অধ্যায়-৬

ডায়াক এবং ট্রায়াক
(DIAC and TRIAC)

৬.১ ডায়াক এবং ট্রায়াক-এর সংজ্ঞা (Definition of DIAC and TRIAC) :

ডায়াক (DIAC) : DIAC অর্থ হলো Diode AC Switch ডায়াক হলো দুই প্রান্ত তিন স্তর ও দুই জাংশন বিশিষ্ট দ্বিমুখী ডিভাইস, যা প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের উভয় মেরুর জন্য OFF স্টেট হতে ON স্টেটে সুইচিং করতে পারে।

ডায়াককে PNP অথবা NPN উভয় অবকাঠামোর মাধ্যমে গঠন করা হয়। তবে উভয় কাঠামোতে প্রান্ত দুটো রিজিয়নকে সংযুক্ত করে ব্যবহার করা হয়। DIAC-এর গঠন ট্রানজিস্টরের মতোই। তবে কিছু পার্থক্য রয়েছে–

১। বেস স্তরে কোনো প্রান্ত সংযুক্ত থাকে না
২। তিনটি অঞ্চলই আকারে সুষম
৩। ডোপিং ঘনত্ব আদর্শ হওয়ায় একই রকম ধর্ম প্রকাশ করে।

ট্রায়াক (TRIAC) :

ট্রায়াক হলো একপ্রকার তিন প্রান্তবিশিষ্ট অর্ধপরিবাহী সুইচিং ডিভাইস, যা লোডে অল্টারনেটিং কারেন্টকে (AC) নিয়ন্ত্রণ করতে পারে।

TRIAC-এর অর্থ হলো Triode AC Switch। এখানে TRI প্রকাশ করে ডিভাইসটির তিনটি প্রান্ত রয়েছে এবং AC প্রকাশ করে ডিভাইসটির মাধ্যমে অল্টারনেটিং কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাই তাকে আবার দ্বিমুখী ট্রায়োড সুইচও বলা হয়।

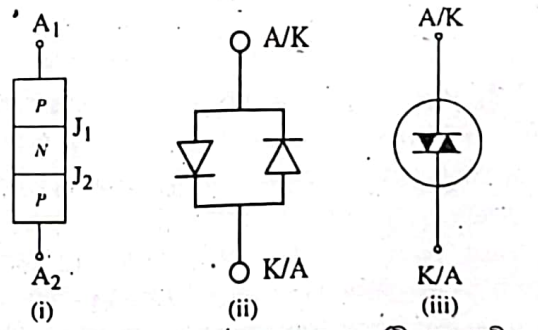
৬.২ ডায়াক এবং ট্রায়াক-এর গঠন এবং কার্যপ্রনালী বর্ণনা (Description of the construction and operation of DIAC and TRIAC) :

ডায়াক-এর গঠন (Construction of DIAC) :

ডায়াক (DIAC) : ডায়াক হলো দুই প্রান্ত, তিন স্তর এবং দুই জাংশন-বিশিষ্ট উভমুখী বা দ্বিমুখী ডিভাইস, যা প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের মেরু অনুসারে OFF অবস্থান হতে ON অবস্থানে পরিবর্তন হতে পারে। নিচের চিত্রে ডায়াকের সাধারণ অবকাঠামো এবং সিম্বল অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

ডায়াকের তিনটি লেয়ার PNP অথবা NPN হতে পারে। এটা উভয়মুখী কারেন্ট প্রবাহ করে, তাই তাকে উভমুখী ডায়োড ও বলা হয়। এটার কোনো গেট প্রান্ত নেই। উভমুখী অ্যাভেলেন্স ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ নির্বাহের মাধ্যমে কারেন্ট প্রবাহ ঘটানো যায়।

ডায়াকের দুটো PN জাংশন একই রকম ডোপিং বৈশিষ্ট্যের হয়ে থাকে; ফলে সুষম সুইচিং বৈশিষ্ট্য উভয় ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক ভোল্টেজের জন্য প্রদান করে।



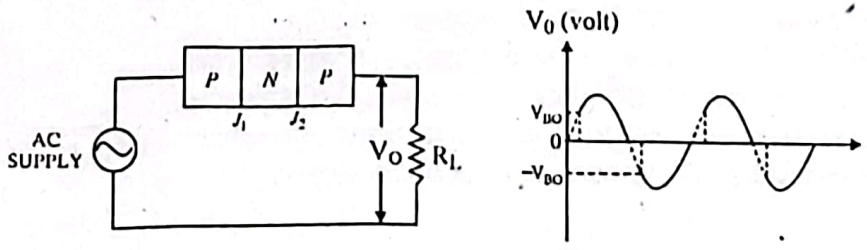
চিত্র : ৬.১ ডায়াকের অবকাঠামো সমতুল্য বর্তনী এবং প্রতীক

ডায়াক-এর কার্যপ্রণালি (The operation of DIAC) :

ডায়াক (DIAC) : নিচে ডায়াকের এসি ভোল্টেজের সাথে সংযোগ চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে–

ডায়াকের আড়াআড়িতে ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক উভয় প্রকার ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে এতে অল্প পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে লিকেজ কারেন্ট I_{BO} বলে। এ অবস্থায় ডায়াক অফ (OFF) সুইচ হিসাবে কাজ করে। কেননা যখন ডায়াকের আড়াআড়িতে এসি সাপ্লাইয়ের পজিটিভ হাফ সাইকেল প্রযুক্ত হয়, তখন ডায়াকের J_1 জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং J_2 জাংশন রিভার্স বায়াস পায়। ফলে এ সময় ডায়াকটি অফ অবস্থায় থাকে। শুধুমাত্র একটি লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যখন ইনপুট ভোল্টেজ J_2 জাংশনের ব্রেকওভার ভোল্টেজকে (V_{BO}) অতিক্রম করে তখন ডায়াকটি কন্ডাকশনে যায় এবং লোডের মধ্য দিয়ে উচ্চমানের কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

আবার যখন ডায়াকের আড়াআড়িতে ইনপুট সাপ্লাইয়ের নেগেটিভ হাফ সাইকেল প্রযুক্ত হয়, তখন জাংশন J_2 ফরোয়ার্ড বায়াস এবং জাংশন J_1 রিভার্স বায়াস পায়। যখন ইনপুট ভোল্টেজ J_1-এর ব্রেকওভার ভোল্টেজের V_{BO} অতিক্রম করে তখন ডায়াক কন্ডাকশন পায় এবং লোডের মধ্য দিয়ে বিপরীত দিকে উচ্চমানের কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

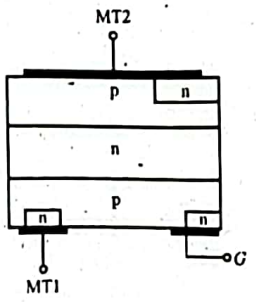


চিত্র : ৬.২ ডায়াকের সংযোগ চিত্র

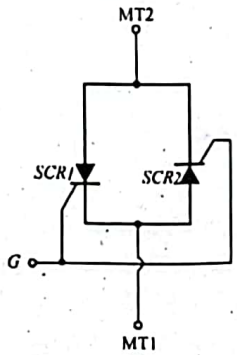
❐ TRIAC-এর অবকাঠামো (The structure of TRIAC) :

ট্রায়াক হলো একপ্রকার তিন প্রান্তবিশিষ্ট অর্ধপরিবাহী সুইচিং ডিভাইস, যা লোডে অল্টারনেটিং কারেন্টকে (AC) নিয়ন্ত্রণ করতে পারে। TRIAC-এর অর্থ হলো Triode AC Switch । এখানে TRI প্রকাশ করে ডিভাইসটির তিনটি প্রান্ত রয়েছে এবং AC প্রকাশ করে ডিভাইসটির মাধ্যমে অল্টারনেটিং কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাই তাকে আবার দ্বিমুখী ট্রায়োড সুইচও বলা হয়।

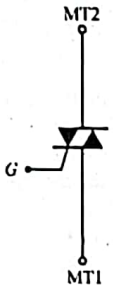
ট্রায়াকের অবকাঠামোর প্রস্থচ্ছেদ অঙ্কন করলে দেখা যায় এটি দুটো SCR-এর পশ্চাৎ থেকে পশ্চাৎ (Back to back) সংযোজনে গঠিত। এখানে একটি অংশকে SCR1 এবং অন্যটিকে SCR2 ধরা হলে আমরা পাই, SCR1-এর গেট SCR2-এর গেটের সাথে যুক্ত হয়ে কমন গেট (G) গঠন করে। অনুরূপভাবে, SCR1-এর অ্যানোড SCR2-এর ক্যাথোডের সাথে যুক্ত হয়ে অপরমূল প্রান্ত (MT1) গঠন করেছে। একইভাবে SCR1-এর ক্যাথোড SCR2-এর অ্যানোডের সাথে যুক্ত হয়ে মূল প্রান্ত (MT2) গঠন করেছে। দুটো প্রান্ত MT1 এবং MT2-কে যথাক্রমে Main terminal 1 এবং Main terminal 2 বলা হয়। সঠিক মানের গেট কারেন্ট প্রদানের মাধ্যমে MT1-এর সাপেক্ষে MT2 ধনাত্মক বা ঋণাত্মক যাই হোক না কেন ট্রায়াককে কন্ডাক্ট করা যায়। নিচের চিত্রে TRIAC-এর প্রস্থচ্ছেদ এবং SCR সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন করে দেখানো হলো–



চিত্র : TRIAC-এর গঠন



চিত্র : TRIAC-এর সমতুল্য বর্তনী



চিত্র : প্রতীক (TRIAC)

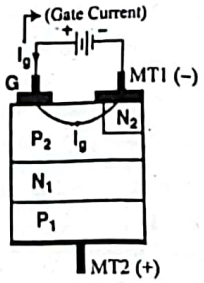
MT_1 = Main Terminal 1
MT_2 = Main Terminal 2

চিত্র : ৬.৩ TRIAC-এর প্রস্থচ্ছেদ এবং সমতুল্য সার্কিট

❐ TRIAC-এর ট্রিগারিং মোডসমূহ (The triggering modes of TRIAC) :

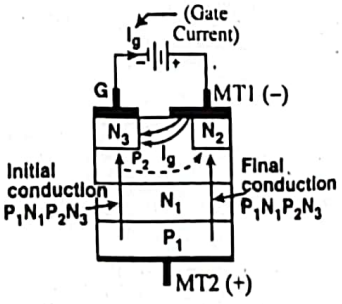
ট্রায়াকের MT_2 টার্মিনালে ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক ভোল্টেজ এবং গেটে ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক কারেন্ট প্রদান করে অন (ON) করা যায় এজন্য ডায়াক, SBS → Silicon Bilateral Switch. অথবা UJT ব্যবহার করে ট্রিগারিং করা হয়। নিচে ট্রায়াকের বিভিন্ন প্রকার টার্ন অন (Turn on) মোডসমূহ আলোচনা করা হলো–

মোড 1 : MT2 ধনাত্মক : গেট কারেন্ট Ig ধনাত্মক (MODE I : MT2 Positive : Gate Current I_g Positive) : MT1-এর সাপেক্ষে MT2 ধনাত্মক হলে, P_1N_1 এবং P_2N_2 ফরোয়ার্ড বায়াস হবে। অন্যদিকে, N_1P_2 জাংশনটি রিভার্স বায়াস হবে। আবার MT1-এর সাপেক্ষে গেট প্রান্ত (G) ধনাত্মক হলে, গেট কারেন্ট I_g-এর অধিকাংশই P_2N_2 জাংশনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে। এক্ষেত্রে গেট কারেন্টই ট্রায়াককে টার্ন অন করতে ভূমিকা রাখে। গেট কারেন্টটি পর্যাপ্ত চার্জ সহযোগে P_2 স্তরে প্রবেশ করলে N_1P_2 রিভার্স বায়াস জাংশন ভেঙে যাবে। ট্রায়াকটি $P_1N_1P_2N_2$ স্তরে কন্ডাক্ট করতে শুরু করবে। ট্রায়াকের এই অপারেশনকে প্রথম কোয়াড্রেন্ট (quadrant) বলে, যাকে পাশের চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।



চিত্র : ৬.৪ মোড-1 অবকাঠামো

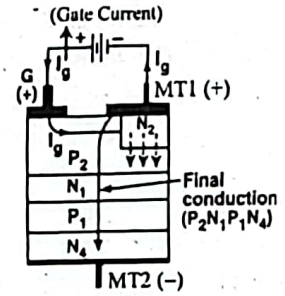
মোড 2 : MT2 ধনাত্মক : গেট কারেন্ট ঋণাত্মক (MODE II : MT2 Positive : Gate Current Negative) : কোনো ট্রায়াকের MT2 এর সাপেক্ষে MT2 ধনাত্মক হলে এবং MT1-এর সাপেক্ষে গেট প্রান্ত ঋণাত্মক হলে P_2N_3 জাংশনে গেট কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং N_1P_2 রিভার্স বায়াস জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াসপ্রাপ্ত হবে। ফলে প্রারম্ভিকভাবে ট্রায়াকটি $P_1N_1P_2N_2$ স্তরের মাধ্যমে কন্ডাক্ট করতে শুরু করবে। $P_1N_1P_2N_3$ কন্ডাকশনের কারণে এই পথে (Path) ভোল্টেজ ড্রপ হ্রাস পাবে কিন্তু একইভাবে P_2N_3 স্তরের মধ্যে পটেনশিয়াল MT2 প্রান্তের মানের কাছাকাছিতে পৌছাবে। কিন্তু P_2-এর ডান পার্শ্ব MT1-এর পটেনশিয়ালের উপরে অবস্থান করবে। ফলে P_2 স্তরের আড়াআড়িতে বিভব পার্থক্যে সৃষ্টি হবে। P_2 স্তরের বাম হতে ডানে একটি কারেন্ট পাওয়া যাবে। এই কারেন্ট P_2N_2 জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াস করে এবং $P_1N_1P_2N_2$ মূল স্ট্রাকচারের ডান পার্শ্ব কন্ডাক্ট করবে। ট্রায়াকের এ প্রকার অন (ON) করণে গেটে অনেক বেশি পরিমাণ কারেন্ট প্রদান করতে হয়। পাশের চিত্রে মোড-2 স্ট্রাকচার অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।



চিত্র : ৬.৫ মোড-2 অবকাঠামো

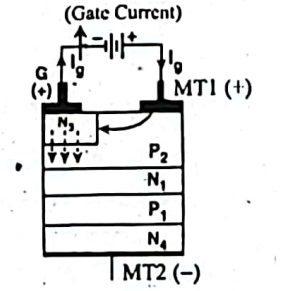
CamScanner

মোড 3 : MT2 ঋণাত্মক : গেট কারেন্ট ধনাত্মক : (MODE III : MT2 Negative : Gate current positive) : MT1-এর সাপেক্ষে MT2 ঋণাত্মক হলে ও ডিভাইসটি MT1 এবং গেটের মধ্যে ধনাত্মক ভোল্টেজ প্রদান করলে টার্ন-অন (turn on) হয়। ডিভাইস এখন তৃতীয় অক্ষরেখায় কাজ করবে। P_2N_2 জাংশনে Ig গেট কারেন্টটি ফরোয়ার্ড বায়াস করবে। N_2 স্তরের ইলেকট্রনসমূহ P_2 স্তরে প্রবেশ করবে। ফলে N_1P_1 জাংশনের রিভার্স বায়াস অবস্থা ভেঙে যাবে। $P_2N_1P_1N_4$ অবকাঠামোটি সম্পূর্ণভাবে অন (ON) হবে। পাশের চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।



চিত্র : ৬.৬ মোড-3 অবকাঠামো

মোড 4 : MT2 ঋণাত্মক : গেট কারেন্ট ঋণাত্মক (MODE IV : MT2 Negative : Gate current negative) : এই মোডে N_3 রিমোট (remote) গেট হিসাবে কাজ করে। I_g গেট কারেন্টটি P_2N_3 ফরোয়ার্ড বায়াস জাংশনের কারণে P_2 থেকে N_3-তে প্রবাহিত হবে এবং ইলেকট্রনসমূহ P_2 রিজিয়নে প্রবেশ করবে। N_3 স্তরের এই ইলেকট্রনসমূহ P_2N_1 জাংশন দ্বারা সংগৃহীত হবে। N_1P_1 রিভার্স বায়াস জাংশন ভেঙে যাবে এবং $P_2N_1P_1N_4$ অবকাঠামোটি সম্পূর্ণরূপে অন (ON) হবে। পাশের চিত্রে এই মোডের স্ট্রাকচার অঙ্কন করা হয়েছে।



চিত্র : ৬.৭ মোড-4 অবকাঠামো

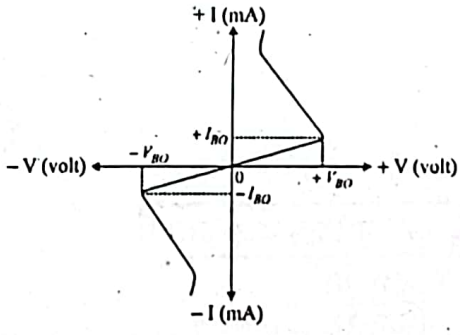
৬.৩ ডায়াক এবং ট্রায়াক-এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা (V-I Characteristics of DIAC and TRIAC) :

☐ DIAC এর V-I বৈশিষ্ট্য রেখার ব্যাখ্যা (Explanation of the V-I characteristics curve of DIAC) :

ডায়াকের অ্যানোড এবং ক্যাথোডের মধ্যকার প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ এবং এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে কোনো গ্রাফ কাগজের X ও Y অক্ষরেখা বরাবর স্থাপন করলে যে বক্ররেখা পাওয়া যায়, তাকে V-I বৈশিষ্ট্য রেখা বলে। নিচের চিত্রে ডায়াকের V–I বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন করে দেখানো হলো–

প্রাথমিক অবস্থায় ডায়াকের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে এতে অল্প পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়–একে লিকেজ কারেন্ট (I_{BO}) বলে। এমতাবস্থায় ডায়াকটি অফ (OFF) সুইচের মতো কাজ করে।

এখন প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের মান বৃদ্ধি করলে লিকেজ কারেন্টের মান সামান্য পরিমাণ বাড়ে। এই ভোল্টেজ ডায়াকের ব্রেকওভার ভোল্টেজের (V_{BO}) সমান বা বেশি হলে তখন ডিভাইসটি কন্ডাকশনে যায়। এ সময় ডায়াকটি নেগেটিভ রেজিস্ট্যান্স প্রদর্শন করে। ফলে ডায়াকের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ হ্রাস পায় ও কারেন্ট অত্যধিক হারে বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় ডায়াকটি অন (ON) সুইচ হিসাবে কাজ করে। আর একবার অন (ON) হলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের মান শূন্য না করা পর্যন্ত ডায়াক অফ (OFF) করা যায় না।



চিত্র : ৬.৮ ডায়াকের V-I বৈশিষ্ট্য রেখা

বৈশিষ্ট্য রেখা হতে দেখা যায় প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ ব্রেকওভার ভোল্টেজ (V_{BO}) এর চেয়ে কম থাকলে ডায়াকের মধ্য দিয়ে অল্প পরিমাণ লিকেজ কারেন্ট (I_{BO}) প্রবাহিত হয়। ব্রেক ডাউনের পর এ কারেন্টের মান অত্যধিক বেড়ে যায়। কিন্তু প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের মান হ্রাস পায়। এই ভোল্টেজকে ব্রেক ব্যাক ভোল্টেজ (Break back voltage) V_v বলে। এটি ঋণাত্মক রিজিয়নে একই রকম বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে।

☐ TRIAC-এর V-I বৈশিষ্ট্য রেখা (The V-I characteristics curve of TRIAC) :

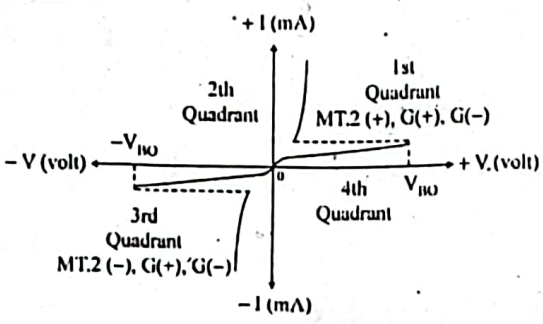
আমরা জানি, ট্রায়াক দুটো SCR-এর বিপরীত সংযোগ ব্যবস্থায় সংযুক্ত বলা যায়। সুতরাং তার প্রথম এবং তৃতীয় চতুর্ভাগে বৈশিষ্ট্য রেখার ধরন একই। তবে এখানে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের দিক এবং কারেন্ট ভিন্ন। নিচে একটি ট্রায়াকের V-I বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

ট্রায়াকের বৈশিষ্ট্য রেখা হতে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহ জানা যায়–

১। ট্রায়াকের V–I বৈশিষ্ট্য রেখার প্রথম এবং তৃতীয় চতুর্ভাগ (quadrant) আদর্শ বা সমরূপ।

২। ট্রায়াকের MT2 প্রান্ত ধনাত্মক এবং MT1 প্রান্ত ঋণাত্মক হলে (গেট ভোল্টেজ পজিটিভ বা নেগেটিভ) বৈশিষ্ট্য রেখা প্রথম কোয়াড্রেন্ট-এ পাওয়া যায়। আবার MT1 পজিটিভ এবং MT2 নেগেটিভ হলে (গেট ভোল্টেজ পজিটিভ বা নেগেটিভ) বৈশিষ্ট্য রেখা তৃতীয় কোয়াড্রেন্টে পাওয়া যায়।

৩। যে সরবরাহ ভোল্টেজে ট্রায়াকটি অন (ON) হয় তা গেট কারেন্টের উপর নির্ভর করে। গেট কারেন্টের মান বেশি হলে সরবরাহ ভোল্টেজের মান কম হয়।

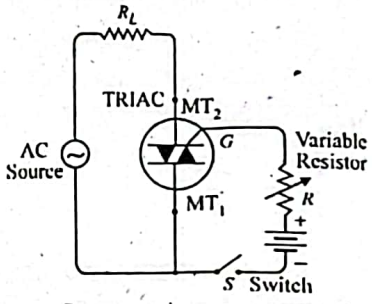


চিত্র : ৬.৯ ট্রায়াকের V- I বৈশিষ্ট্য রেখা

ট্রায়াকের V-I বৈশিষ্ট্য রেখা দেখানোর জন্য নিচের সার্কিট চিত্র : ৬.১০ অঙ্কন করা হলো। প্রাথমিক অবস্থায় যখন সুইচ S খোলা থাকে, টার্মিনাল MT1 ও MT2-এর মধ্যে ভোল্টেজ প্রয়োগ করলেও কোনো গেট কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ ট্রায়াকটি কাট অফে (Cut off) থাকে।

MT1 ও MT2-এর মধ্যে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ যখন ব্রেক ওভার ভোল্টেজের সমান বা বেশি হয়, তখন ট্রায়াকের ব্রেক ডাউন ঘটে এবং অত্যধিক কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

আবার সুইচ S-কে বন্ধ করে গেটে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে MT1 ও MT2- এর মধ্যে পূর্বের তুলনায় কম ভোল্টেজ ট্রায়াককে অন (ON) করা যায়। এক্ষেত্রে MT1 যদি MT2 অপেক্ষা বেশি ধনাত্মক হয়, তবে কারেন্ট MT1 হতে MT2-তে প্রবাহিত হবে। আবার MT2-কে MT1 অপেক্ষা বেশি ধনাত্মক করে এর বিপরীত দিকেও কারেন্ট প্রবাহিত করানো যায়।

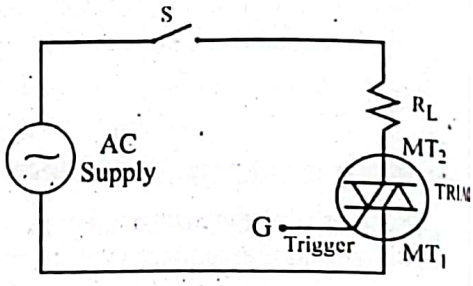


চিত্র : ৬.১০ ট্রায়াকের সংযোগ চিত্র

৬.৪ TRIAC-এর কমুটেশন পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা (Discription of the commutation process of TRIAC)

এসি সাপ্লাই হতে নেগেটিভ ভোল্টেজ প্রয়োগ করে কিংবা ফোর্সড টার্ন-অফ পদ্ধতিতে অথবা কমুটেশন (Commutation) সার্কিট হতে নেগেটিভ ভোল্টেজ প্রয়োগের মাধ্যমে ট্রায়াককে টার্ন অফ করা যায় না। কারণ এটি পজিটিভ অথবা নেগেটিভ ট্রিগারিং ভোল্টেজের মাধ্যমে উভয় ডাইরেকশনেই কন্ডাকশন পায়। একমাত্র ন্যাচারাল টার্ন-অফ পদ্ধতির মাধ্যমেই ট্রায়াককে টার্ন অফ করানো যায়। এ পদ্ধতিতে ট্রায়াকের কারেন্টকে ল্যাচিং কারেন্টের (I_L) চেয়ে কমিয়ে তাকে 'অন' অবস্থা হতে 'অফ' অবস্থায় আনা যায়। চিত্র ১১.১২-তে এ ধরনের টার্ন অফ পদ্ধতি দেখান হলো।

চিত্রের ন্যায় এ পদ্ধতিতে ট্রায়াককে টার্ন অফ করার সহজ উপায় হলো সুইচ S-কে খুলে সাপ্লাই হতে ট্রায়াককে বিচ্ছিন্ন করে দেয়া। এতে ট্রায়াকের কারেন্ট তার হোল্ডিং কারেন্টের চেয়ে কমে যায় এবং সেটি তার অন অবস্থা হতে অফ অবস্থায় ফিরে আসে।



চিত্র : ৬.১১ ট্রায়াকের ন্যাচারাল টার্ন অফ পদ্ধতি

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর:

১। **DIAC কী?** [বাকাশিবো-২০২০(পরি)]

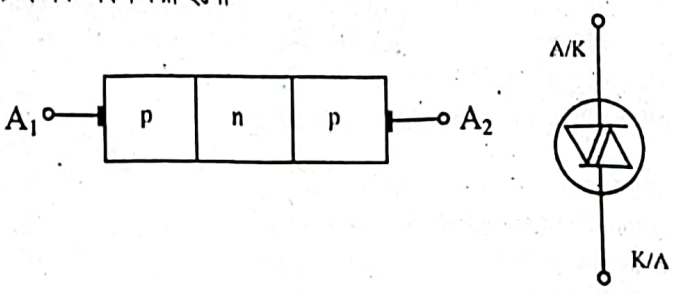
উত্তর: Diac কথাটি Diode AC switch-এর সংক্ষিপ্ত রূপ। Di দ্বারা বুঝায় এই device-এ দুটি terminal আছে। আর AC বুঝায় যে, এই device টি Alternating current-কে নিয়ন্ত্রণ করতে পারে।

২। **DIAC-কে দ্বিমুখী সুইচ বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৩(পরি), ১৪(পরি), ১৫(পরি), ১৯(পরি)]

উত্তর: DIAC কথাটির অর্থ হলো Diode AC switch. এই ডিভাইস অল্টারনেটিং কারেন্টকে উভয় দিকে নিয়ন্ত্রণ ও কন্ডাকশন পারে, তাই তাকে দ্বিমুখী সুইচ বলা হয়। একে যে-কোনো প্রান্তে ব্যবহার করা যায়।

৩। **ডায়াকের-এর গঠনচিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০২০]

উত্তর: ডায়াকের গঠন ও প্রতীক অঙ্কন করা হলো–



(ক) সাধারণ গঠন (খ) প্রতীক

চিত্র : ডায়াকের গঠন ও প্রতীক

৪। **ট্রায়াকের কাজ কী?** [বাকাশিবো-

উত্তর: ট্রায়াকের কাজ হলো এসি সিগন্যালের উভয় সাইকেলকে নিয়ন্ত্রণ করা।

CamScanner