অধ্যায়-১১
সাইক্লোকনভার্টার
(Cycloconverter)

১১.১ সাইক্লোকনভার্টার (Cycloconverter) :

সাইক্লোকনভার্টার মূলত SCR ব্যবহৃত এক ধরনের কনভার্টিং সার্কিট, যার সাহায্যে 'AC Supply ভোল্টেজকে কেনোরকম ডিসি লিঙ্ক ছাড়াই লো-ফ্রিকুয়েন্সির এসি ভোল্টেজে পরিবর্তন করা যায়। সার্কিটে ব্যবহৃত SCR এর ট্রিগারিং টাইম বা অ্যাঙ্গেলকে নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমেই এ কনভারশন হয়ে থাকে। যেখানে আউটপুট এসির প্রতি অর্ধ-সাইকেলে ইনপুট এসির কয়টি অর্ধ-সাইকেল থাকবে তার উপর নির্ভর করেই আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি নির্ধারিত হয়, যেমন– 60Hz। এসি ইনপুটের সকল ক্ষেত্রে আউটপুট এসির অর্ধ-সাইকেল যদি ইনপুটের দুটি অর্ধ-সাইকেল থাকে তবে আউটপুট এসির ফ্রিকুয়েন্সি হবে 30Hz। অনুরূপভাবে, যদি তিনটি অর্ধ-সাইকেল থাকে তবে 20Hz এবং চারটি অর্ধ-সাইকেল থাকলে 15Hz হবে।

আউটপুট এসির অর্ধ-সাইকেল, ইনপুট এসির অর্ধ-সাইকেল নিয়ে গঠিত হবে এটা নির্ভর করে আমরা কোন মানের আউটপুট এসি ভোল্টেজ পেতে চাই তার উপর। সে অনুযায়ী সাইক্লোকনভার্টারের সাহায্যে ইনপুট এসির পরিবর্তন ঘটিয়ে আউটপুটে লো-ফ্রিকুয়েন্সির এসি সাপ্লাই তৈরি করা হয়, এজন্য একে Cycle Converter-ও বলা হয়।

১১.২ সাইক্লোকনভার্টারের প্রকারভেদ (Types of cycloconverter) :

সাইক্লোকনভার্টার প্রধানত দু'প্রকার–

(ক) সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার (Single-phase cycloconverter)

(খ) থ্রি-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার (Three-phase cycloconverter)।

কনফিগারেশন অনুযায়ী সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার দুই প্রকার–

(ক) মিড-পয়েন্ট কনফিগারেশন (Mid-point configuration)

(খ) ব্রিজ কনফিগারেশন (Bridge configuration)।

আবার থ্রি-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার দুই প্রকারের হয়ে থাকে–

১। সার্কুলেটিং কারেন্ট টাইপ (Circulating current type)

২। সার্কুলেটিং কারেন্ট ফ্রি টাইপ/নন-সার্কুলেটিং টাইপ (Circulating current-free type or non-circulating type)।

সাইক্লোকনভার্টারের প্রয়োগ (Application of cycloconverter) :

বর্তমানে সাইক্লোকনভার্টারের বহুবিধ প্রয়োগ দেখা যায়, যেমন–

১। এসি মোটরের স্পিড নিয়ন্ত্রণে

২। দুটি ভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সির পাওয়ার গ্রিডের ইন্টারকানেকশনের জন্য HVDC-তে

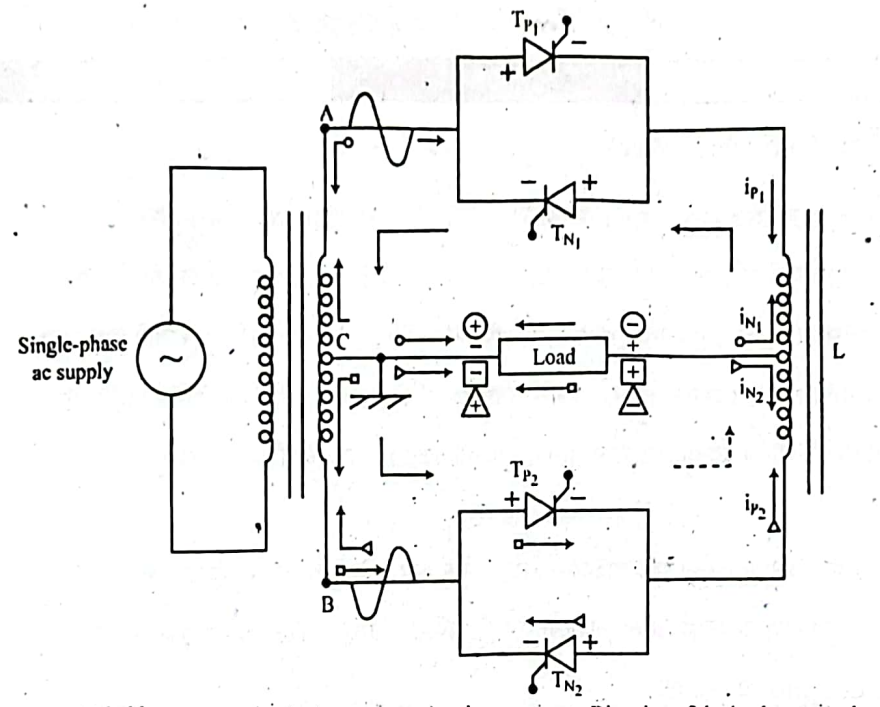
৩। এয়ারক্রাফটের পাওয়ার সাপ্লাইয়ের জন্য VSCF জেনারেটিং সিস্টেমে

৪। মোবাইল পাওয়ার সাপ্লাইয়ে

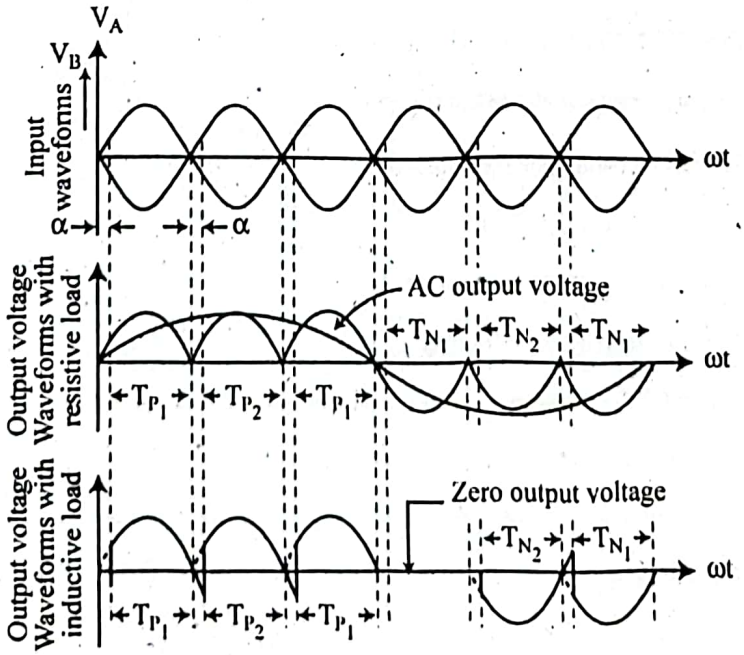
৫। স্পেসশিপে।

CamScanner

১১.৩ সিঙ্গেল ফেজ/সিঙ্গেল ফেজ মিড-পয়েন্ট ও ব্রিজ কনফিগারেশন সাইক্লোকনভার্টারের কার্যপ্রণালি (The operation of single phase/single phase mid-point and bridge configuration cycloconverter) :



চিত্র : ১১.১ (a) সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টারের বর্তনী (মিড পয়েন্ট কনফিগারেশন)



চিত্র : ১১.১ (b) সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টারের ওয়েভফরম

১১.১ (a) নং চিত্রে সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার এর বর্তনী দেখানো হয়েছে। এটি সেন্টারট্যাপ ট্রান্সফর্মার এবং দুই জোড়া SC গ্রুপ নিয়ে গঠিত। ট্রান্সফর্মারের একপ্রান্তে SCR জোড়া (T_{P_1} ও T_{P_2}) ব্যবহার করা হয়েছে, যা আউটপুট ভোল্টেজের পজিটিভ হাফ-সা উৎপন্ন করে এবং অন্য জোড়া SCR (T_{N_1} ও T_{N_2}) ব্যবহার করা হয়েছে, যা আউটপুট ভোল্টেজের নেগেটিভ হাফ সাইকেল উৎপন্ন ইনপুটের পোলারিটি অনুযায়ী যে-কোনো এক জোড়া SCR কন্ডাক্ট করে।

কার্যপ্রণালি : ধরা যাক, সার্কিটে ব্যবহৃত লোডটি একটি রেজিস্টিভ লোড। পজিটিভ হাফ-সাইকেলের সময় সেন্টারট্যাপ পয়েন্ট C এর তুলনায় যদি পয়েন্ট A পজিটিভ হয়, তাহলে T_{P_1} ট্রিগার হয় এবং B পয়েন্ট সেন্টারট্যাপ পয়েন্ট C এর তুলনায় নেগেটিভ হওয়ায় T_{P_2} টার্ন-অফ হয়। ফলে লোড কারেন্ট (i_{P_1}) A বিন্দু, T_{P_1}, লিমিটিং রিয়্যাক্টর L, লোড ও C বিন্দুর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়।

আবার, নেগেটিভ হাফ-সাইকেলের সময় সেন্টারট্যাপ পয়েন্ট C এর তুলনায় যদি পয়েন্ট A নেগেটিভ হয়, তাহলে T_{P_2} ট্রিগার হয় এবং B পয়েন্ট সেন্টারট্যাপ পয়েন্ট C এর তুলনায় পজিটিভ হওয়ায় T_{P_1} টার্ন-অফ হয়। ফলে লোড কারেন্ট (i_{P_2}) B বিন্দু, T_{P_2}, লিমিটিং রিয়্যাক্টর L, লোড ও C বিন্দুর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। ফলে কারেন্ট লোডের মধ্য দিয়ে উভয় হাফ-সাইকেলই একই দিকে প্রবাহিত হয়।

পরবর্তীতে আবারও পয়েন্ট A পজিটিভ ও পয়েন্ট B নেগেটিভ হওয়ায় T_{P_1} ট্রিগার হয় ও T_{P_2} টার্ন-অফ হয়। এ অবস্থায়ও কারেন্ট লোডের মধ্য দিয়ে একই দিকে প্রবাহিত হয়। ফলে এই তিনটি আউটপুট সম্মিলিতভাবে একটি পজিটিভ হাফ-সাইকেল তৈরি করে। চিত্র ১১.১ (b) তে দেখানো হয়েছে। এসি ইনপুটের পরবর্তী হাফ সাইকেলের সময় পয়েন্ট A নেগেটিভ এবং পয়েন্ট B পজিটিভ হওয়ায় T_{P_1} টার্ন-অফ হয় এবং T_{P_2} এর পরিবর্তে T_{N_1} টার্ন-অন হয়। ফলে লোড কারেন্ট (i_{N_1}) C বিন্দু, লোড, লিমিটিং রিয়্যাক্টর L, T_{N_1} ও A বিন্দুর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং কারেন্ট প্রবাহের দিক বিপরীতমুখী হয়।

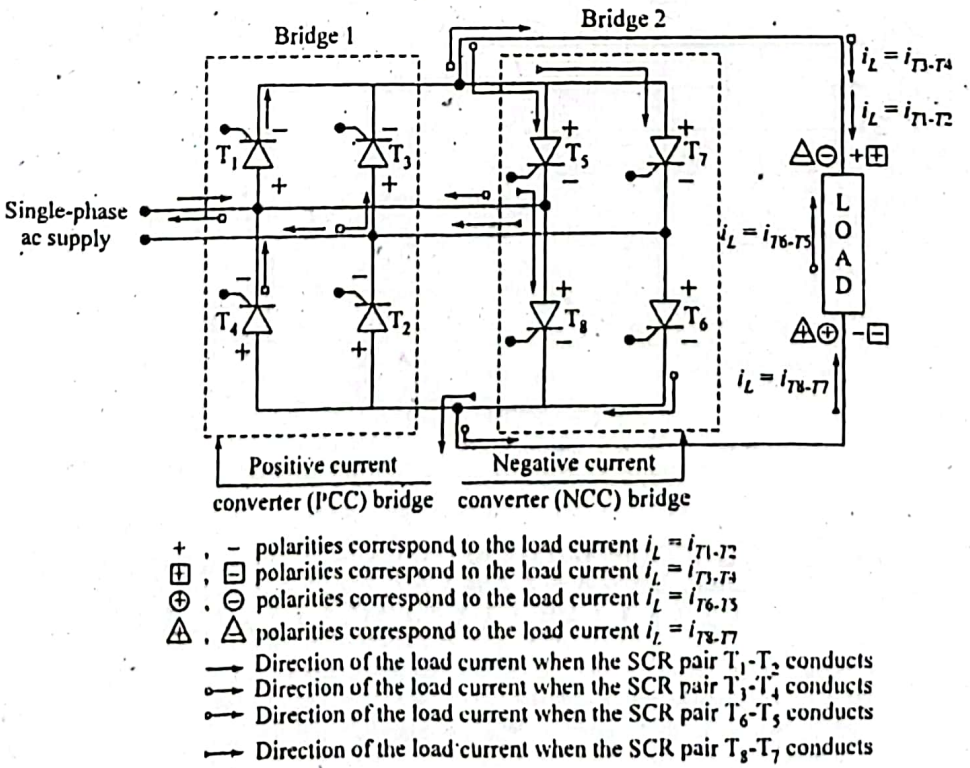
এসি ইনপুটের পরবর্তী হাফ-সাইকেলের সময় A বিন্দু পজিটিভ এবং B বিন্দু নেগেটিভ হয়। এ অবস্থায় T_{N_1} টার্ন-অফ এবং T_{N_2} ট্রিগার হয়। ফলে লোড কারেন্ট (i_{N_2}) C বিন্দু, লোড, লিমিটিং রিয়্যাক্টর L, T_{N_2} এবং B বিন্দুর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। আবারও কারেন্ট প্রবাহের দিক অপরিবর্তিত থাকে।

আবার, পরবর্তী হাফ-সাইকেলে পয়েন্ট A নেগেটিভ এবং পয়েন্ট B পজিটিভ হওয়ায় T_{N_2} টার্ন-অফ এবং T_{N_1} ট্রিগার হয়। এ অবস্থায়ও কারেন্ট প্রবাহের দিক অপরিবর্তিত থাকে। ফলে এই তিনটি নেগেটিভ হাফ-সাইকেল একত্রে একটি আউটপুট নেগেটিভ হাফ-সাইকেল তৈরি করে।

সুতরাং উভয় হাফ-সাইকেল থেকে দেখা যায় যে, আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সির তিনভাগের এক ভাগ।

১১.৩.১ সিঙ্গেল ফেজ/সিঙ্গেল ফেজ সাইক্লোকনভার্টার (ব্রিজ কনফিগারেশন) (Single-phase/single-phase cycloconverter (Bridge configuration) :

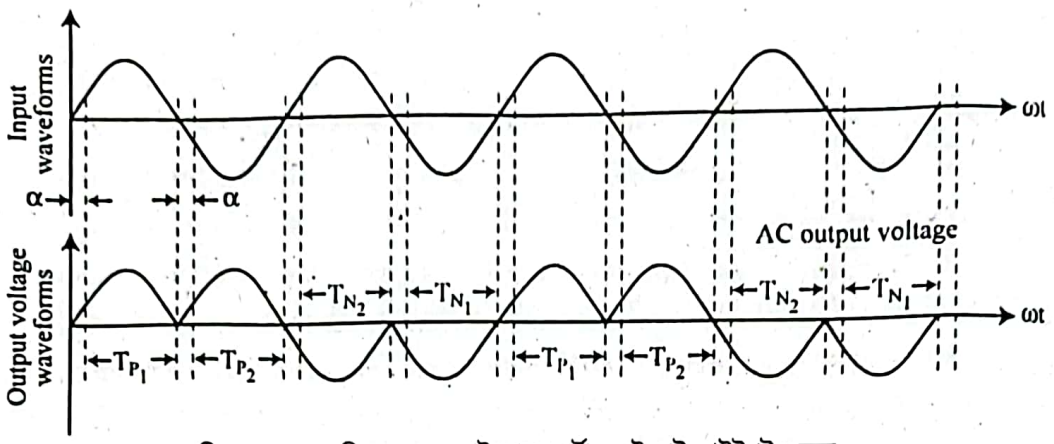
দুটি সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-কন্ট্রোলড কনভার্টার ব্রিজ সংযোগ করা হয় বিপরীতমুখী করে, অনেকটা ডুয়েল কনভার্টার এর মতো। নিম্নের চিত্রে তা দেখানো হলো–



চিত্র : ১১.২ (a) সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টারের বর্তনী (ব্রিজ কনফিগারেশন)

ইলেকট্রনিক্স ইলেকট্রিক্যাল-৫ম

CamScanner

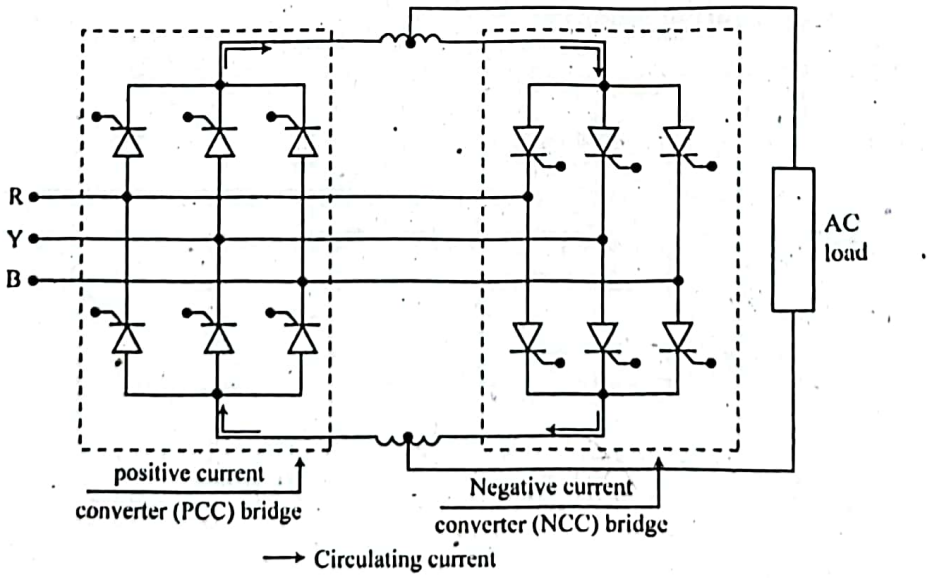


চিত্র : ১১.২ (b) সিঙ্গেল-ফেজ সাইক্লোকনভার্টারের ইনপুট আউটপুট ওয়েভ

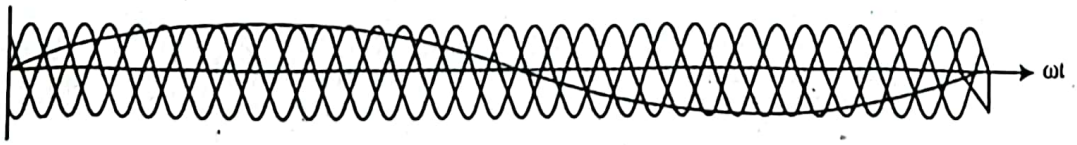
যখন AC ইনপুটের পজিটিভ হাফ-সাইকেলের সময় SCRs T_1 এবং T_2 ট্রিগারড থাকে তখন লোড কারেন্ট প্রবাহ ($i_{T_1-T_2}$) T_1 হয়ে T_2 যায়। নেগেটিভ হাফ-সাইকেলের সময় SCRs T_1 এবং T_2 সাধারণ কমুটেশন প্রক্রিয়ায় টার্ন-অফ হয় এবং T_3 এবং T_4 ট্রিগারড হয়। অ লোড কারেন্ট প্রবাহ ($i_{T_3-T_4}$) T_3 হয়ে T_4-এ যায়। উভয় হাফ-সাইকেলের সময় লোড কারেন্ট সমান থাকে। এটি এই নির্দেশ করে, এ প্রক্রি প্রথম পজিটিভ এবং নেগেটিভ হাফ-সাইকেল AC ইনপুটে পজিটিভ হাফ-সাইকেল উৎপন্ন করে। আউটপুটে নেগেটিভ হাফ-সাইকেলে একই SCRs T_6–T_5 এবং T_8–T_7 ট্রিগারড হয় এটি হয় ব্রিজ 2। চিত্রে এটি দেখানো হয়েছে। ইনপুট এবং আউটপুট ওয়েভফরমে ইনপুট ফ্রিকু 50Hz ও আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি 25Hz।

১১.৪ থ্রি-ফেজ সার্কুলেটিং এবং নন-সার্কুলেটিং টাইপ সাইক্লোকনভার্টারের কার্যনীতি (Operation of three phas Circulating and non-circulating type cycloconverter :

১১.৪.১ থ্রি-ফেজ সার্কুলেটিং টাইপ সাইক্লোকনভার্টার (Three phase circulating type cycloconverter) :



চিত্র : ১১.৩ (a) সার্কুলেটিং কারেন্ট টাইপ সাইক্লোকনভার্টার বর্তনী



----- mean output voltage
----- The thick represents the instantaneous output voltage

চিত্র : ১১.৩ (b) সাইক্লোকনভার্টারের তাৎক্ষণিক এবং গড় আউটপুট ভোল্টেজ ওয়েভ

CamScanner

১১.৩ (a) নং চিত্রে সার্কুলেটিং কারেন্ট টাইপ সাইক্লোকনভার্টার দেখানো হয়েছে। যদিও প্রতিটি কনভার্টারের আউটপুটেই রিপল ভোল্টেজ এবং ডিসি উপাদান বিদ্যমান তবুও রিপল কোনক্রমেই সমান হয় না। পজিটিভ ও নেগেটিভ কারেন্ট কনভার্টারের ট্রিগারিং অ্যাংগেল ভিন্ন ও টার্মিনাল পোলারিটি বিপরীত হওয়ায় রিপল ভোল্টেজ কোন সময়ই ব্যালেন্স হয় না। যদি কোন প্রকার ইন্ডাক্টর ছাড়া দুটি কনভার্টারকে সরাসরি প্যারালালে সংযোগ করা হয় এবং কনভার্টার দুটি একই সংগে অপারেট হয়, তবে দুটি কনভার্টারের লুপে প্রচুর পরিমাণে রিপল কারেন্ট প্রবাহিত হয়, কারণ কনভার্টারদ্বয়ের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ ব্যালেন্স হয় না।

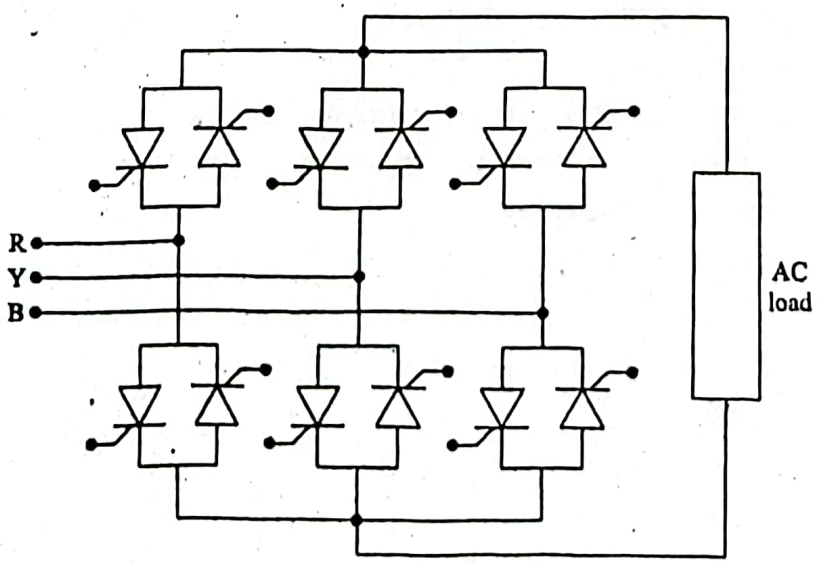
সার্কুলেটিং কারেন্ট সীমিত এবং উভয় ব্রিজকে একই সাথে অপারেট করার জন্য ব্রিজ কনফিগারেশনে দুটি রিয়্যাক্টর প্রয়োজন হয়, কারণ ব্রিজের উভয় প্রান্তে সার্কুলেটিং কারেন্ট সীমিত হতে হয়। সার্কুলেটিং কারেন্ট একমুখী হতে হয়, কারণ প্রতিটি ব্রিজ শুধুমাত্র একদিকে কারেন্ট বহন করতে পারে। যেহেতু রিপল ভোল্টেজ পরিবর্তনশীল তাই সার্কুলেটিং কারেন্ট বিচ্ছিন্ন প্রকৃতির হয়ে থাকে। যদি পজিটিভ কারেন্ট কনভার্টার (PCC) ব্রিজটি 0° ট্রিগারিং কোণে অপারেট হয়, তবে এর ডিসি আউটপুট ভোল্টেজ সর্বোচ্চ হবে, যা $\frac{3\sqrt{3}\,V_m}{\pi}$ এর সমান, কারণ ($\cos\alpha = \cos 0° = 1$)।

যখন ট্রিগারিং কোণ ধীরে ধীরে বাড়তে থাকে, তখন আউটপুট ভোল্টেজের মান ৯০° হওয়া পর্যন্ত কমতে থাকে। যদি α_p এর মান আরও বৃদ্ধি করা হয়, তবে কোসাইন সূত্রানুসারে ভোল্টেজের মান বিপরীত হয় এবং $\alpha_p = 180°$-তে ভোল্টেজের মান সর্বোচ্চ নেগেটিভ হয়। এভাবে ট্রিগারিং কোণ ধীরে ধীরে 0° থেকে 180° তে পরিবর্তন করে পুনরায় 0°-তে ফিরে আসলে ডিসি ভোল্টেজকে সর্বোচ্চ পজিটিভ থেকে সর্বোচ্চ নেগেটিভ পর্যন্ত এসি সাইকেলে রূপান্তর করা যায়। এভাবেই সাইক্লোকনভার্টারটি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির এসি আউটপুট প্রদান করে।

১১.৪.২ থ্রি-ফেজ নন-সার্কুলেটিং কারেন্ট টাইপ সাইক্লোকনভার্টার (Three-phase non circulating current type cycloconverter) :

নিম্নে একটি নন-সার্কুলেটিং টাইপ কারেন্ট ফ্রি-টাইপ সাইক্লোকনভার্টার চিত্রে দেখানো হলো–

SCR গেইট পালস কনভার্টারের মধ্যে প্রয়োজনীয় লোড কারেন্টকে কন্ডাক্ট করে এবং অন্য কনভার্টারটি SCR গেইট পালসকে ব্লক করে দেয়। এর মানে যখন সাপ্লাই কারেন্ট হিসেবে অল্টারনেটিং লোড কারেন্ট সুইচ এবং ব্রিজের মধ্যে প্রবেশ করে। তারপর প্রতিটি হাফ-সাইকেলে লোড কারেন্ট পাওয়া যায়। কন্ট্রোল সার্কিট যখন স্থির হয় তখন কারেন্ট শূন্য হয়। যদি কারেন্ট রিভার্স করার প্রয়োজন হয় এবং চ্যানেলের গেইট পালস প্রয়োজন হয় তখন লজিক চ্যানেলে গেট পালস পাওয়া যায় না কিন্তু ইনকরোপটেড কন্ট্রোল সমান হয়। এ প্রক্রিয়ায় নন-সার্কুলেটিং কারেন্ট প্রবাহ একই সময়ে দুটি কনভার্টারকে পরিচালনা করতে পারে না। এ সময়ে নন-কারেন্ট লিমিটিং রিয়্যাক্টর ব্যবহার করা হয়। হেইনস এর এ প্রক্রিয়াটি বর্তমানে ব্যাপক জনপ্রিয়।



চিত্র : ১১.৪ নন-সার্কুলেটিং কারেন্ট টাইপ সাইক্লোকনভার্টার

CamScanner

১১.৫ বিভিন্ন প্রকার সাইক্লোকনভার্টারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ (Advantages and disadvantages of cycloconverters)

সুবিধাসমূহ (Advantages) :

১। অন্যান্য কনভার্টারের তুলনায় এর দক্ষতা বেশি।

২। এতে ফোর কোয়াড্রেন অপারেশন সম্ভব, কারণ সাইক্লোকনভার্টার উভয় দিকে পাওয়ার ট্রান্সফার করতে সক্ষম।

৩। এটি একটি সিঙ্গেল কনভারশনে এসি পাওয়ারের একক ফ্রিকুয়েন্সি সরাসরি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে রূপান্তরিত হয়।

৪। যদি একটি SCR ব্যর্থ হয়, সাইক্লোকনভার্টার একটি বিকৃত আউটপুট দিয়ে কাজ করে।

৫। এই কনভার্টারে সাপ্লাই লোড থেকে পাওয়ার ট্রান্সফার করা সম্ভব।

৬। এর ডায়নামিক রেসপন্স ভালো।

৭। এটি একটি মসৃণ গতির অপারেশন।

অসুবিধাসমূহ (Disadvantages) :

১। কন্ট্রোল সার্কিট ডিজাইন করা কঠিন।

২। পাওয়ার ফ্যাক্টর α-এর বৃহৎ মানগুলোর জন্য খুবই দুর্বল হয়।

৩। কম ফ্রিকুয়েন্সিতে এটি আরও বিকৃত হয়।

অনুশীলনী-১১

HP অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **সাইক্লোকনভার্টার কোন ধরনের ডিভাইস?** [বাকাশেবো-২০২০,

উত্তর : কনভার্টার ডিভাইস।

২। **Converter বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৬(পরি

অথবা, Converter কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০২

উত্তর : যার সাহায্যে AC supply ভোল্টেজকে কোনোরকম ডিসি লিঙ্ক ছাড়াই লো-ফ্রিকুয়েন্সির AC voltage পরিবর্তন করা যা তাকে Converter বলে।

৩। **সাইক্লোকনভার্টার কী?** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৯(পরি

অথবা, সাইক্লোকনভার্টার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ১৫,

অথবা, সাইক্লোকনভার্টার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৬(পরি), ১৭(পরি

অথবা, সাইক্লোকনভার্টার-এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১

উত্তর : সাইক্লোকনভার্টার মূলত SCR ব্যবহৃত এক ধরনের কনভার্টিং সার্কিট, যার সাহায্যে এসি সাপ্লাই ভোল্টেজকে কোনোরূ ডিসি লিংক ছাড়াই লো-ফ্রিকুয়েন্সির এসি ভোল্টেজে পরিবর্তন করা যায়।

৪। **সাইক্লোকনভার্টারকে কেন সাইকেল কনভার্টার বলা হয়?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি,

উত্তর : আউটপুট এসির প্রতি অর্ধ-সাইকেল, ইনপুট এসির কয়টি সাইকেল নিয়ে গঠিত হবে এটা নির্ভর করে আমরা কোন মানে আউটপুট এসি ভোল্টেজ পেতে চাই তার উপর। সে অনুযায়ী সাইক্লোকনভার্টার এর সাহায্যে ইনপুট এসির পরিবর্তন ঘটিয়ে আউটপু লো-ফ্রিকুয়েন্সির এসি সাপ্লাই তৈরি করা হয়, এজন্য একে সাইকেল কনভার্টার বলা হয়।

৫। **সাইক্লোকনভার্টারের অপর নাম কী?**

উত্তর : সাইক্লোকনভার্টার এর অপর নাম হলো সাইকেল কনভার্টার।

৬। **সাইক্লোকনভার্টার প্রধানত কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : সাইক্লোকনভার্টার প্রধানত দুই প্রকার–

(ক) সিঙ্গেল সাইক্লোকনভার্টার এবং (খ) থ্রি-ফেজ সাইক্লোকনভার্টার।

CamScanner