উপরের চুম্বকের কয়েলে ভোল্টেজের অনুপাতিক কারেন্ট এবং নিচের চুম্বকের কয়েলে লাইনের অনুপাতিক কা
প্রবাহিত হয়। ফলে উভয় চুম্বকের ফ্লাক্স-এর প্রভাবে ডিস্কে টর্ক উৎপন্ন হয়।

অর্থাৎ টর্ক $T \propto \phi_1\phi_2 \sin\alpha$

যেহেতু $\phi_1 \propto V$

$\phi_2 \propto I$

এবং $\alpha = 90 - \theta$

$\therefore T \propto VI \sin(90 - \theta)$

$T \propto VI \cos\theta \propto$ শক্তি পাওয়ার

ϕ_1 = আপার ম্যাগনেটের ফ্লাক্স

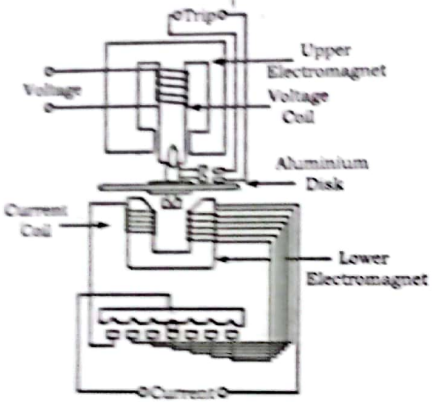
ϕ_2 = লোয়ার ম্যাগনেটের ফ্লাক্স

V = আরোপিত ভোল্টেজ

I = অপারেটিং কারেন্ট

$\alpha = \phi_1$ এবং ϕ_2 এর মধ্যে ফেজ পার্থক্য

θ = ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মধ্যে ফেজ পার্থক্য



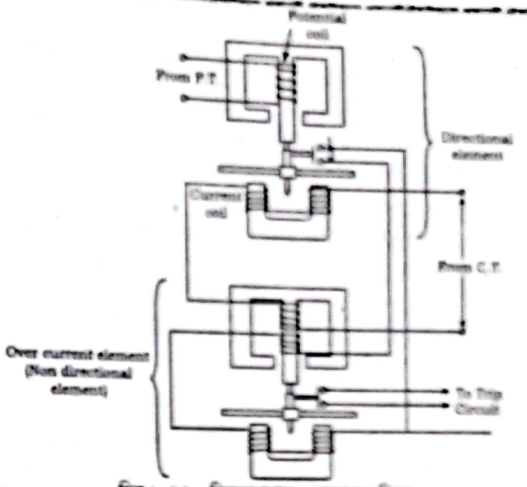
চিত্র-৮.২৬ : ইন্ডাকশন টাইপ ডিরেক্ট পাওয়ার রিলে

ডিস্কের ঘূর্ণনের দিক প্রবাহিত কারেন্ট এর দিক অনুযায়ী হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় উভয় ফ্লাক্সের প্রভাবে সৃষ্ট চাকতীয় ট্রিপ কন্টাক্ট-এর বিপরীত দিকে ঘুরায়, যাতে সরবরাহ নিরবচ্ছিন্ন থাকে। কিন্তু অস্বাভাবিক অবস্থায় ক্রটিযুক্ত ফ্লা পাওয়ার বিপরীত দিক হতে প্রবেশ করায় ফলে চাকতির ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তিত হয়ে ট্রিপ কয়েলের কন্টাক্টে সংযো করিয়ে ডাইরেক্টলি সার্কিট ব্রেকারকে ট্রিপ করিয়ে বর্তনীকে সরবরাহ হতে বিচ্ছিন্ন করে। প্রখর অনুভূতিশীল পি এর সাহায্যে এ রিলেকে আরো অনুভূতিশীল করা যায়। কারণ, এতে চালক বল (Driving force) প্রবাহিত পাওয়া অনুপাতিক হয়। এ প্রকার রিলে, সিনক্রোনাস মেশিন অথবা অনুরূপ যন্ত্রপাতিকে উল্টো দিকের বিদ্যুৎ প্রবাহ হতে রক্ষ করার জন্য ব্যবহার করা হয়। কিন্তু শর্ট সার্কিট অবস্থায় এর ব্যবহার অচল।

(খ) **ডিরেকশনাল ওভারলোড রিলে (Directional Over Load Relay) :** ডিরেকশনাল ওভারলোড রিলে ইন্ডাকশন টাইপ ওভারকারেন্ট রিলে এবং ডিরেক্ট পাওয়ার রিলের সমন্বয়ে গঠিত। উভয় প্রকার রিলে ইলিমেন্টসমূহকে একই পাত্রে রাখা হয়। ইলিমেন্ট দুটি হলো-

(১) **ডিরেকশনাল ইলিমেন্ট :** এটি পাওয়ার রিলের অন্তর্গত, যা নির্দিষ্ট দিকে পাওয়ার সরবরাহে কাজ করে। এ পটেনশিয়াল কয়েলটি সিস্টেম ভোল্টেজের পি.টি.র সাথে সংযুক্ত থাকে। এ ইলিমেন্টের কারেন্ট কয়েলটি সার্কিটে সি.টি.র মাধ্যমে উত্তোলিত হয়। এর কারেন্ট কয়েলে নন-ডিরেকশনাল ইলিমেন্টের আপারম্যাগনেটে ওয়াভিং করা হয়। ট্রিপ কন্টাক্ট 1 এবং 2 ওভারকারেন্ট ইলিমেন্টের সেকেন্ডারি সার্কিট সম্পূর্ণরূপে তৈরি না হওয়া পর্যন্ত বন্ধ করতে পারে না। অর্থাৎ আগে ডিরেকশনাল ইলিমেন্ট (কন্টাক্ট 1 এবং 2 বন্ধের মাধ্যমে) অপারেট করবে তারপর ওভারকারেন্ট ইলিমেন্ট কাজ করবে।

(২) **নন-ডিরেকশনাল ইলিমেন্ট :** এটি ওভারকারেন্ট ইলিমেন্ট। এখানে ডিস্কে মুভিং কন্টাক্ট থাকে, যা ডিরেকশনাল ইলিমেন্টের অপারেশনের পর ট্রিপ সার্কিটের কিন্তু কন্টাক্টকে বন্ধ করে। সার্কিটের জটিলতা পরিহার করার জন্য চিত্রে প্লাগ সেটিং রিজ এ অংশে দেখানো হয়নি। এটি ওভারকারেন্ট ইলিমেন্টের সর্বশেষে থাকে। ওভারকারেন্ট ইলিমেন্টের আপার ম্যাগনেটে সাথে বিচ্ছিন্ন টার্মিনাল এই প্লাগ সেটিং রিজে নেয়া হয়।



চিত্র-৮.২৭ : ডিরেকশনাল ওভারলোড রিলে

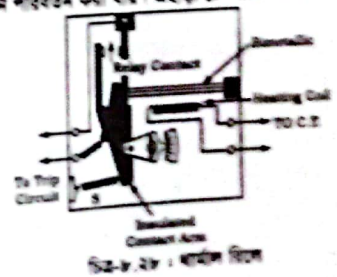
কার্যপ্রণালি : স্বাভাবিক অবস্থায় পাওয়ার সরবরাহ স্বাভাবিক দিকে প্রবাহিত হয় বলে ডিরেকশনাল পাওয়ার রিলে (আপার ইলিমেন্ট) কাজ করে না। এতে ওভারকারেন্ট ইলিমেন্ট অনুভূতির অবস্থায় থাকে। যখন শর্ট সার্কিট হয় বা অস্বাভাবিক অবস্থা হয়, তখন শর্ট সার্কিট কারেন্ট বা পাওয়ার বিপরীত দিক থেকে প্রবাহিত হতে চেষ্টা করে এবং এ অবস্থায় আপার ইলিমেন্টের ডিস্ক ঘুরে কিন্তুত কন্টাক্ট 1 এবং 2 হতে সংযোগ নেয়। এ সংযোগ দিলে ওভারকারেন্ট ইলিমেন্টের সার্কিট কমপ্লিট হয়। তখন এ অংশের ডিস্ক ঘুরে এর মুভিং কন্টাক্ট ট্রিপ সার্কিটের কিন্তু কন্টাক্টকে ক্লোজ করে, যা সার্কিট ব্রেকারকে অপারেট করে ও ত্রুটিপূর্ণ অংশকে বিযুক্ত করতে সাহায্য করে।

ব্যবহার : এ রিলের দিক নির্দেশক ইলিমেন্ট এত সূক্ষ্ম অনুভূতিশীল যে, শক্তমাত্র 2 ভাগের বেশি পাওয়ার বিপরীতমুখী প্রবাহিত হলে এটি সক্রিয় হয়ে ওঠে। তাছাড়া প্লাগ সেটিং এমনভাবে নির্দিষ্ট হয় যে, স্বাভাবিক লোড কারেন্ট বা অন্য কোনো কারণে স্বাভাবিকের চেয়ে কিঞ্চিত বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হলেই রিলের দিক নির্দেশক এটি সার্কিটকে সরবরাহ হতে বিচ্ছিন্ন করে দেয়।

এ প্রকার রিলের সবচেয়ে বড় অসুবিধা হলো সাইন ক্রটির সময় কিংবা ভোল্টেজ এমনভাবে কমে যায় যে, রিলে কাজ করতে পারে না। এজন্য এর ভোল্টেজ কয়েলকে বর্তনীর দুই ফেজে সংযোগ করা হয়, যাতে ফেজ ইলিমেন্ট সব সময় ফেজ ল্যাগিং থেকে প্রয়োজনীয় টর্ক সৃষ্টি করতে পারে।

(৪) **থার্মাল রিলে (Thermal Relay) :** কারেন্টের তাপীয় ক্রিয়ায় থার্মাল রিলে পরিচালিত হয়। সাধারণত এ ধরনের রিলে তাপমাত্রা সরাসরি পরিমাপ করে না। থার্মাল রিলে কারেন্ট বৃদ্ধির ফলে টেম্পারেচার বৃদ্ধিতে সাড়া দেয়। এ ধরনের রিলে অ্যানব্যালেন্স থ্রি-ফেজ কারেন্টের কাজ করে থাকে। চিত্রে একটি থার্মাল রিলের গঠন ও কার্যপ্রণালি দর্শান করা হয়েছে।

গঠন : এ রিলের মধ্যে বেরিলিয়াম তামের তৈরি হিটার কয়েলের উপর বাইমেটালিক স্ট্রিপ থাকে। হিটার কয়েলটি সিরি হতে কারেন্ট পায়। এ রিলের কন্টাক্ট, ইনসুলেটর কন্টাক্ট- আর্ম এর সাথে সংযুক্ত থাকে। স্প্রিং শাফট স্প্রী (S) এর ঘূর্ণনে স্প্রিং-(A) এর টেনশন পরিবর্তন করা যায়। এছাড়া টেম্পারেচার ইন্ডিকেটর, কন্ট্রোলার ইত্যাদি থাকে।



চিত্র-৮.২৮ : থার্মাল রিলে

স্বাভাবিক অবস্থায় এ রিলেয় স্প্রিং বন্ধ থাকে কিন্তু অস্বাভাবিক অবস্থায় সেটি হতে কোরের কারেন্ট রিলের কয়েল উত্তেজিত হয়ে ট্রিপ সার্কিট টিপিসি করে। ফলে স্প্রিং এর টেনশন কমে এবং রিলে কন্টাক্ট সংযুক্ত হয়। তখন ট্রিপ সার্কিট উত্তেজিত হয়। এভাবে রিলে কাজ করে থাকে। স্প্রিং এর টেনশন পরিবর্তন করে রিলের সেটিং পরিবর্তন করা যায়।

(৯) **বুখলজ (Buchholz) রিলের বর্ণনা :** ট্রান্সফরমারের অভ্যন্তরীণ ত্রুটির জন্য ট্রান্সফরমার তাপের কিছু উৎপন্ন হয়। এই তাপ তেলকে গরম করে, ফলে (Decomposition হয়ে এ গ্যাস এর অধিক উৎপন্ন হয়ে থাকে। ট্রান্সফরমারের ভিতর সৃষ্ট এই গ্যাসকে রিলে পরিচালনার জন্য কাজে লাগানো হয়। যে সকল ট্রান্সফরমারে কনজারভেটর থাকে, কেবল সেই সকল ট্রান্সফরমারেই এই রিলে ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে রিলেকে ট্রান্সফরমার এবং কনজারভেটরের সংযোগকারী পাইপের মধ্যস্থলে স্থাপন করা হয়। এই রিলেতে একটি তেলের কন্টেইনারে মধ্যে দুটি ফ্লোট থাকে। প্রত্যেক ফ্লোটের সঙ্গে একটি করে মারকারি সুইচ যুক্ত থাকে। উপরের ফ্লোটে দুইটি একটি আলাদা সার্কিটের সঙ্গে এবং নিচের ফ্লোটের সঙ্গে ট্রিপ সার্কিটের সুইচ যুক্ত থাকে।

চিত্র-৮.২৯ : বুখলজ রিলে

ট্রান্সফরমারের অভ্যন্তরে কোনো ত্রুটি সংঘটিত হলে ত্রুটির কোনো উচ্চ তাপের জন্য উপরের দিকে তেল থাকে এবং ফলশ্রুতি দুটি ফ্লোট স্থানচ্যুত হয়। ফলে আলাদা সার্কিট এবং ট্রিপ সার্কিট সম্পন্ন হয়। এ অবস্থায় রিলে কাজ করে। ট্রান্সফরমারের অভ্যন্তরে হালকা ত্রুটি (যেমন- তেলের মধ্যস্থ ছোট ট্রান্সফরমার কোর, সেন্ট্রিপেন্সার মধ্যে খাটি সার্কিট ইত্যাদি) সংঘটিত হলে ট্রান্সফরমার তাপের মধ্যে অল্প তাপের গ্যাস সৃষ্টি হয়। এই গ্যাস উপরে হতে আলো রিলে কন্টেইনারে প্রবেশ করে।

ফলে রিলে কন্টেইনারে তেলের মধ্যে ফ্লোট পড়ে। এতে উপরের ফ্লোটটি নিচে নেমে আসে এবং এর সঙ্গে যুক্ত মারকারি সুইচের মাধ্যমে আলার্ম সার্কিট সম্পূর্ণ হয়ে আলার্ম বাজতে থাকে। ফলে অপারেটর আসন্ন কোনো বড় ধরনের ত্রুটির কথা জানতে পারে ট্রান্সফরমার সাইন হতে বিচ্ছিন্ন করে দেয়।

ট্রান্সফরমারের অভ্যন্তরে বড় ধরনের কোনো ত্রুটি (যেমন- ফেইজ, টু-ফেইজ) সংঘটিত হলে উৎপন্ন গ্যাসের পরিমাণ অনেক বেশি হিসে বের হয়। ফলে উপর এবং নিচের উভয় ফ্লোটই নিচে একসঙ্গে দুটি মারকারি সুইচ কাজ করে। এতে আলার্ম এবং ট্রিপ উভয় সার্কিটই সম্পূর্ণ হয়। ফলে আলার্ম বাজতে থাকে এবং সেই সঙ্গে ট্রিপ কয়েল উদ্দীপিত হয়ে ট্রান্সফরমারের সার্কিট ব্রেকারকে খুলে দেয়।

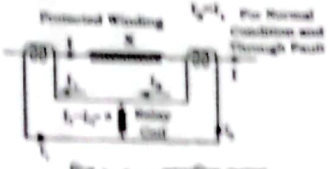
(৭) **ডিফারেন্সিয়াল রিলে (Differential Relay) :** ডিফারেন্সিয়াল রিলে মূলত এমন এক ধরনের ডিভাইস, যা দুই বা ততোধিক ইলেকট্রিক্যাল কোয়ান্টিটির ভেক্টর পার্থক্য, যখন একটী আগে থেকেই নির্ধারিত মানের চেয়ে বেশি হয়, তখন রিলে কাজ করে ডিভাইসকে চেক করে।

কার্যনীতি : এ রিলের কার্যনীতি এই যে, আভ্যন্তরীণ বৈদ্যুতিক ডিভাইসে প্রবিষ্ট ও সেটি হতে বহির্গত কারেন্টের (Incoming and outgoing) পরিমাণ ও ফেজের দিক নিয়ে আসমান হলেই প্রাপ্ত (Resultant) কারেন্ট রিলেতে প্রবেশ করে সার্কিট ব্রেকার ট্রিপ করবে। স্বাভাবিক অবস্থায় রিলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হবে না। এ প্রক্রিয়ায় দুটি পদ্ধতি ব্যবহার হয়। যথা-

(১) সার্কুলেটিং কারেন্ট পদ্ধতি
(২) অপোজড ভোল্টেজ পদ্ধতি বা ভোল্টেজ বায়াসড প্রটেকশন পদ্ধতি।

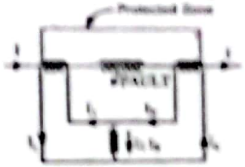
(১) **সার্কুলেটিং কারেন্ট পদ্ধতি :** এ পদ্ধতিতে অপারেটিং ট্রান্সফরমার, ফিডার, বাসবার বা পরিবহন লাইনের দুই [দুইটি বা তেরু] অংশ রিলির আরক ব্যবস্থা নেয়া হয়। এ ব্যবস্থায় ট্রান্সফরমার, অপারেটিং বা ফিডারের দুই প্রান্তে একই রেটিং-এর দুটি সিটি বসানো থাকে এবং সিটিদ্বয়ের সেকেন্ডারি একই পাইলট ওয়ায়ার দ্বারা সংযুক্ত থাকে। পাইলট ওয়ায়ার এর মাঝে রিলে কয়েল সংযোগ থাকে। এটি রিলের অপারেটিং কয়েল। রিলেটী ওভার কারেন্ট টাইপের।

স্বাভাবিক অবস্থায় সিটি দুটির সেকেন্ডারিতে কারেন্ট সমান থাকে, যাতে স্বাভাবিক অবস্থা এবং নির্দিষ্ট সময়ের সময় পাইলট ওয়ায়ার কারেন্ট I_1 এবং I_2 একই দিকে প্রবাহিত হয়। ফলে রিলের ভিতর কারেন্ট প্রবাহিত হয় না এবং এটি কাজ করতে পারে না। অর্থাৎ এ অবস্থায় $I_1 - I_2 = 0$ [স্বাভাবিক অবস্থা এবং নির্দিষ্ট সময়ের সময়]।



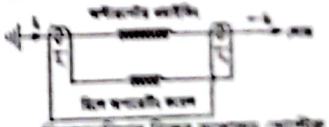
চিত্র-৮.৩০ : স্বাভাবিক অবস্থা

কিন্তু অস্বাভাবিক অবস্থায় যেমন, অভ্যন্তরীণ কোনো ত্রুটির (চিত্র : ৮.৩১ দ্রষ্টব্য) সময় এ কারেন্টের সমানতা বজায় থাকে না। এ অবস্থায় সিটি দুটির দ্বিতীয়ারে প্রবাহিত কারেন্টের মান অথবা আসার ও নির্গত কারেন্টের পরিমাণের পার্থক্য দেখা যায়। ফলে রিলের ভিতর কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং ট্রিপ সার্কিট উদ্দীপিত হয়ে সার্কিট ব্রেকারকে বিচ্ছিন্ন করে।



চিত্র-৮.৩১ : অভ্যন্তরীণ ত্রুটি $I_1 - I_2 \neq 0$

(২) **অপোজড ভোল্টেজ পদ্ধতি :** এ পদ্ধতিতে ওয়াইন্ডিং বা সাইলের উভয় প্রান্তে একই রেটিং এর দুটি সিটি বসানো থাকে। এদের সেকেন্ডারি এর সঙ্গে রিলের কয়েল পাইলট ওয়ায়ার এর মাধ্যমে সিরিজে সংযোগ থাকে।


চিত্র-৮.৩২ : ডিফারেন্সিয়াল রিলের অপোজড ভোল্টেজ পদ্ধতি

স্বাভাবিক অবস্থায় উভয় প্রান্তের সিটির সেকেন্ডারিতে আরোপিত ভোল্টেজ পরস্পর সমান ও বিপরীতমুখী থাকে। এ অবস্থায় উভয় প্রান্তের ওয়াইন্ডিং এ সমান কারেন্ট $I_1 = I_2$ প্রবাহিত হয়। আরোপিত ভোল্টেজ সমান হওয়ায় কোন Current Relay Coil দিয়ে প্রবাহিত হয় না। কিন্তু অস্বাভাবিক অবস্থায় অর্থাৎ ওয়াইন্ডিং বা সাইল কোন দোষ দিলে সিটিদ্বয়ের সেকেন্ডারিতে আরোপিত ভোল্টেজ সমান থাকে না। আরোপিত পার্থক্যের কারণে Operating coil দিয়ে Current প্রবাহিত হয় এবং Trip oil Energized হয় এবং CB কে Close করে।

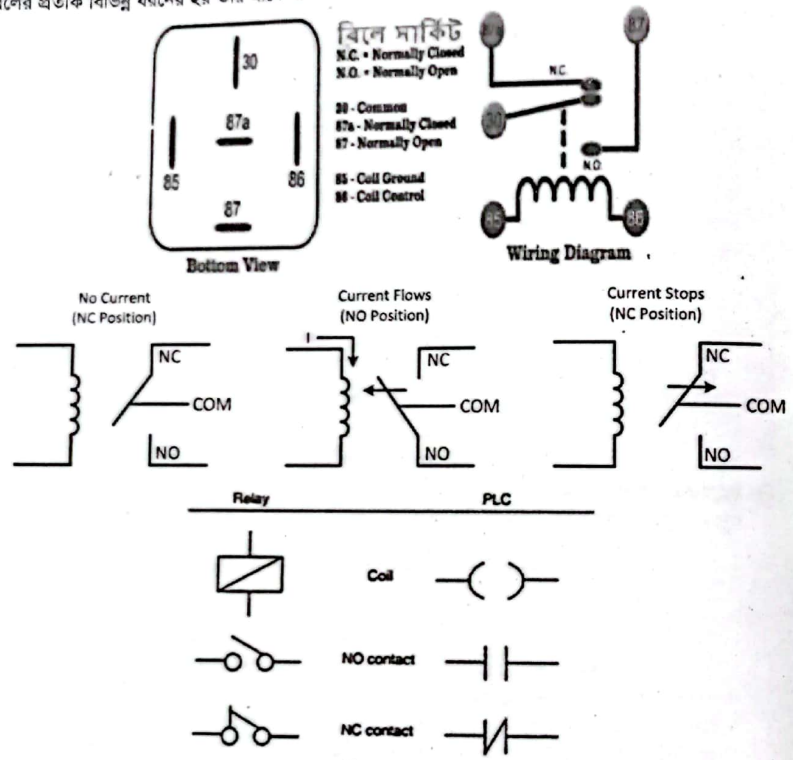
সার্কুলেটিং কারেন্ট পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ :
(১) পাইলট ওয়ায়ের ইন্সিউলেশন এর কারণে সিটিদ্বয়ের দুই প্রান্তে কারেন্টের পার্থক্য দেখা দিতে পারে এবং ফলে অনুপযোগী ট্রিপিং সমস্যা প্রবাহের ফলে রিলে পরিচালিত হয়ে স্বাভাবিক অবস্থায় সার্কিট ব্রেকার বিচ্ছিন্ন করতে পারে।
(২) পাইলট ওয়ায়ের ক্যাপাসিটেন্স রিলেকে ভুলভাবে পরিচালনা করতে পারে।
(৩) পাইলট ওয়ায়ের ইন্সিউলেশন জন্য দুটি সিটি সঠিক সমতা করা কঠিন হয়।

অপোজড ভোল্টেজ পদ্ধতির উল্লেখযোগ্য অসুবিধাসমূহ :
(১) ক্যাবলের ধারণশক্তির প্রটেকশনের জন্য উপযোগী। দীর্ঘ আকাশ তারিং কারেন্টের কারণে ভুল অপারেশন হতে পারে।
(২) সিটিদ্বয় ওপেন সার্কিট হিসেবে কাজ করে সার্কিট হয় ইন্সিউলেশনের ত্রুটি করে।

ডিফারেন্সিয়াল রিলের ব্যবহার :
(১) জেনারেটর প্রটেকশন, জেনারেটর, ট্রান্সফরমার ইত্যাদি প্রটেকশন।
(২) ট্রান্সফরমার প্রটেকশন।
(৩) ফিডার প্রটেকশন।
(৪) ট্রান্সমিশন লাইন প্রটেকশন।
(৫) বৃহৎ মোটর প্রটেকশন।
(৬) বাস জোন প্রটেকশন।

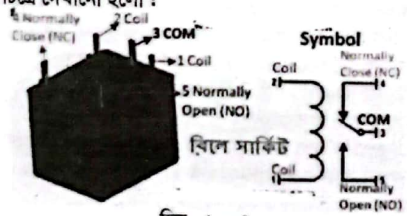
৮.৭ রিলের অভ্যন্তরীণ গঠন ও পিন ডায়াগ্রাম বর্ণনা (Illustrate Internal Structure and Pin Configuration of Relay)

রিলের প্রতীক বিভিন্ন ধরনের হয় তার মাঝে প্রচলিত রিলের প্রতীক নিচে দেখানো হলো :



চিত্র : ৮.৩৩

বিভিন্ন পিনের রিলে বর্তমানে প্রচলিত। এখানে SPDT ৫ পিনের রিলের পিনগুলোর বর্ণনা করা হয়েছে। এই রিলে ৫টি পিনের একপাশে ২টি পিন আরেক পাশে ৩টি পিন থাকে। ৫ পিনের ৩টি ব্যবহার হয় সুইচিং এর জন্য ২টি ব্যবহার হয় অভ্যন্তরীণ কয়েলের জন্য। যা নিচের চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র : ৮.৩৪

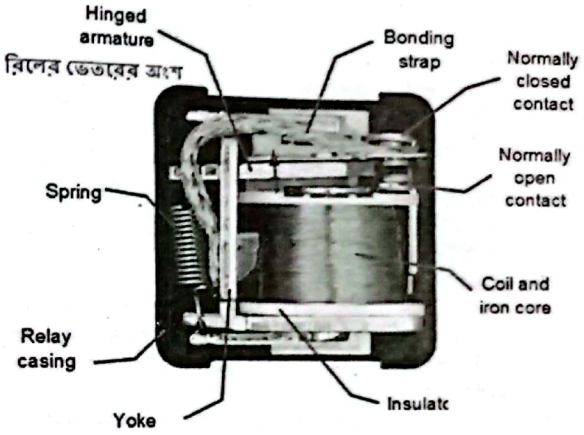
চিত্রের বর্ণনা নিম্নরূপ :

(১) Positive/Negative Coil
(২) Positive/Negative Coil
(৩) Common
(৪) NC(Normaly Close)
(৫) NO(Normaly Open)

নিচে এগুলোর বর্ণনা দেওয়া হলো :

(১) **Positive/Negative Coil :** সাধারণত যে ভোল্টেজে রিলে কয়েল চালু হয় সেটাই রিলের ভোল্ট কয়েলের যে পরিমাণ ক্ষমতা অনুযায়ী মান দেওয়া থাকে সেই মান খেয়াল করে রেজিস্টর ও ক্যাপাসিটরের সাহায্য সংযোগ দেওয়া হয়। রিলের পজিটিভ / নেগেটিভ নির্দিষ্ট থাকে না তাই যেকোনটাই সরবরাহ ভোল্টেজ দেওয়া যায়।

(২) **Positive/Negative Coil :** এই পিনের কাজ ১নং পিনের মত।

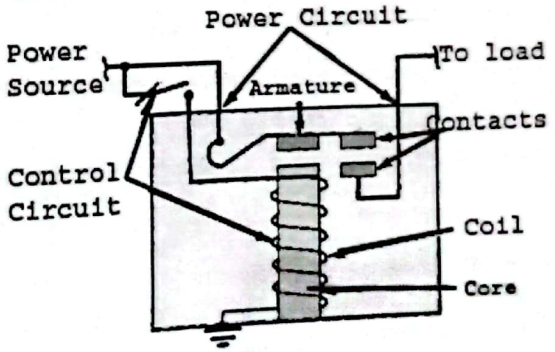


চিত্র : ৮.৩৫

(৩) **Common :** এই পিন নরমালি ওপেন/নরমালি ক্লোজ পিনের সাথে সংযোগ করা হয়।

(৪) **NC(Normaly Close) :** এটি নরমালি ক্লোজ অর্থাৎ কমন পিনের সাথে সর্ট বা সংযোগ অবস্থায় থাকে।

(৫) **NO(Normaly Open) :** সাধারণত এই পিন কমন পিনের সাথে সংযুক্ত থাকে না। পাওয়ার সাপ্লাই দিলে এই পিন কমন পিনের সাথে সর্ট বা সংযোগ পায়।



চিত্র : ৮.৩৬