয়েলের ক্রিয়াশীল ডিফ্লেকটিং টর্ক,

$$T_A = KVIM_{max} \cos\phi \sin\theta$$

এখানে, θ = রেফারেন্স প্ল্যান হতে কৌণিক বিক্ষেপ,

M_{max} = দু'টি কয়েলের মধ্যবর্তী মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের সর্বোচ্চ মান। ধরা যাক, এই টর্ক দক্ষিণাবর্তে (Clockwise Direction) ক্রিয়া করে।

B-কয়েলে ক্রিয়াশীল ডিফ্লেকটিং টর্ক,

$$T_B = KVIM_{max} \cos(90° - \phi) \sin(90° + \theta)$$
$$= KVIM_{max} \sin\phi\cos\theta.$$

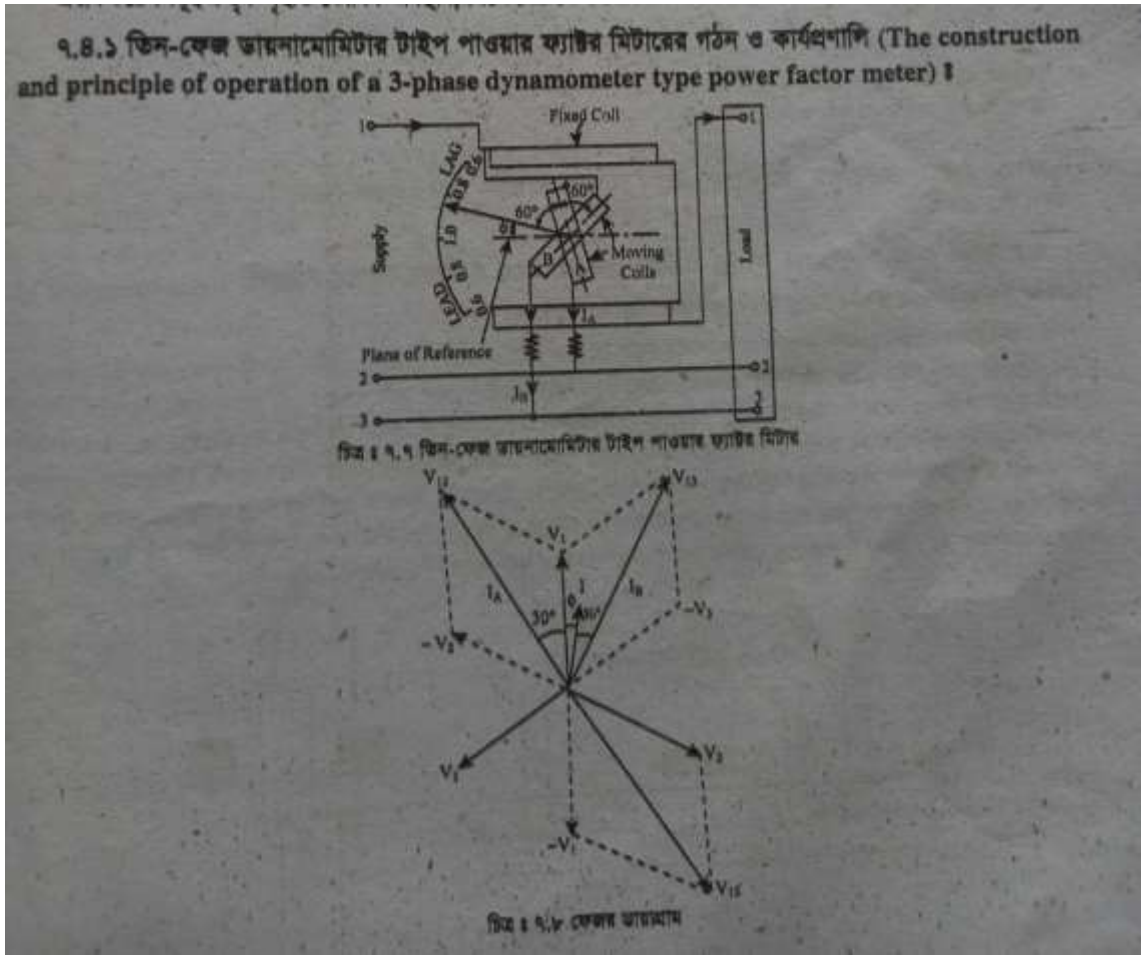
এই টর্ক বামাবর্তে (Anticlockwise Direction) ক্রিয়া করে। কয়েল দু'টি এমন একটি অবস্থান গ্রহণ করে, যেখানে টর্ক দু'টি সমান।

সুতরাং সাম্যাবস্থায় (At balance)

$$T_A = T_B$$
$$KVIM_{max} \cos\phi \sin\theta = KVIM_{max} \sin\phi \cos\theta$$
অর্থাৎ, $$\cos\phi \sin\theta = \sin\phi \cos\theta$$
অথবা, $$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\sin\phi}{\cos\phi}$$
অথবা, $$\tan\theta = \tan\phi$$
সুতরাং, $$\theta = \phi$$

অর্থাৎ কয়েলসমূহ কর্তৃক গৃহীত কৌণিক অবস্থান, সিস্টেমের ফেজ কোণের সমান।

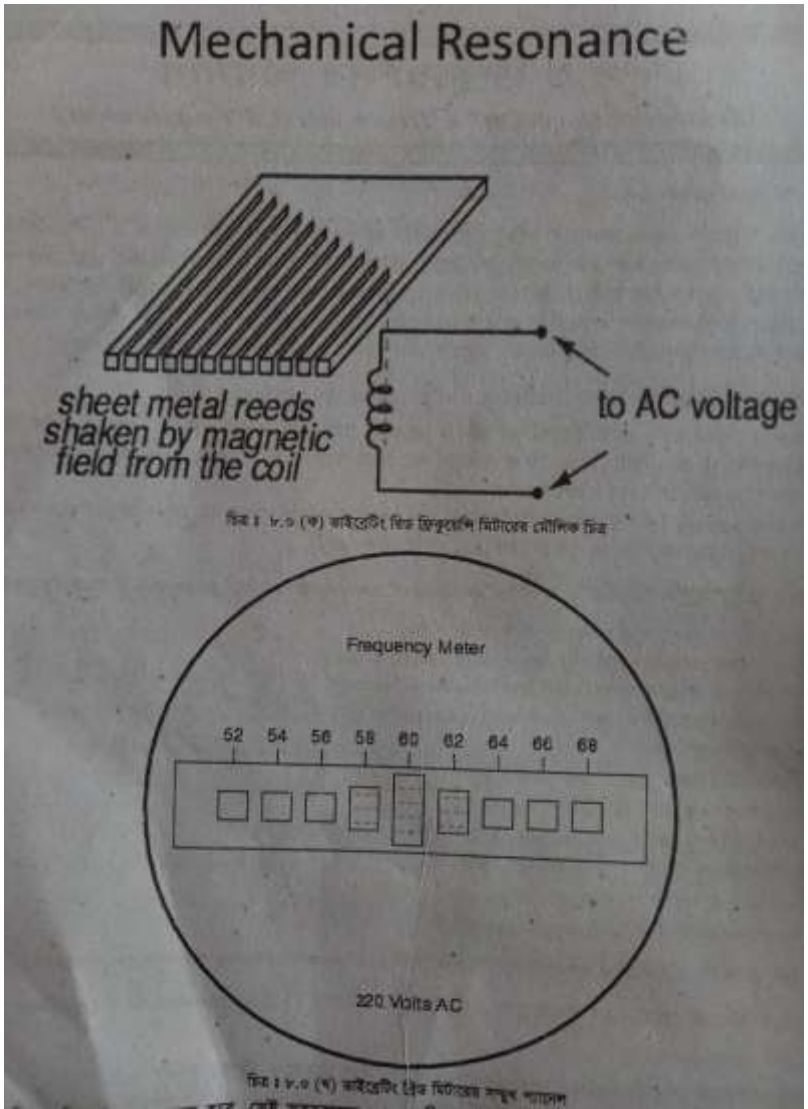
তিন ফেজ ইলেকট্রোডায়নামো মিটার ব্যবহার করে পাওয়ার ফেক্টর মিটারের গঠন ও কার্যপ্রনালী



৮ম-অধ্যায়
ফেজ ও ফ্রিকুয়েন্সী পরিমাপ

- ফেজ: ফেজ হলো একটি ইলেকট্রনিক সার্কিটে ওয়েভফর্ম সাইকেলের সময়ের ইনস্ট্যান্ট পজিশন। একটি সম্পর্ণ সাইকেল ডিফাইন্ড করা হয় ৩৬০ ডিগ্রী ফেজে।
- ফিকুয়েন্সী: একটি অল্টারনেটিভ সাইকেল প্রতিসেকেন্ডে যতবার সম্পন্ন হয়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সী বলে।

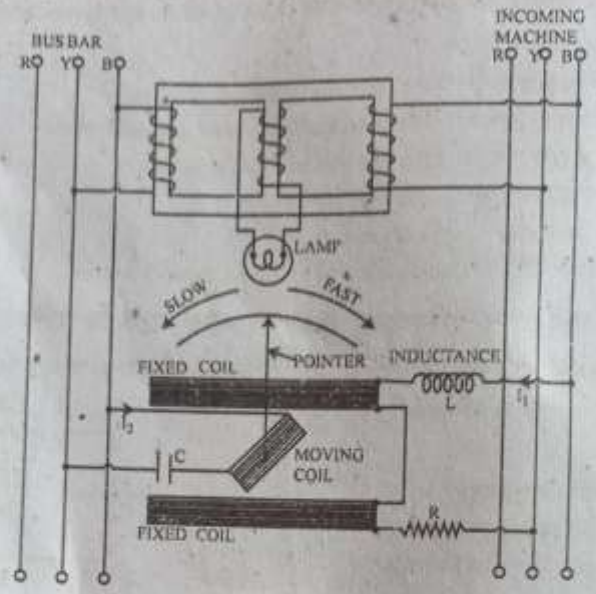
মেকানিক্যাল রেজোন্যান্স ব্যবহারকরে ফ্রিকুয়েন্সী পরিমাপ:



সিনক্রোস্কোপ ব্যবহার করে ফেজ ডিটেকশন

চিত্র ঃ ৮.২

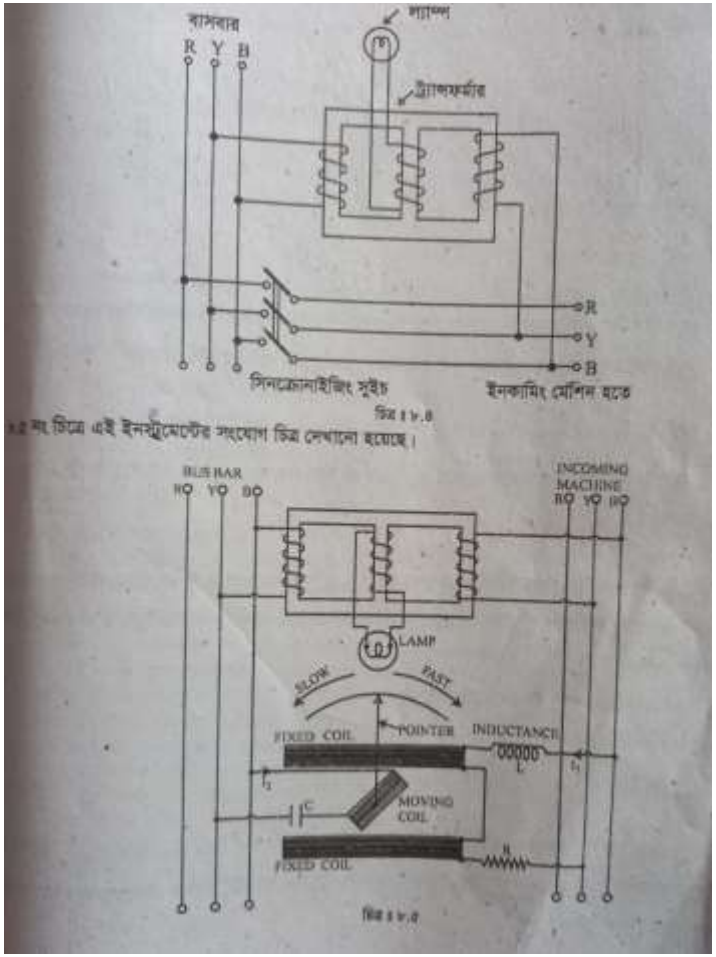
৮.৬ সিনক্রোস্কোপ ব্যবহার করে ফেজ ডিটেকশন (Detection of phase using synchroscope) ঃ



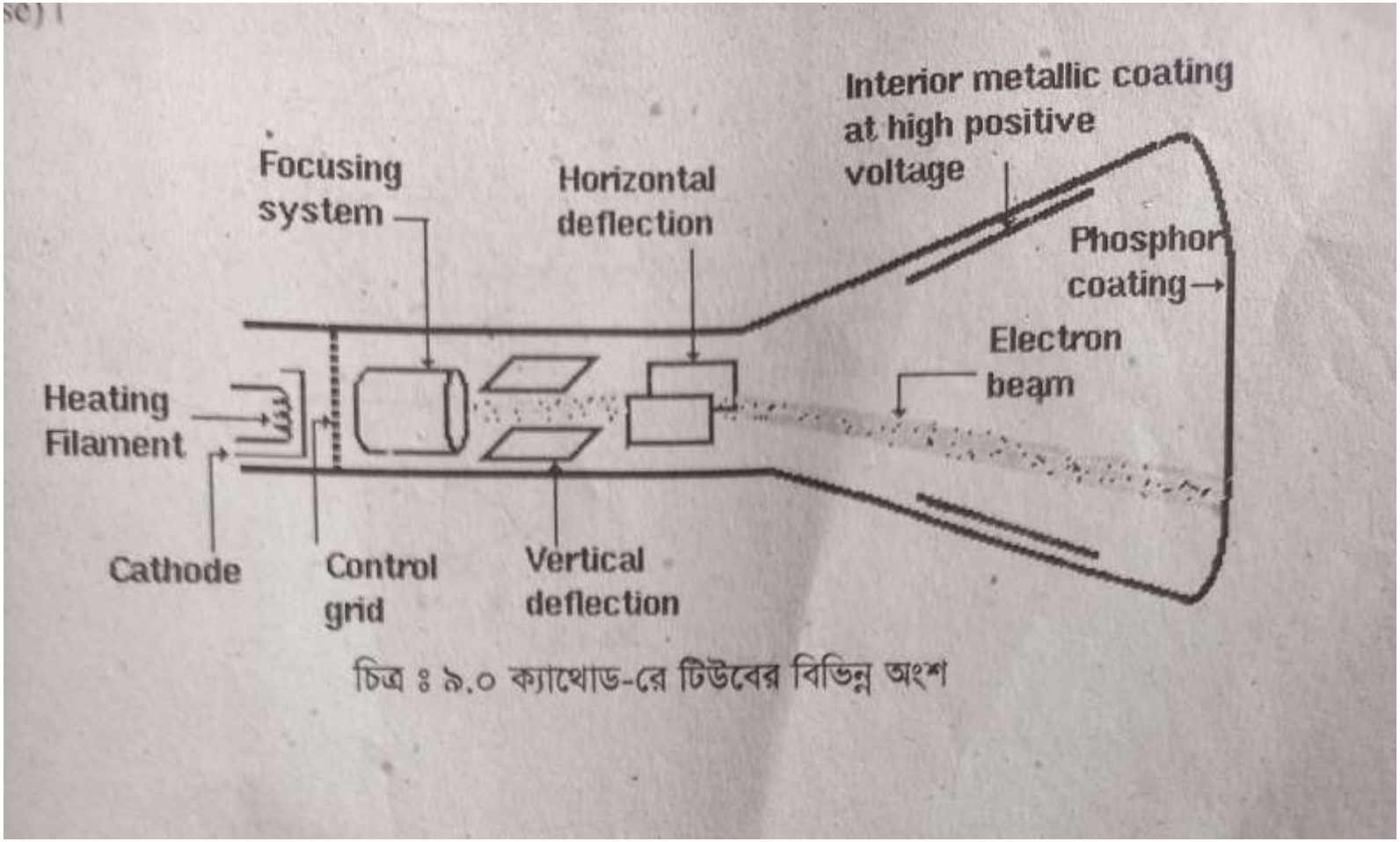
চিত্র ঃ ৮.৩ ইলেকট্রোডায়নামোমিটার টাইপ সিনক্রোস্কোপ

গঠনাকৃতি ঃ ৮.৩ নং চিত্রে ডায়নামোমিটার টাইপ সিনক্রোস্কোপের একটি সহজ সার্কিট দেখানো হয়েছে। তিন লেগবিশি একটি ট্রান্সফর্মার দ্বারা এটা গঠিত। এর বহিঃলেগ দুটি ওয়াইন্ডিং-এর একটি বাসবার এবং অপরটি ইনকামিং মেশিন কর্তৃক উত্তেজিত বা এক্সাইটেড হয়। মধ্য-লেগের ওয়াইন্ডিং-এর সাথে একটি বাতি সংযোগ করা হয়। বহিঃলেগের দুটি ওয়াইন্ডিং-এ দুটি ফ্লাক্স উৎপন্ন হয় এবং এই ফ্লাক্স মধ্য-লেগ দিয়ে প্রবাহিত হয়। মধ্য-লেগ দিয়ে প্রবাহিত এই লব্ধি-ফ্লাক্স এই দুটি ফ্লাক্সের ভেক্টর যোগফলের সমান।

সিনক্রোস্কোপ ব্যবহার করে ফেজ ডিটেকশন

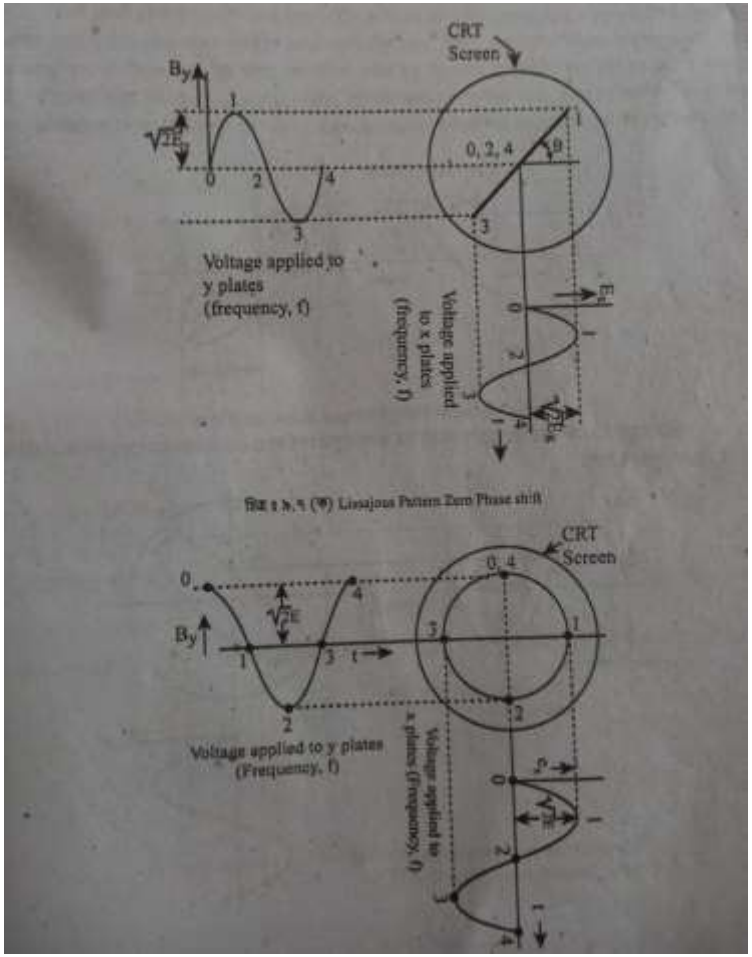


৯ম-অধ্যায়
ক্যাথোড রে টিউব এর বিভিন্ন অংশ

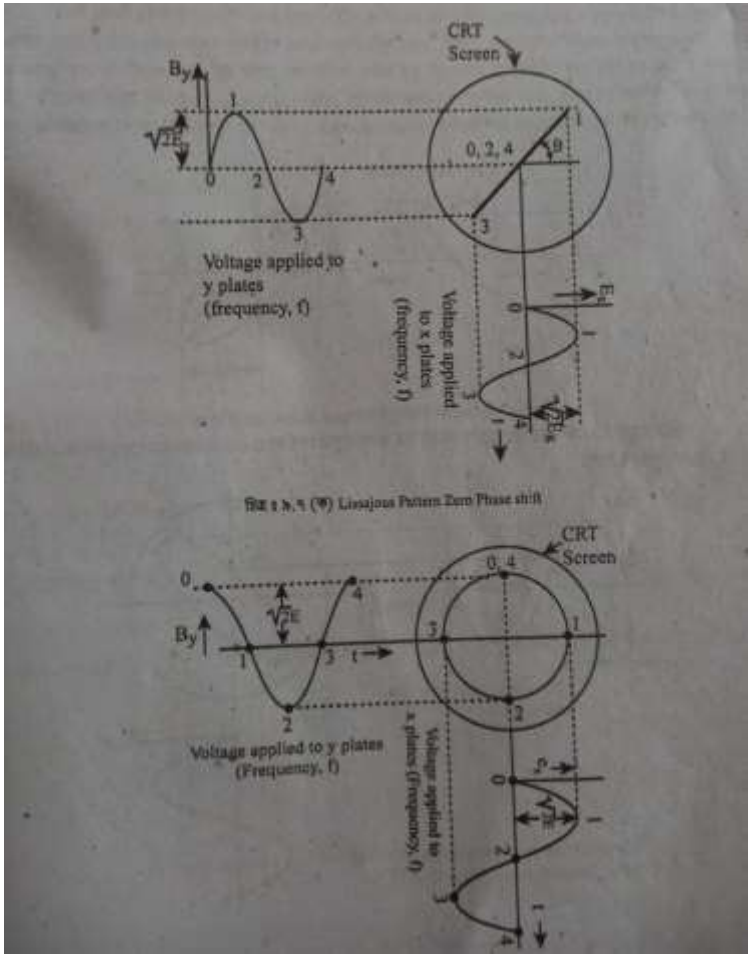


চিত্র ঃ ৯.০ ক্যাথোড-রে টিউবের বিভিন্ন অংশ

ক্যাথোড রে টিউব ব্যবহার করে ফেজ পরিমাপ



লিসাজস প্যাটার্ণ

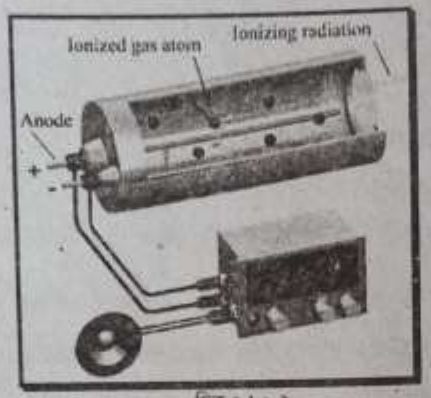


CRT Screen
Voltage applied to y plates (frequency, f)
Voltage applied to x plates (frequency, f)
Lissajous Pattern Zero Phase shift
CRT Screen
Voltage applied to y plates (Frequency, f)
Voltage applied to x plates (frequency, f)

১০ম- অধ্যায় রেডিয়েশন পরিমাপ
গিজার- মুলার ব্যবহার করে রেডিয়েশন পরিমাপ

১০.৪ গিজার-মুলার কাউন্টার ব্যবহার করে রেডিয়েশন পরিমাপ (Measurement of radiation ... Geiger-Muller counter) ঃ

এই বিখ্যাত যন্ত্রটির নামকরণ করেন দুইজন পদার্থবিজ্ঞানী, যারা ১৯২৮ সালে কাউন্টার উদ্ভাবন করেছিলেন। মুলার হেন্স গিজারের ছাত্র ছিলেন। কাউন্টার দুটি ইলেকট্রোডের সাথে একটি গ্যাস ভলিউম এবং একটি উচ্চ ভোল্টেজ নিয়ে গঠিত। প্রায়ই ডিটেক্টর এলিমেন্ট একটি নেগেটিভ চার্জ ইলেকট্রোড এবং একটি পজিটিভ চার্জ ইলেকট্রোড মধ্য অক্ষ বরাবর সিলিন্ড্রিক্যাল আকারের হয়। সেনসিটিভ ভলিউম হলো একটি টিউব, যা পালসার কাউন্টারের সাথে সংযুক্ত করা হয়। কাউন্টার রেডিয়েশন ইনটেনসিটি সম্পর্কে তথ্য প্রদান করে।



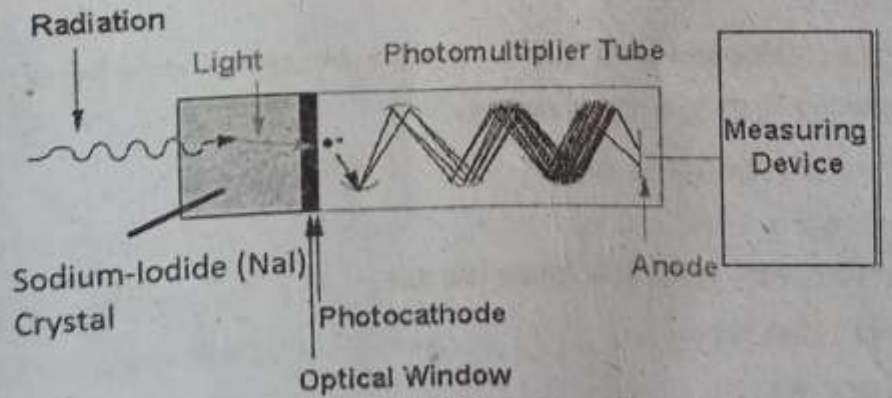
চিত্র ঃ ১০.২

আয়নাইজিং রেডিয়েশন গ্যাস ভলিউমের মাধ্যমে আয়ন গ্যাস তৈরি করে। প্রতিটি ইলেকট্রন সেন্ট্রাল ইলেকট্রোডকে আকৃষ্ট করে ক্যাসকেডে নতুন আয়ন তৈরি করে, যা উচ্চ ভোল্টেজের জন্য যথেষ্ট। এটি একটি পালস, যা কাউন্টার সিস্টেম দ্বারা শনাক্ত করা হয় এবং এ ছাড়াও এটি অডিবল ক্লিক উৎপন্ন করে তথ্য স্পিকারে পাঠায়। কাউন্টারটি সতর্কীকরণ যন্ত্র হিসাবে ব্যবহার করা যেতে পারে। তাই, এ ধরনের বিকিরণ বা তার শক্তি সম্পর্কে তথ্য পাওয়া যায় না। আলফা (α) পার্টিক্যালের জন্য প্রতিটি সেনসিটিভ গ্যাস ভলিউমে রেডিয়েশন পৌছানো কঠিন হতে পারে। জি-এম (G-M) কাউন্টারটি β এবং γ-emitting-এর সাথে স্থানীয়করণের উপযুক্ত যন্ত্রের সাথে সম্পর্কযুক্ত তেজস্ক্রিয়তা।

সেন্টিলেশন কাউন্টার ব্যবহার করে রেডিয়েশন পরিমাপ

১০.৫ সেন্টিলেশন কাউন্টার ব্যবহার করে রেডিয়েশন পরিমাপ (Measurement of radiation using scintillation counter) ঃ

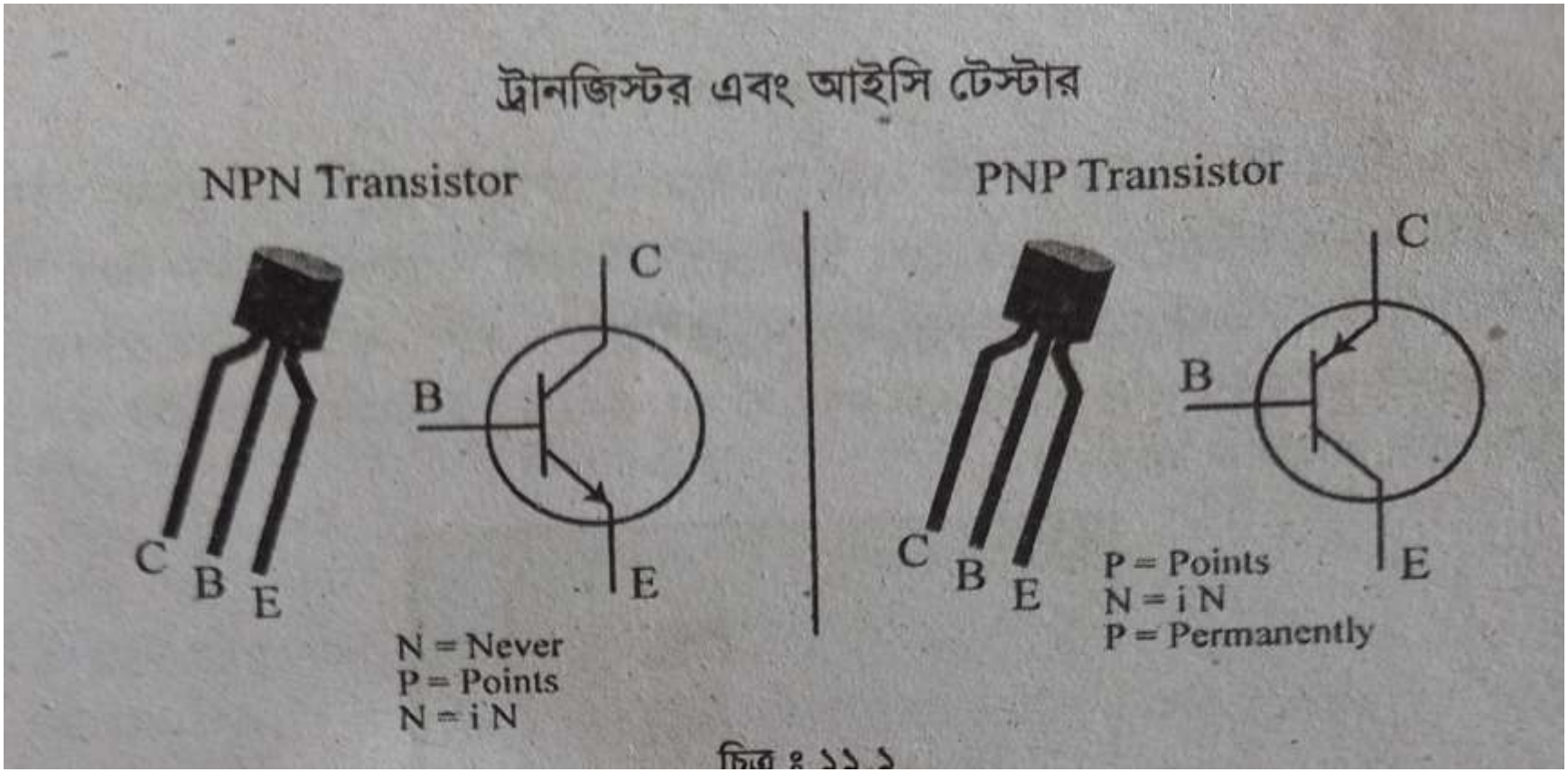
সেন্টিলেশন কাউন্টারটি মূলনীতির উপর ভিত্তি করে প্রমাণিত হয় যে, যখন এটি এক্সপোজড হয় তখন আলো নির্গত হয় রেডিয়েশন থেকে উভয় কঠিন এবং তরল scintillators পাওয়া যাবে। কিছু জৈব যৌগ যেমন–



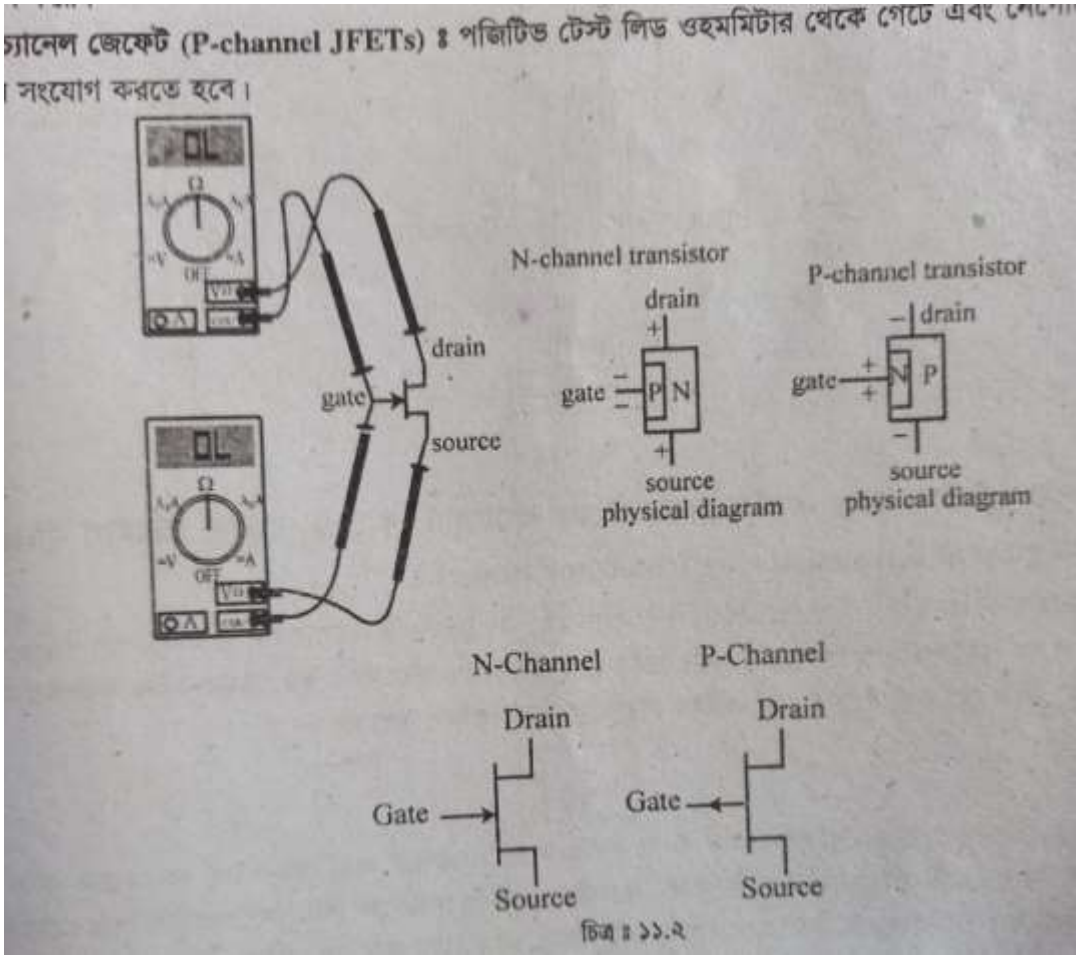
চিত্র ঃ ১০.৩ সেন্টিলেশন কাউন্টার ব্যবহার করে রেডিয়েশন ডিটেকশন

বেনজিন এবং অ্যানথ্রাসিন ব্যবহার করা যেতে পারে। অনেক পরীক্ষায় ক্রিস্টাল সোডিয়াম আয়োডাইড (NaI) এর স্ফটিক ব্যবহার করা হয়। রেডিয়েশন Scintillators পরস্পরের সঙ্গে ক্রিয়া করে যখন এটি হালকা পালস উৎপাদন করে রেকর্ড করা হয় ফটো মাল্টিপ্লায়ার টিউব দ্বারা। সোডিয়াম আয়োডাইড এর (NaI) একটি সিঙ্গেল ক্রিস্টাল ভিন্ন ভিন্ন লিটার ভলিউম দিয়ে তৈরি করা যেতে পারে। বিশ্বের সব হাসপাতালে গামা ক্যামেরা আছে, যা সোডিয়াম আয়োডাইডের বড় প্লেটে ব্যবহার করা হয় 40cm (সেমি) এর চেয়ে বড় ব্যাসার্ধে। আলো নির্গত হয় যখন ক্রিস্টালটি γ শক্তির সাথে সমানুপাতিক। অতএব, এই কাউন্টারটি γ-রেডিয়েশন শক্তি পরিমাপে উপযোগী হয় এবং তাই এটি ব্যবহার করা যেতে পারে γ-নির্গত আইসোটোপ শনাক্ত করতে।

১১তম-অধ্যায়
ট্রানজিস্টর এবং IC টেস্টার:
ট্রানজিস্টর টেস্টার



ফেট টেস্টার:


ড্যানেল জেফেট (P-channel JFETs) ঃ পজিটিভ টেস্ট লিড ওহমমিটার থেকে গেটে এবং
সংযোগ করতে হবে।
drain
gate
source
N-channel transistor
drain
gate
P N
source
physical diagram
P-channel transistor
drain
gate
N P
source
physical diagram
N-Channel
Drain
Gate
Source
P-Channel
Drain
Gate
Source
চিত্র ঃ ১১.২

ধন্যবাদ