

অধ্যায়-১২

এসি ভোল্টেজ কন্ট্রোলার
(AC Voltage Controller)

১২.১ ইলেকট্রিক ড্রাইভের সংজ্ঞা (Definition of electric drive) :

ইলেকট্রিক ড্রাইভ হলো একটি ইলেকট্রোমেকানিক্যাল ডিভাইস, যা বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে পরিণত করে বিভিন্ন প্রকার মেকানিক্যাল প্রসেস কন্ট্রোল সার্কিটে সরবরাহ করে থাকে। এটি একটি কন্ট্রোল ইকুইপমেন্ট ও এনার্জি ট্রান্সমিটিং ডিভাইসের সমন্বয়ে গঠিত। আবার ওয়ার্কিং মেশিনসহ ইলেকট্রিক ড্রাইভকে ইলেকট্রিক ড্রাইভ সিস্টেম বলে। যেমন : ব্রেড ছাড়া একটি সিলিং ফ্যানের রেগুলেটর ও মোটরকে ইলেকট্রিক ড্রাইভ বলে কিন্তু ব্রেডসহ সিলিং ফ্যানের মোটর ও রেগুলেটরকে একত্রে ইলেকট্রিক ড্রাইভ সিস্টেম বলে।

১২.২ ইলেকট্রিক ভ্যারিয়েবল স্পিড ড্রাইভ-এর প্রকারভেদ তালিকা (Types of electric variable speed drive) :

ইলেকট্রিক ভ্যারিয়েবল স্পিড ড্রাইভ প্রধানত দুই প্রকার। যথা- ১। এসি ড্রাইভ, ২। ডিসি ড্রাইভ।

ইলেকট্রিক ড্রাইভে নিম্নলিখিত টার্মস (Terms)-এ ব্যবহার করা হয়-

- ১। স্পিড রেগুলেশন (Speed regulation)
- ২। স্পিড রেঞ্জ (Speed range)
- ৩। স্পিড সেনসিং (Speed sensing)
- ৪। জগিং কন্ট্রোল (Jogging control)
- ৫। রিভার্সিবিলিটি (Reversibility)
- ৬। রিজেনারেটিভ ব্রেকিং (Regenerative braking)
- ৭। ডায়নামিক ব্রেকিং (Dynamic braking)
- ৮। ডিসকানেক্ট সুইচ (Disconnect switch)
- ৯। কন্ট্যাক্টর (Contactor)
- ১০। টর্ক লিমিট (Torque limit)
- ১১। কনস্ট্যান্ট টর্ক ড্রাইভ (Constant torque drive)
- ১২। কনস্ট্যান্ট পাওয়ার ড্রাইভ (Constant power drive)
- ১৩। কারেন্ট লিমিটিং অ্যাক্সেলারেশন কন্ট্রোল (Current limiting acceleration control)
- ১৪। টাইম ডিলে অ্যাক্সেলারেশন কন্ট্রোল (Time delay acceleration control)
- ১৫। টর্ক রেগুলেশন (Torque regulation)।

১২.৩ এসি ইলেকট্রিক ড্রাইভ-এর ব্লক ডায়াগ্রাম (Block diagram of AC electric drive) :

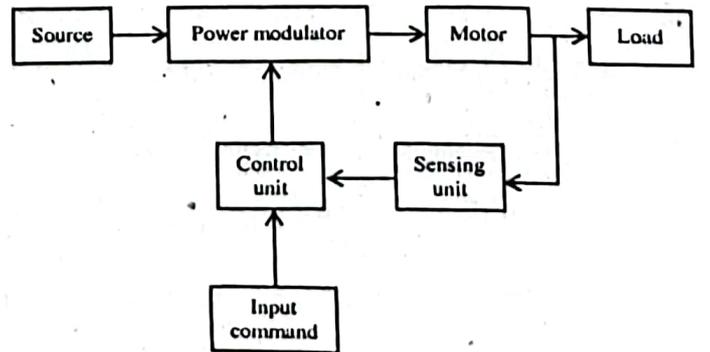
ইলেকট্রিক ড্রাইভ সিস্টেমের প্রধান উপাদান তিনটি, যথা-

- ১। ইলেকট্রিক মোটর ২। পাওয়ার কন্ট্রোলার এবং ৩। ওয়ার্কিং মেশিন বা লোড।

নিচে ইলেকট্রিক ড্রাইভ সিস্টেমের ব্লক ডায়াগ্রামের চিত্র দেওয়া হলো-

আধুনিক ইলেকট্রিক ড্রাইভ সিস্টেমে পাওয়ার কন্ট্রোলারের পরিবর্তে পাওয়ার ইলেকট্রনিক কনভার্টার ব্যবহার করা হয়।

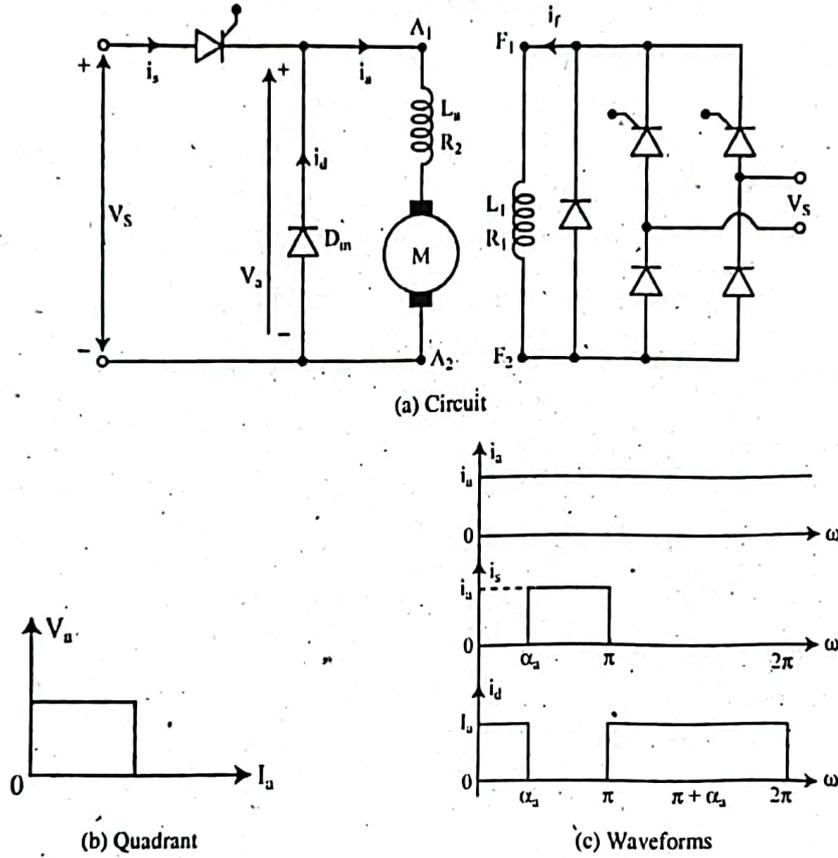
এখানে একটি পাওয়ার মডুলেটর ব্যবহার করা হয়েছে, যা উৎস হতে গৃহীত ইনপুট সিগনাল এবং কন্ট্রোল ইউনিট হতে গৃহীত কন্ট্রোল সিগনালের মাধ্যমে মোটরে ইনপুট প্রদান করে এবং মোটর সেই অনুযায়ী আউটপুট তৈরি করে লোডকে পরিচালনা করে থাকে। সাধারণত এনার্জি ট্রান্সমিটিং ডিভাইসের মাধ্যমে ইলেকট্রিক পাওয়ার মোটর হতে লোডে প্রেরণ করা হয়। ট্রান্সমিটিং ডিভাইস হিসেবে শ্যাফট, বেল্ট, চেইন ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : ১২.১ ইলেকট্রিক ড্রাইভের ব্লক ডায়াগ্রাম

১২.৪ সিঙ্গেল ফেজ হাফ ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ এবং ফুল ওয়েভ ফুল কনভার্টার ড্রাইভ এর মূলনীতি ও কার্যপ্রণালী (The operating principle of single phase Half wave converter drives and Full-wave full converter drive):

(a) সিঙ্গেল-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ এর কার্যপ্রণালীর মূলনীতি (Operation of single phase half wave converter drivers) :



চিত্র : ১২.২ সিঙ্গেল-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ

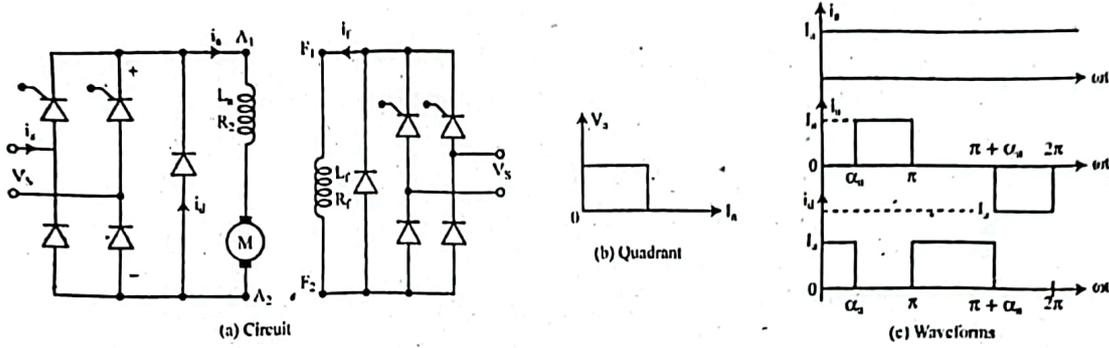
উপরের চিত্র ১২.২ (a)-তে একটি সিঙ্গেল-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভারের চিত্র দেখানো হয়েছে। চিত্রে সিঙ্গেল-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টারের মাধ্যমে একটি ডিসি মোটরকে সরবরাহ দেওয়া হয়েছে। যতক্ষণ পর্যন্ত আর্মেচার সার্কিটের সাথে একটি উচ্চমানের ইন্ডাক্টর সংযোগ করা না হবে ততক্ষণ পর্যন্ত আর্মেচার কারেন্ট অনিয়মিতভাবে প্রবাহিত হবে। যেহেতু ডিসি মোটরের আর্মেচার কয়েলে একটি উচ্চমানের অনিয়মিত ইন্ডাকটিভ কয়েল সেহেতু ডিসি মোটর লোডের আড়াআড়িতে সবসময় একটি ফ্রি-হুইলিং ডায়োড সংযোগ করতে হয়। এটি একই এক কোয়ান্ট্রেন্ট ড্রাইভার, যা উপরের চিত্র ১২.২ (b)-তে দেখানো হয়েছে। সাধারণত এই ধরনের ড্রাইভার 1/2 kW পাওয়ার লেভেল পর্যন্ত ব্যবহার করা হয়ে থাকে। উচ্চ ইন্ডাকটিভ লোডের ওয়েভফর্ম উপরের চিত্র ১২.২(c)-তে দেখানো হয়েছে। ফিল্ড সার্কিটের কনভার্টার সেমিকন্ডাক্টরের ব্যবহার থাকে। কিন্তু সার্কিটে হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ব্যবহার করলে ফিল্ড এক্সাইটেশন কারেন্টে উচ্চ রিপল ফ্যাক্টরের কারণে মোটরের ম্যাগনেটিক শেড বেড়ে যায়। আর্মেচার সার্কিটের সাথে সিঙ্গেল-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ব্যবহার করলে যে পরিমাণ অ্যাম্পিয়ার ভোল্টেজ পাওয়া যায় নিম্নরূপ-

$$\begin{aligned} \therefore V_u &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha_a}^{\pi} V_m \sin \omega t \text{ যেখানে } 0 \leq \alpha_a \leq \pi \\ &= \frac{V_m}{2\pi} \int_{\alpha_a}^{\pi} \sin \omega t = \frac{V_m}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha_a}^{\pi} \\ &= \frac{V_m}{2\pi} [\cos \alpha_a - \cos \pi] \\ \therefore V_u &= \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha_a) \quad [\because \cos \pi = -1] \end{aligned}$$

ফিল্ড সার্কিটের গড় ভোল্টেজ, $V_f = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha_f)$ যেখানে, $0 \leq \alpha_f \leq \pi$

(b) সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-ওয়েভ সেমিকনভার্টার ড্রাইভের কার্যপ্রণালির মূলনীতি (Principle operation of full wave semiconverter drive) :

একটি সিঙ্গেল-ফেজ সেমিকনভার্টার ফিল্ড আর্মেচার সার্কিট ওয়ান কোয়ান্ট্রেন্ট ড্রাইভ, কারেন্ট ওয়েভফর্মস চিত্রে দেখানো হলো—



চিত্র : ১২.৩ সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-ওয়েভ ড্রাইভার

উপরের চিত্রে একটি সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-ওয়েভ সেমিকনভার্টার ড্রাইভ দেখানো হয়েছে। এটি একটি এক কোয়ান্ট্রেন্ট ড্রাইভ, যা চিত্র ১২.৩ (b)-তে দেখানো হয়েছে। এ ধরনের ড্রাইভকে 15kW পাওয়ার পর্যন্ত ব্যবহার করা যায়। এ ড্রাইভারের ফিল্ড সেমিকনভার্টার ব্যবহার করা হয়। এই সার্কিটের কারেন্ট ওয়েভ চিত্র ১২.৩ (c)-তে দেখানো হলো।

সিঙ্গেল-ফেজ সেমিকনভার্টার আর্মেচার সার্কিটের গড় আর্মেচার ভোল্টেজ,

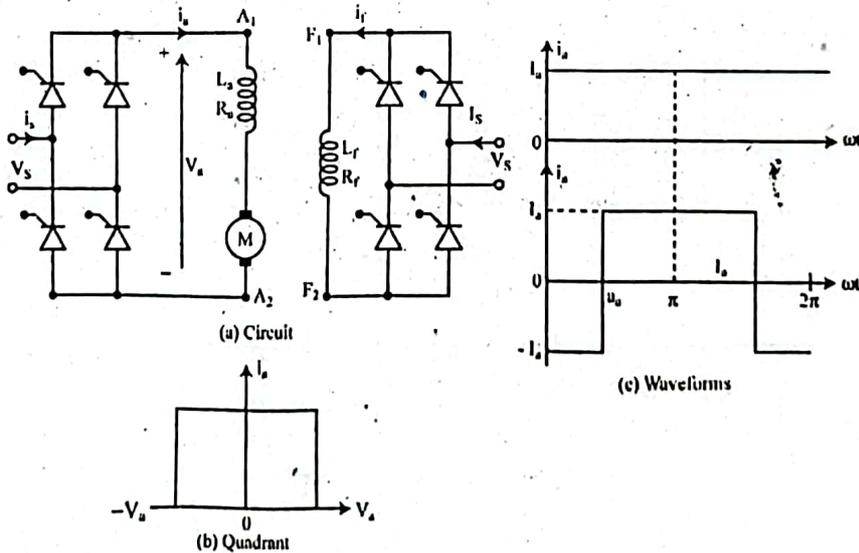
$$V_a = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha_a) \text{ যদি } 0 \leq \alpha_a \leq \pi$$

সেমিকনভার্টার ফিল্ড সার্কিটের গড় ভোল্টেজ,

$$V_f = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha_f) \text{ যদি } 0 \leq \alpha_f \leq \pi$$

(c) সিঙ্গেল ফেজ ফুল ওয়েভ ফুল কনভার্টার ড্রাইভ (Single phase full wave full converter drives) :

নিম্নে ফুল-ওয়েভ ফুল-কনভার্টার ড্রাইভের চিত্র দেখানো হলো—



চিত্র : ১২.৪ সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-ওয়েভ কনভার্টার

আর্মেচার কনভার্টার সাধারণত $+V_a$ অথবা $-V_a$ এবং এটি প্রথম এবং চতুর্থ কোয়ান্ট্রেন্টস কার্যনীতি প্রয়োগ করা হয়। এ রিজেনারেশন রিভার্স দিকে পাওয়ার প্রবাহ হয়। বিপরীত emf-এ মোটর রিভার্স হয়ে রিভার্সিং ফিল্ড এক্সাইটেশন সৃষ্টি করে।

সিঙ্গেল-ফেজ ফুল-ওয়েভ কনভার্টার-এ আর্মেচার সার্কিটে গড় আর্মেচার ভোল্টেজের মান—

$$V_a = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_a \text{ যদি } 0 \leq \alpha_a \leq \pi$$

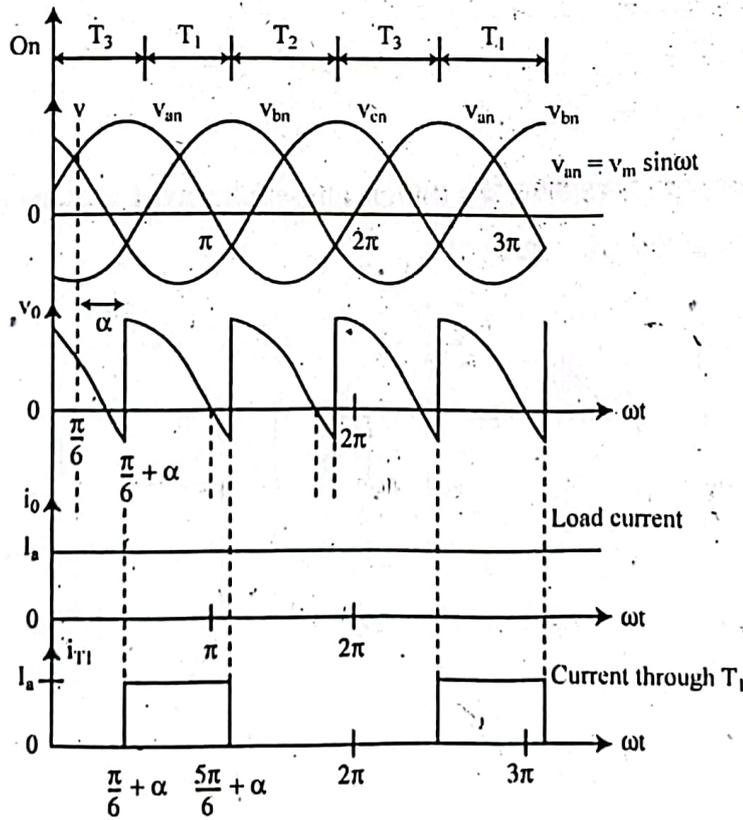
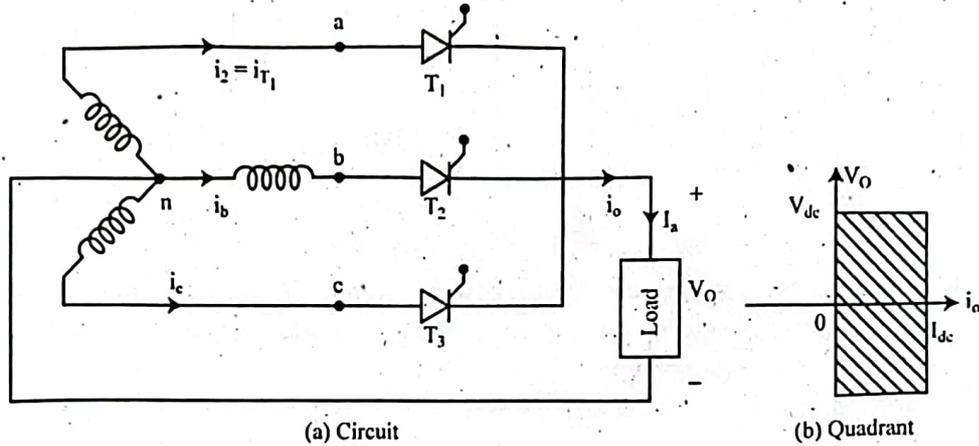
সিঙ্গেল-ফেজ ফুল কনভার্টার ফিল্ড সার্কিটে ফিল্ড ভোল্টেজের মান—

$$V_f = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_f \text{ যদি } 0 \leq \alpha_f \leq \pi$$

১২.৫ ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ এবং ফুল-ওয়েভ ফুল-কনভার্টার ড্রাইভ, এর মূলনীতি ও কার্যপ্রণালী (The operating principle of three phase Half wave converter drive and Full wave full converter drive):

১২.৫.১ ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ (Three phase half wave converter drives) :

ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ফিল্ড ডিসি মোটর ড্রাইভ প্রথম কোয়ান্ট্রেন্ট-এ অপারেট করে এবং এটি ব্যবহার করা হয় 40kW পাওয়ার লেভেলে। এ ফিল্ড কনভার্টার হল সিঙ্গেল-ফেজ অথবা ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার। এটি সাধারণত ইন্ডাস্ট্রিতে ব্যবহার করা হয়, কারণ এটি সাপ্লাই ডিসি কম্পোনেন্টের সাথে পরিচালনা করা যায়। নিচের চিত্রে ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ দেখানো হলো—



চিত্র : ১২.৫ ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভ

ত্রি-ফেজ হাফ-ওয়েভ কনভার্টার-এ আর্মেচার সার্কিটে আর্মেচার ভোল্টেজের মান—

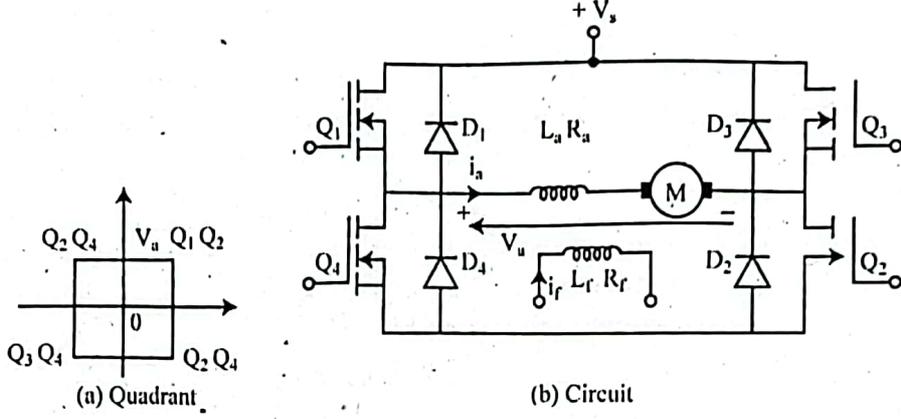
$$V_u = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos\alpha_d \text{ যদি } 0 \leq \alpha_d \leq \pi$$

যেখানে V_m হল পিক ফেজ ভোল্টেজ। ওয়াই (wye) কানেকটেড ত্রি-ফেজ এসি সাপ্লাই তার সাথে ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার ফিল্ড সার্কিট ফিল্ড ভোল্টেজের মান—

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} (1 + \cos\alpha_f) \text{ যদি } 0 \leq \alpha_f \leq \pi$$

১২.৫.২ ত্রি-ফেজ ফুল ওয়েভ সেমিকনভার্টার ড্রাইভ (Three phase full wave semiconverter drives) :

একটি ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার ফিড ড্রাইভ-এ একটি প্রথম কোয়ান্ট্রেন্ট ড্রাইভ আছে, যা ফিল্ড রিভার্সেবল ছাড়া এবং সীমিত প্রয়োগে 115kW ব্যবহার করা হয়। ফিল্ড কনভার্টার অবশ্যই সিঙ্গেল ফেজ অথবা ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার হবে। নিচের চিত্রে ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার ড্রাইভ দেখানো হলো-



চিত্র : ১২.৬ ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার ড্রাইভ

ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার আর্মেচার সার্কিটে আর্মেচার ভোল্টেজের মান- $V_a = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} (1 + \cos\alpha_a)$ যদি $0 \leq \alpha_a \leq \pi$

ত্রি-ফেজ সেমিকনভার্টার ফিল্ড সার্কিটে ফিল্ড ভোল্টেজের মান- $V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} (1 + \cos\alpha_f)$ যদি $0 \leq \alpha_f \leq \pi$

১২.৫.৩ ত্রি ফেজ ফুল ওয়েভ ফুল কনভার্টার ড্রাইভ (Three phase full wave full converter drives) :

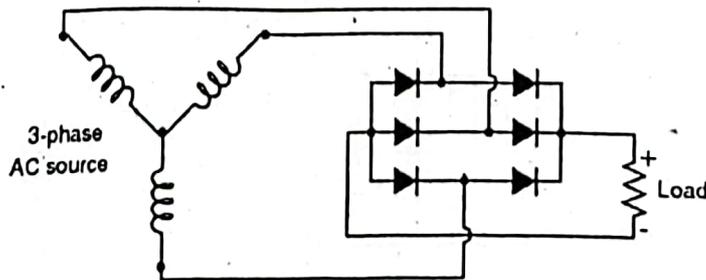
একটি ত্রি-ফেজ ফুল-ওয়েভ কনভার্টার ড্রাইভে দুই কোয়ান্ট্রেন্ট ড্রাইভ হয়, যাতে কোন রিভার্সেবল ফিল্ড থাকে না এবং সীমিত অ্যাপ্লিকেশনে 1500kW পর্যন্ত হয়। এ সময় রিজেনারেশনে রিভার্সে পাওয়ার প্রবাহ হয়। ব্যাক emf-এ মোটর রিভার্সড হয়ে রিভার্সিং ফিল্ড উত্তেজিত করে। এ কনভার্টার ফিল্ড সার্কিট অবশ্যই একটি সিঙ্গেল-ফেজ অথবা ত্রি-ফেজ ফুল কনভার্টার হয়ে থাকে। একটি 68kW 170A মাইক্রোপ্রসেস বেইসড ত্রি-ফেজ ফুল কনভার্টার ডিসি ড্রাইভ চিত্রে দেখানো হলো-

ত্রি-ফেজ ফুল-ওয়েভ কনভার্টার-এ একসাথে আর্মেচার সার্কিটে আর্মেচার ভোল্টেজের মান-

$$V_a = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos\alpha_a \text{ যদি } 0 \leq \alpha_a \leq \pi$$

ত্রি-ফেজ ফুল কনভার্টার ফিল্ড সার্কিটে ফিল্ড ভোল্টেজের মান-

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos\alpha_f \text{ যদি } 0 \leq \alpha_f \leq \pi$$



চিত্র : ১২.৭ ত্রি-ফেজ ফুল-ওয়েভ ফুল কনভার্টার