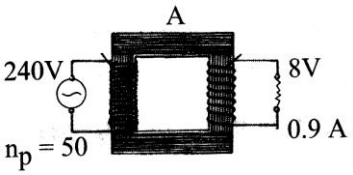
দ্বাদশ অধ্যায়

তড়িতের চৌম্বক ক্রিয়া

গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

প্রশ্ন – ১ ▸ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. A চিহ্নিত বস্তুটির নাম কী?

খ. যন্ত্রটি যে নীতি বা ঘটনার উপর তৈরি তা ব্যাখ্যা কর।

গ. এই যন্ত্রের মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ. উপাত্তের আলোকে যন্ত্রটির ক্রিয়া গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

▸◂ ১নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. এই যন্ত্রে A চিহ্নিত বস্তুটির নাম আয়তাকার মজ্জা বা কোর।

খ. যন্ত্রটির নাম ট্রান্সফর্মার। এই যন্ত্রটি তাড়িতচৌম্বক আবেশের উপর ভিত্তি করে তৈরি। পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্রের দ্বারা কোনো বর্তনীতে তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টির এই ঘটনাকে তাড়িতচৌম্বক আবেশ বলে। চৌম্বকক্ষেত্র স্থির থাকলে বর্তনীতে কোনো তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎপ্রবাহ সৃষ্টি হয় না।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 240$ V

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 8$ V

গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_s = 0.9$ A

মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_p = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

বা, $I_p = \frac{E_s}{E_p} \times I_s$

$= \frac{8\ V}{240\ V} \times 0.9\ A$

$= 0.03\ A$

অতএব, মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহমাত্রা 0.03 A।

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রের যন্ত্রটি একটি ট্রান্সফর্মারের।

মনে করি, ট্রান্সফর্মারের x_p পাকসংখ্যাবিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_pপরবর্তী বিভব প্রয়োগ করার ফলে কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ I_p হলে, n_s পাকসংখ্যাবিশিষ্ট গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি Es এবং তড়িৎ প্রবাহ I_s পাওয়া যায়।

আমরা জানি,

$$\frac{Ep}{E_s} = \frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

এখন, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $n_s = \frac{E_s}{E_p} \times n_p$

$= \frac{8V}{240V} \times 50$

∴ n_s = 1·67

এখানে,
$E_p = 240\ V$
Es = 8V
$n_p = 50$
$n_s = ?$

ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে কম।

আমরা জানি, $n_p > n_s$ হলে ট্রান্সফর্মারটি অবরোহী হয় এবং $n_p < n_s$ হলে ট্রান্সফর্মারটি আরোহী হয়।

এখানে, $n_p > n_s$ এবং মুখ্য কুণ্ডলীতে 240V বিভব প্রয়োগ করলে গৌণ কুণ্ডলীতে 8V বিভব পার্থক্য পাওয়া যায়। তাই ট্রান্সফর্মারটি অবরোহী। আবার মুখ্য কুণ্ডলীতে 240 V বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করার ফলে কুণ্ডলীতে 0.3 A তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এই তড়িৎ প্রবাহ মজ্জাটিকে চুম্বকিত করে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। চৌম্বক বলরেখার ক্ষরণ শূন্য ধরা হলে গৌণ কুণ্ডলীর প্রতিটি পাকে ও একই সংখ্যক বলরেখা সংযুক্ত হয় এবং গৌণ কুণ্ডলীতে 8V তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। এই আবিষ্ট ভোল্টেজ গৌণ কুণ্ডলীতে 0·9A তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে।

আমরা জানি,

মুখ্য কুণ্ডলীতে ক্ষমতা = $E_p I_p$

$= 240V \times 0{\cdot}03A$

$= 7{\cdot}2W$

এবং গৌণ কুণ্ডলীতে ক্ষমতা = $E_s I_s$

$= 8V \times 0{\cdot}9A$

$= 7{\cdot}2W$

অর্থাৎ কোনো ট্রান্সফর্মার যে অনুপাতে ভোল্টেজ কমায় ঠিক সে অনুপাতে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করে যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান বা ধ্রুব থাকে। এভাবে ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎপ্রবাহ উভয়কেই রূপান্তর করে। কিন্তু তড়িৎ ক্ষমতা বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে পারে না।

প্রশ্ন –২ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

কাজল একটি তড়িৎবাহী বর্তনীর চাবি খুলে তারের নিচে একটি কম্পাসকে এমনভাবে রাখল যাতে এর কাঁটাটি উত্তর–দক্ষিণে মুখ করে থাকে। এ অবস্থায় সে সুইচটি অন করল। এরপর একটি শক্ত কাগজে একটি পরিবাহী তার ঢুকিয়ে ঐ তারসহ একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি করল এবং কাগজটি অনুভূমিক করে রেখে তারটির চারপাশে কিছু লোহার গুঁড়া ছড়িয়ে ছিটিয়ে দিল। এবার বর্তনী তথা পরিবাহী দিয়ে তড়িৎ চালনা করল এবং শক্ত কাগজে আঙুল দিয়ে আস্তে আস্তে টোকা দিতে থাকে।

ক. তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক কোন দিকে হবে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম বর্তনীর চাবি বন্ধ করলে কী ঘটবে ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. দ্বিতীয় পরীক্ষণে কাজল প্রকৃতপক্ষে কী দেখাতে চেয়েছে তড়িৎ ও চৌম্বকবিদ্যার আলোকে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে এর চারপাশে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হওয়াকে তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া বলে।

খ. কোনো তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের দিক হয় লম্বদিকে। প্রকৃতপক্ষে, বৃদ্ধাঙ্গুলি খাড়া রেখে ডান হাত মুষ্ঠিবদ্ধ করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি তড়িৎ পবাহের অভিমুখ নির্দেশ করে তাহলে অন্য আঙুলগুলো দিয়ে চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ নির্দেশিত হবে। যেমন, সোজা তারে তড়িৎপ্রবাহ খাড়া নিচের দিকে হলে চৌম্বক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ঘড়ির কাঁটার দিকাভিমুখী হবে।

গ. প্রথম বর্তনীর চাবি বন্ধ করলে বর্তনীটিতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটবে। এতে তড়িতের চৌম্বক ক্রিয়ার দরুন আশপাশের এলাকাজুড়ে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। ফলে কম্পাসের স্থায়ী চৌম্বক কাঁটার ওপর এখন দুইটি চৌম্বকক্ষেত্র ক্রিয়া করবে, একটি ভূচৌম্বকক্ষেত্র এবং অপরটি তড়িৎ প্রবাহের ফলে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র। এই চৌম্বকক্ষেত্রদ্বয়ের দিক একই না হওয়ায় কম্পাসের কাঁটাটি পূর্বের অবস্থান হতে সরে যাবে বা বিক্ষিপ্ত হবে।

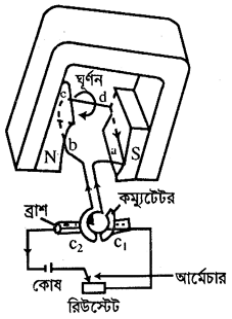
ঘ. দ্বিতীয় পরীক্ষণে কাজল প্রকৃতপক্ষে পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক প্রভাব এবং সংশ্লিষ্ট বলরেখাসমূহ দেখাতে চেয়েছে।

সোজা তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে এর চতুর্পাশে চৌম্বকক্ষেত্রের উদ্দব হবে। ফলে লোহার গুঁড়াগুলো সাময়িকভাবে চুম্বকে পরিণত হবে। প্রতিটি গুঁড়ার উত্তর ও দক্ষিণ মেরু থাকবে এবং এরা চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলো বরাবর সজ্জিত হবে।

আমরা জানি, কোনো সোজা তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের দরুন চৌম্বক ক্ষেত্ররেখা বা বলরেখাগুলো হলো তারটিকে ঘিরে কতগুলো সমকেন্দ্রিক বৃত্ত। এই বৃত্তগুলো সমতল তারের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত। তারের কাছাকাছি চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বেশি, তার থেকে দূরে যেতে থাকলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য কমতে থাকে। ফলে লোহার গুঁড়াগুলো কতগুলো বৃত্তের আকারে তড়িৎবাহী তারটির চতুর্পাশে সাদা কাগজের ওপর সজ্জিত হবে।

উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ ডানহাতি নিয়মে বের করা যায়। বৃদ্ধাঙ্গুলি খাড়া রেখে ডান হাত মুষ্ঠিবদ্ধ করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্দেশ করে তাহলে অন্য আঙ্গুলগুলো দিয়ে চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ নির্দেশিত হবে। চৌম্বক বলরেখাগুলোর দিক তড়িৎ প্রবাহের দিকের ওপর নির্ভর করে। যেমন, সোজা তারে তড়িৎপ্রবাহ খাড়া নিচের দিকে হলে চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ঘড়ির কাঁটার দিকাভিমুখী হবে। তড়িৎপ্রবাহের দিক পরিবর্তন করলে চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখও বিপরীতমুখী হয়ে যায়; কিন্তু সজ্জাবিন্যাস একই থাকে।

প্রশ্ন –৩ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



?

ক. বৈদ্যুতিক মোটরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ডায়নামো ও তড়িৎ মোটরের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর। ২

গ. উদ্দীপকের চিত্রটির গঠন প্রণালি বর্ণনা কর। ৩

ঘ. সংক্ষেপে চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্রটির ক্রিয়ানীতি বিশ্লেষণ কর। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে যন্ত্রের সাহায্যে বিদ্যুৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় তাকে বৈদ্যুতিক মোটর বলে।

খ. **ডায়নামো ও তড়িৎ মোটরের পার্থক্য :**

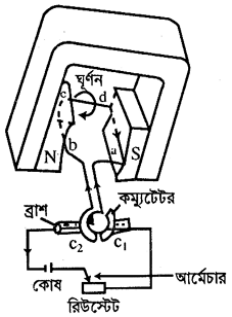
ডায়নামো	তড়িৎ মোটর
১. যে যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করা যায় তাকে ডায়নামো বলে।	১. যে তড়িৎ যন্ত্রের সাহায্যে তড়িৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় তাকে তড়িৎ মোটর বলে।
২. তাড়িতচৌম্বক আবেশের ওপর ভিত্তি করে এ যন্ত্র প্রতিষ্ঠিত।	২. তড়িৎবাহী তারের ওপর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে এ যন্ত্র তৈরি করা হয়।

৩. ঘরবাড়ি, কারখানায় তড়িৎ সরবরাহ করার জন্য এ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।	৩. বৈদ্যুতিক পাখা, পাম্প, রোলিং মিল ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

গ. উদ্দীপকের চিত্রটি একমুখী প্রবাহ মোটর বা ডিসি মোটরের।

এর গঠন নিচে বর্ণনা করা হলো :

একমুখী প্রবাহ মোটরে নিম্নলিখিত অংশসমূহ আছে :



১. **ক্ষেত্রচুম্বক :** এটি একটি অশ্বক্ষুরাকৃতি স্থায়ী চুম্বক অথবা বৈদ্যুতিক চুম্বক। একে চিত্রে NS দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

২. **কুণ্ডলী বা আর্মেচার :** এটি চুম্বকের মধ্যবর্তী স্থানে কাঁচা লোহার ওপর অন্তরীত বহু পাকবিশিষ্ট একটি আয়তাকার কুণ্ডলী। চিত্রে abcd দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

৩. **কম্যুটেটর :** এটি অর্ধবৃত্তাকার দুটি ধাতব পাত C_1 এবং C_2। এরা কুণ্ডলীর দু'প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে।

৪. **ব্রাশ :** কার্বনের তৈরি দুটি ব্রাশ স্প্রিংয়ের সাহায্যে কম্যুটেটর এর ওপর চেপে থাকে। এদের অপর দুটি প্রান্ত একটি বহিঃবর্তনীর সাথে যুক্ত থাকে।

ঘ. বিদ্যুৎ উৎস থেকে আয়তাকার কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে abcd অভিমুখে বিদ্যুৎ চালনা করলে কুণ্ডলী ঘুরতে শুরু করে। দুটি বিপরীতমুখী চৌম্বক বলের ক্রিয়ায় কুণ্ডলীটি ঘুরতে থাকে। ঘূর্ণনের দিক ফ্লেমিংয়ের বামহস্ত নিয়ম থেকে পাওয়া যায়। ঘূর্ণনের বেগ তড়িৎপ্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়।

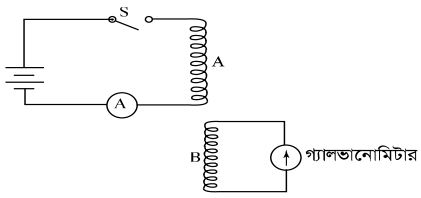
কুণ্ডলীটি ঘোরার সাথে সাথে কিছু পরিমাণ তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। এই সময় কুণ্ডলীটি ঐ চৌম্বকক্ষেত্রে ঘুরে চৌম্বক বলরেখার সাথে নিজেকে স্থাপিত করতে চায়। কম্যুটেটরটিও কুণ্ডলীর সাথে সাথে ঘোরে। কুণ্ডলীর তল যখন উল্লম্ব অবস্থায় আসে তখন গতি জড়তার জন্য কুণ্ডলীটি একই দিকে আরও একটু এগিয়ে যায়।

কুণ্ডলীর এ অবস্থায় ব্রাশ ও কম্যুটেটর অংশের মধ্যে স্থান পরিবর্তন হয়। ফলে কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ abcd অভিমুখে ক্রিয়া করে এবং কুণ্ডলীকে একই দিকে আরও ঘুরিয়ে দেয়। এরূপে যখন কুণ্ডলী খাড়া অবস্থানে আসবে তখন কম্যুটেটর বিদ্যুৎ প্রবাহের অভিমুখ পাল্টিয়ে কুণ্ডলীকে সর্বদা একই দিকে ঘোরাবে। এটাই হলো একমুখী প্রবাহ মোটরের কার্যপ্রণালি। চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি করে মোটরের দ্রুতি ও ক্ষমতা বৃদ্ধি করা যায়। চৌম্বকক্ষেত্রে প্রাবল্য নিম্নোক্ত উপায়ে বৃদ্ধি করা যায়– ১. তড়িৎপ্রবাহ বৃদ্ধি করে, ২. আর্মেচার তারের পাক সংখ্যা বাড়িয়ে, ৩. অধিক শক্তিশালী চুম্বক ব্যবহার করে ও ৪. কয়েলের দৈর্ঘ্য ও বেধ বাড়িয়ে। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে

বৈদ্যুতিক মোটরের ক্ষমতা ও ঘোরার মসৃণতা বৃদ্ধির জন্য একটি কয়েল বা একটি লুপের পরিবর্তে অনেক কয়েল বা লুপ তৈরি করা হয় এবং কেন্দ্রীয় অক্ষের চারদিকে এদের বৃত্তাকারে সাজানো হয়। এদের প্রত্যেকটিকে তার নিজ নিজ কম্যুটেটরের সাথে সংযুক্ত করা হয়। এটি নিরবচ্ছিন্ন ও মসৃণভাবে ঘুরতে সহায়তা করে।

প্রশ্ন –৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

চিত্রে এমন একটি ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে যার সাহায্যে তাড়িতচৌম্বক আবেশ প্রদর্শন করা যায়। A কুণ্ডলীটি একটি ব্যাটারির সাথে এবং B কুণ্ডলীটি একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটারের সাথে সংযুক্ত করা হয়েছে। A ও B কুণ্ডলীদ্বয় পাশাপাশি রাখা হয়েছে।



ক. তাড়িতচৌম্বক আবেশ কাকে বলে? ১

খ. সুইচ S অন করে রেখে দিলে এবং কিছুক্ষণ পর অফ করলে কী পরিলক্ষিত হবে? ২

গ. একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 30, ভোল্টেজ 5 V। গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 10 V হলে, গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রান্সফর্মারের কার্যনীতি প্রয়োগের মাধ্যমে দেখাও যে, কুণ্ডলীদ্বয়ের পাকসংখ্যা ভোল্টমাত্রার সমানুপাতিক এবং বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্রের দ্বারা কোনো বর্তনীতে তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টির ঘটনাকে তাড়িতচৌম্বক আবেশ বলে।

খ. সুইচ S অন করে রেখে দিলে কিছুক্ষণের মধ্যে A কুন্ডলীতে স্থির মানের তড়িৎ প্রবাহ চলে। ফলে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হয় না। এ জন্য B কুন্ডলীতে কোনো আবিষ্ট বিদ্যুচ্চালক শক্তির সৃষ্টি হবে না। ফলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটা আগের অবস্থানে ফিরে আসবে।

যখন সুইচ অফ করা হবে তখন A কুন্ডলীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ স্থির মান থেকে শূন্যতে এসে পৌছবে। ফলে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হবে এবং B কুন্ডলীতে বিপরীতমুখী আবিষ্ট বিদ্যুচ্চালক শক্তির সৃষ্টি হবে। এর ফলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটা বিপরীত দিকে বিক্ষেপ দিবে।

গ. এখানে,

মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 5\ V$

গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 10\ V$

মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 30$

গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $\frac{5V}{10V} = \frac{30}{n_s}$

বা, $n_s = \frac{30 \times 10\ V}{5\ V} = 60$

সুতরাং গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা 60।

ঘ. মনে করি, মুখ্য কুন্ডলীতে প্রযুক্ত পরিবর্তী বিদ্যুচ্চালক শক্তি E_p এবং মুখ্য কুন্ডলীর প্রবাহমাত্রা I_p। তাহলে এ পরিবর্তী প্রবাহমাত্রা এর কোরে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে, যা মুখ্য কুন্ডলীতে একটি আবিষ্ট বিদ্যুচ্চালক শক্তি উৎপন্ন করে, যা আদর্শ অবস্থায় E_p এর সমান হবে।

মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা n_p, গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা n_s এবং গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট বিদ্যুচ্চালক শক্তি E_s হলে আমরা পাই, $\frac{E_s}{E_p} = \frac{n_s}{n_p}$ ..... (i)

অর্থাৎ আবিষ্ট বিদ্যুচ্চালক শক্তি এবং প্রযুক্ত বিদ্যুচ্চালক শক্তির অনুপাত গৌণ ও মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাতের সমান।

সুতরাং কুন্ডলী দুটির ভোল্ট মাত্রা তাদের পাকসংখ্যার সমানুপাতিক। যদি $n_p < n_s$ হয় তবে $E_p < E_s$ হবে। শক্তির নিত্যতা সূত্র অনুসারে, মুখ্য কুন্ডলীর ওপর প্রতি সেকেন্ডে ব্যয়িত শক্তি গৌণ কুন্ডলীর উপর ব্যয়িত শক্তির সমান হবে।

অর্থাৎ মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ × মুখ্য কুন্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ = গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ × গৌণ কুন্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ

সুতরাং, $E_p \times I_p = E_s \times I_s$

বা, $\frac{I_p}{I_S} = \frac{E_s}{E_p}$ ..... (ii)

অর্থাৎ কোনো ট্রান্সফর্মারের বিভব বৃদ্ধি পেলে প্রবাহমাত্রা সমান অনুপাতে হ্রাস পায়। বিপরীতক্রমে বিভব হ্রাস পেলে প্রবাহমাত্রা সমান অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

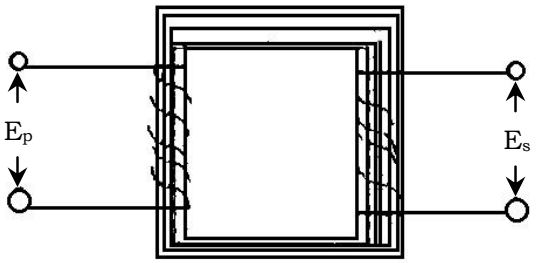
আবার, যেহেতু $\frac{E_s}{E_p} = \frac{n_S}{n_p}$

সুতরাং, $\frac{I_p}{I_S} = \frac{n_S}{n_p}$

অতএব কুণ্ডলী দুটির বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা তাদের পাকসংখ্যার ব্যস্তানুপাতিক।

প্রশ্ন –৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

চিত্রে একটি ট্রান্সফর্মারে মুখ্য ও ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ যথাক্রমে E_p এবং E_s পাকসংখ্যা যথাক্রমে n_p এবং n_s। এখানে E_p = 1000 V, E_s = 220 V, n_p = 880.



ক. আর্মেচার কী? ১

খ. তড়িৎ পরিবহনে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. চিত্রে n_s এর মান বের কর। ৩

ঘ. গৌণ কুণ্ডলীতে 110 V পেতে হলে গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যার কী পরিবর্তন ঘটাতে হবে? উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. জেনারেটরে ব্যবহৃত কাঁচা পাতাটিকে আর্মেচার বলে।

খ. তড়িৎ পরিবহনে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয় কারণ ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎ প্রবাহ উভয়কে রূপান্তরিত করে। যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান থাকে। ফলে আমরা আমাদের প্রয়োজনমতো আরোহী বা উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার ও অবরোহী বা নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করতে পারি।

দূর–দূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের জন্য আরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয় এবং বাসাবাড়িতে সংযোগ নেওয়ার পূর্বে অবরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 1000\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 220\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 880$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $n_s = \frac{E_s\, n_p}{E_p}$

বা, $n_s = \frac{220\ V \times 880}{1000\ V}$

$\therefore\ n_s = 193.6 \approx 194$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 194।

ঘ. দেওয়া আছে,

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 110\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = ?$

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 1000\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 880$

আমরা জানি,

$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $n_s = \frac{E_s \times n_p}{E_p}$

$= \frac{110\ V \times 880}{1000\ V}$

$\therefore\ n_s = 96.8 \approx 97$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, গৌণ কুণ্ডলীতে 110 V পেতে হলে গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 97 হতে হবে।

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীতে 110 V পেতে হলে গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যার পরিবর্তন ঘটাতে হবে।

প্রশ্ন –৬ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

জনাব আজাদ সাহেব একটি প্রকাশনা শিল্পের মালিক। বিদ্যুৎ বিভ্রাটের দরুন তার প্রকাশনা শিল্প বড় ধরনের ক্ষতির সম্মুখীন হলে তিনি বিজ্ঞান সম্পাদক হারুন সাহেবকে মার্কেট থেকে দুটি জেনারেটর ক্রয় করে আনতে বললেন। হারুন সাহেব তখন মার্কেট থেকে দুটি জেনারেটর ক্রয় করে প্রতিষ্ঠানে সেগুলো স্থাপন করলেন।

ক. জেনারেটর কী? ১

খ. একটি এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. একটি এসি ডায়নামো ও একটি ডিসি মোটরের চিহ্নিত চিত্র অঙ্কন কর। ৩

ঘ. আজাদ সাহেবের কেনা যন্ত্রটির মূলনীতি ও কার্যপ্রণালি বিশ্লেষণ কর। ৪

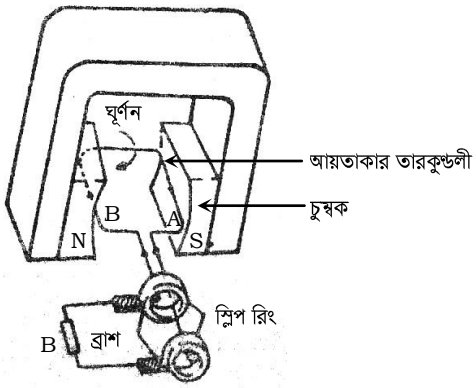
▸◂ ৬নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. যে তড়িৎ যন্ত্রে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তাকে জেনারেটর বলে।

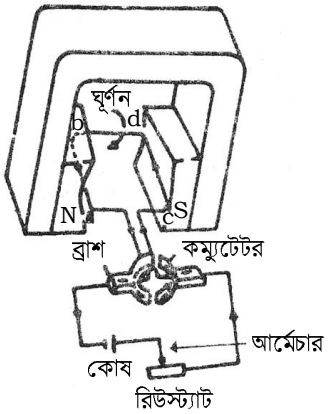
খ. একটি এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ :

এসি জেনারেটর	ডিসি জেনারেটর
১. যান্ত্রিক শক্তিকে পরিবর্তী বা পর্যাবৃত্ত তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তর করে।	১. যান্ত্রিকে শক্তিকে একমুখী তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তর করে।
২. কুণ্ডলীর দু'প্রান্তে দুটি স্লিপ রিং থাকে।	২. কুণ্ডলীর দু'প্রান্তে দুটি অর্ধবৃত্তাকার তামার পাত থাকে। একে কম্যুটেটর বলে।
৩. সময়ের সাথে দিক পরিবর্তন করে।	৩. সময়ের সাথে দিক পরিবর্তন করে না।

গ. একটি এসি ডায়নামো ও একটি ডিসি মোটরের চিহ্নিত চিত্র নিচে দেয়া হলো :



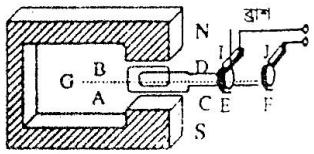
চিত্র : একটি এসি ডায়নামো



চিত্র : একটি ডিসি মোটর

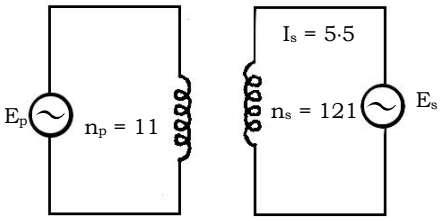
ঘ. আজাদ সাহেবের কেনা যন্ত্রটি জেনারেটর। জেনারেটর যান্ত্রিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

মূলনীতি : যদি কোনো বন্ধ কুন্ডলীকে কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রে অবিরত আবর্তন করা হয়, তবে বন্ধ কুন্ডলীতে আবিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এই কুন্ডলীর দুই প্রান্ত কোনো বহিঃবর্তনীর সাথে যুক্ত করলে বর্তনীতে পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ চলে। একে কম্যুটেটরের সাহায্যে সমবিদ্যুৎ প্রবাহ বা একমুখী বিদ্যুৎ প্রবাহে পরিণত করা হয়।



কার্যপ্রণালি : একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে কুন্ডলী বা আর্মেচারকে চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে সমগতিতে ঘুরানো হয়। কুন্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরতে থাকলে এতে বিদ্যুৎচালক বল এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ আবিষ্ট হয়।
যেহেতু আর্মেচারের বিভিন্ন অবস্থানে কুন্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তিত হয় সেহেতু আবিষ্ট বিদ্যুৎচালক বলের মানও বিভিন্ন হয়। কুন্ডলীর একবার পূর্ণ ঘূর্ণনে এর মধ্যে আবিষ্ট বিদ্যুৎচালক বল এবং আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ একবার পরিবর্তিত হয়। এই প্রবাহ স্লিপ রিং এবং ব্রাশের মধ্য দিয়ে বহিঃবর্তনীতে সরবরাহ করা হয়।

প্রশ্ন –৭ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. কয়েলে যে নরম লোহার টুকরা থাকে তাকে কী বলে? ১

খ. ট্রান্সফর্মার কী করে? ২

গ. ট্রান্সফর্মারটির মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে ক্ষমতার পরিমাণ ধ্রুব থাকে– উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কয়েলে যে নরম লোহার টুকরা থাকে তাকে আর্মেচার বলে।

খ. কোনো ট্রান্সফর্মার যে হারে ভোল্টেজ কমায় ঠিক সে হারে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করে যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান বা ধ্রুব থাকে। সুতরাং ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎ প্রবাহ উভয়কেই রূপান্তর করে।

গ. দেওয়া আছে,

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_s = 5{\cdot}5\ A$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 11$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 121$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_p = ?$

আমরা জানি, $\frac{I_s}{I_p} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $I_p = \frac{n_s \times I_s}{n_p}$

$= \frac{121 \times 5{\cdot}5\ A}{11}$

$\therefore I_p = 60{\cdot}5\ A$

অতএব, ট্রান্সফর্মারটির মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা $60{\cdot}5\ A$।

ঘ. উদ্দীপকের ট্রান্সফর্মারটির মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা যথাক্রমে $n_p = 11$ ও $n_s = 121$।

আবার, মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে $I_p = 60.5A$ ও

$I_s = 5{\cdot}5A$

এখন, এর মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি যথাক্রমে E_p ও E_s হলে,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{11}{121}$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{1}{11}$

বা, $E_s = 11\ E_p$

$\therefore$ অন্তর্মুখী ক্ষমতা, $P_1 = E_pI_p = E_p \times 60.5 = 60{\cdot}5\ E_p$

বহির্মুখী ক্ষমতা, $P_2 = E_sI_s$

$= 11\ E_p \times 5.5$

$= 60{\cdot}5\ E_p$

$\therefore\ P_1 = P_2$

অতএব, ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে ক্ষমতার পরিমাণ ধ্রুব থাকে।

প্রশ্ন –৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রাস্তার পাশের বৈদ্যুতিক খুঁটির সাথে মাঝে মাঝে গোলাকার, চতুর্ভুজাকৃতির বস্তু দেখা যায়। এগুলো হলো ট্রান্সফর্মার। এই ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎপ্রবাহ উভয়কেই রূপান্তরিত করে। এরকম ট্রান্সফর্মার বৈদ্যুতিক বিভিন্ন যন্ত্রের মধ্যে থাকে। এতে এগুলোর গঠন ও কার্যনীতিতে পার্থক্য আছে।

ক. ট্রান্সফর্মার কাকে বলে? ১

খ. কার্যনীতির ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সফর্মারের প্রকারভেদ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে ভোল্টেজ 10 V এবং প্রবাহ 6 A। গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 60 V হলে, গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একটি ট্রান্সফর্মারের ক্ষেত্রে $E_pI_p = E_sI_s$ সম্পর্কটি প্রতিপাদন কর। ৪

৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে যন্ত্রের সাহায্যে পর্যাবৃত্ত উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভবে বা পর্যাবৃত্ত নিম্ন বিভবকে উচ্চ বিভবে রূপান্তরিত করা যায় তাকে ট্রান্সফর্মার বলে।

খ. কার্যনীতির ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সফর্মারকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা :

১. **আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার :** যে ট্রান্সফর্মার অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মার বলে।

২. **অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার :** যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার বলে।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 10\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 60\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_p = 6\ A$

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\therefore I_n = \frac{E_p}{E_s} \times I_p$$

$$= \frac{10\ V}{60\ V} \times 6\ A$$

$$= 1\ A$$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ 1 A।

ঘ. মনে করি, কোনো ট্রান্সফর্মারে n_p পেঁচবিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_p পরিবর্তী বিভব প্রয়োগ করার ফলে এই কুণ্ডলীতে I_p প্রবাহ পাওয়া গেল। এই প্রবাহ মজ্জাটিকে চুম্বকিত করে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে, যা মুখ্য কুণ্ডলীতে একটি আবিষ্ট ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন করে। চৌম্বক বলরেখার যদি কোনো ক্ষরণ না হয় তাহলে গৌণ কুণ্ডলীর প্রতি পাকেও একই সংখ্যক বলরেখা সংযুক্ত হবে। ফলে গৌণ কুণ্ডলীতেও ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে। গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা n_s এবং গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি E_s হলে মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ ও তারের পাকসংখ্যার সম্পর্ক হবে,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

যখন $n_s > n_p$, তখন ট্রান্সফর্মারটি আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মার এবং যখন $n_s > n_p$, তখন ট্রান্সফর্মারটি অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার। কোনো ক্ষমতার অপচয় না ঘটলে মুখ্য কুণ্ডলীর প্রযুক্ত সকল ক্ষমতা গৌণ কুণ্ডলীতে সরবরাহ হবে।

সুতরাং, মুখ্য কয়েলের ভোল্টেজ × মুখ্য কয়েলের তড়িৎপ্রবাহ = গৌণ কয়েলের ভোল্টেজ × গৌণ কয়েলের তড়িৎপ্রবাহ

অর্থাৎ $E_pI_p = E_sI_s$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

প্রশ্ন –৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ট্রান্সফর্মারে মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 240 এবং ভোল্টেজ 628 V এর গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 60।

ক. একটি তড়িৎ চৌম্বকের তড়িৎ প্রবাহ বাড়ালে কী হবে? ১

খ. তাড়িতচুম্বকের প্রাবল্য কীভাবে বাড়ানো যায়? ২

গ. ট্রান্সফর্মারে গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রান্সফমারটিকে কোন ধরনের ট্রান্সফর্মার বলা যাবে এবং কেন এর ব্যবহার আলোচনা কর। ৪

▶◀ ৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. একটি তড়িৎ চৌম্বকের তড়িৎ প্রবাহ বাড়ালে এর প্রাবল্য বেড়ে যাবে।

খ. তড়িৎচুম্বকের প্রাবল্য নিম্নোক্তভাবে বাড়ানো যায়–

১. তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে

২. সলিনয়েডের পাকসংখ্যা বাড়িয়ে

৩. ইংরেজি ‘U’ অক্ষরের মতো বাঁকিয়ে চুম্বক মেরু দুটিকে আরও কাছাকাছি এনে।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 240$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 60$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $E_s = \frac{E_p \times n_s}{n_p}$

$= \frac{628\ V \times 60}{240}$

$\therefore E_s = 157\ V$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টজ 157 V।

ঘ. ট্রান্সফর্মারটিকে নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার বলা যাবে। কারণ নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে। উদ্দীপকের ট্রান্সফর্মারটি 628V বিভবের তড়িচ্চালক শক্তিকে 157V বিভবের তড়িচ্চালক শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

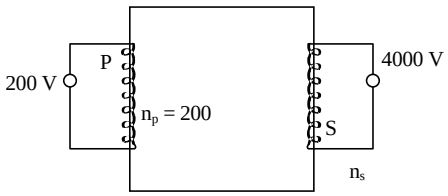
নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের ব্যবহার নিচে আলোচনা করা হলো :

১. টেপরেকর্ডার, ভিসিআর, ভিসিপি, ইলেকট্রিক ঘড়ি, ওয়াকম্যান প্রভৃতি নিম্ন ভোল্টেজ ব্যবহারকারী যন্ত্রপাতিতে নিম্নধাপী বা অবরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

২. অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করতে ব্যবহৃত হয়।

৩. বাসাবাড়িতে 220 V তড়িৎ প্রবাহ ব্যবহার করতে হয়। কিন্তু সরবরাহকৃত তড়িৎ প্রবাহের বিভব বেশি থাকার ফলে বাসাবাড়িতে সংযোগ নেওয়ার পূর্বে নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করতে হয়।

প্রশ্ন–১০ ▶ নিচের চিত্র থেকে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. সলিনয়েড কী? ১

খ. উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মারের দুইটি বৈশিষ্ট্য লেখ। ২

গ. n_s এর মান কত? ৩

ঘ. দেখাও যে, মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ তাদের পাকসংখ্যার সমানুপাতিক। ৪

◀◀ ১০নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মারের দুইটি বৈশিষ্ট্য হলো :

১.উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার পর্যাবৃত্ত অল্প বিভবকে পর্যাবৃত্ত অধিক বিভবে রূপান্তরিত করে।

২.উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা বেশি থাকে।

খ. সিলিকনের বহিঃস্তরে 4টি ইলেকট্রন যোজন ইলেকট্রনরূপে কাজ করে। সিলিকনের স্থিত গড়নের জন্য এর 4টি ইলেকট্রন শেয়ার করার প্রবণতা থাকে। সুতরাং বিশুদ্ধ সিলিকন পরমাণু এর বহিঃস্থ যোজন ইলেকট্রন বিশুদ্ধ সহযোজী অনুবন্ধের দ্বারা সংযুক্ত হয়, ফলে সিলিকন একটি উত্তম অন্তরক।

গ. এখানে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_P = 200\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_S = 4000\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_P = 200$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_S = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_P}{n_S}$

বা, $n_S = \frac{E_S n_P}{E_P}$

$= \frac{4000\ V \times 200}{200\ V}$

$= 4000$

অতএব, n_S এর মান 4000।

ঘ. দেওয়া আছে,

ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_P = 200\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_P = 200$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_S = 4000\ V$

'গ' নং হতে প্রাপ্ত, গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 4000$

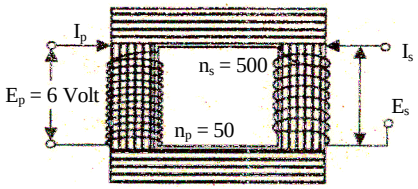
এখন, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{200V}{4000V} = \frac{1}{20}$

আবার, $\frac{n_P}{n_S} = \frac{200}{4000} = \frac{1}{20}$

সুতরাং, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_P}{n_S}$

অর্থাৎ, মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ তাদের পাকসংখ্যার সমানুপাতিক। **(দেখানো হলো)**

প্রশ্ন–১১ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. তড়িৎ চৌম্বক ক্রিয়া কী? ১

খ. ট্রান্সফর্মার শুধুমাত্র পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজ পরিবর্তন করে। কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গৌণ কুন্ডলীতে প্রাপ্ত ভোল্টেজের 10 গুণ ও 5 গুণ ভোল্টেজ পাওয়ার জন্য কী কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে প্রতি ক্ষেত্রে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

১১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর চারপাশে একটি চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়, এটিই তড়িৎপ্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া।

খ. ট্রান্সফর্মার মূলত তড়িতচৌম্বক আবেশ নীতির উপর ভিত্তি করে কাজ করে। ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীর মধ্য দিয়ে যখন পর্যাবৃত্ত প্রবাহ যায় তখনই গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের এবং ভোল্টেজের পরিবর্তন ঘটে। তবে মুখ্য কুন্ডলীতে অপর্যাবৃত্ত প্রবাহের কারণে গৌণ কুন্ডলীতে তাড়িতচৌম্বক আবেশ তৈরি হয় না। তাই গৌণ কুন্ডলীতে কোনো আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ বা ভোল্টেজ পাওয়া যায় না।

সুতরাং মুখ্য কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ ও ভোল্টেজের পরিবর্তন গৌণ কুন্ডলীতে তড়িৎ আবেশ তৈরি করে। তাই ট্রান্সফর্মার শুধুমাত্র পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজ পরিবর্তন করে।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_P = 6\ V$

মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_P = 50$

গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 500$

গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_S = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_P}{n_s}$

$$\therefore E_S = \frac{n_s}{n_p} \times E_P$$

$$= \frac{500}{50} \times 6\ V$$

$= 60\ V$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 60 Volt।

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রে উল্লিখিত,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_P = 6\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 50$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 500$

'গ' নং থেকে $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_p}{n_s}$ সূত্রানুযায়ী,

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, E_s এর মান 60 V

এখন, প্রশ্নানুযায়ী, গৌণ কুণ্ডলীতে $60 \times 10\ V = 600\ V$ এবং $60 \times 5\ V = 300\ V$ পেতে হলে মুখ্য কুণ্ডলীর অথবা গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা যে পরিবর্তন ঘটাতে হবে তা বের করতে হবে।

আমরা জানি, $\frac{E_P}{E_s} = \frac{n_P}{n_s}$

এখন, $E_P = 6\ V$, $E_S = 600\ V$ ধরে এবং $n_s = 500$ অপরিবর্তিত রেখে n_p এর মান পাই,

$$n_p = \frac{E_P}{E_S} \times n_s = \frac{6\ V}{600\ V} \times 500 = 5$$

আবার, $E_P = 6\ V$, $E_S = 600\ V$ ধরে এবং $n_p = 50$ অপরিবর্তিত রেখে n_s এর মান পাই,

$$n_s = \frac{E_s}{E_P} \times n_p = \frac{600\ V}{6\ V} \times 50 = 5000$$

আবার, $E_P = 6\ V$, $E_S = 300\ V$ ধরে এবং $n_s = 500$ অপরিবর্তিত রেখে n_p এর মান পাই,

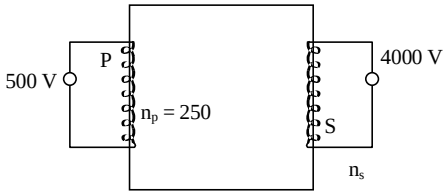
$$n_p = \frac{E_s}{E_P} \times n_s = \frac{6\ V}{300\ V} \times 500 = 10$$

আবার, $E_P = 6\ V$, $E_S = 300\ V$ ধরে এবং $n_p = 50$ অপরিবর্তিত রেখে n_s এর মান পাই,

$$n_s = \frac{E_s}{E_P} \times n_p = \frac{300\ V}{6\ V} \times 50 = 2500$$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীতে 600 V এবং 300 V পেতে হলে মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা অপরিবর্তিত রেখে গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা যথাক্রমে 5000 ও 2500 করতে হবে অথবা গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা অপরিবর্তিত রেখে মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা যথাক্রমে 5 ও 10 করতে হবে।

প্রশ্ন –১২ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. আর্মেচার কী? ১

খ. তড়িৎ চুম্বকের প্রাবল্য কী করে বৃদ্ধি করা যায়? ২

গ. n_s এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মুখ্য কুণ্ডলী ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ অপরিবর্তিত রেখে n_s কে দ্বিগুণ করলে n_p এর মান কত হবে? ৪

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. জেনারেটর তৈরিতে কাঁচা লোহার মজ্জার উপর অন্তরিত তামার তার আয়তাকারে পেঁচানো হয়। এই কাঁচা লোহার পাতটিই আর্মেচার।

খ. তড়িৎ চুম্বকের প্রাবল্য নিম্নোক্তভাবে বাড়ানো যায়–

১. তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে;

২. সলিনয়েডের পাকের সংখ্যা বাড়িয়ে এবং

৩. ইংরেজি U অক্ষরের মতো বাঁকিয়ে চুম্বক মেরু দুটিকে আরও কাছাকাছি এনে।

গ. এখানে,

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 250$

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 500\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 4000\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $$n_s = \frac{E_s \times n_p}{E_p}$$

$$= \frac{4000\ V \times 250}{500\ V}$$

$$\therefore n_s = 2000$$

নির্ণেয় n_s এর মান 2000।

ঘ. দেওয়া আছে,

ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $EP = 500\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_S = 4000\ V$

'গ' নং হতে প্রাপ্ত, গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা $n_s = 2000$

প্রশ্নমতে, $n_s = 2 \times 2000 = 4000$

মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা $n_p = ?$

আমরা জানি,

এখন, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_p}{n_S}$

বা, $n_p = \frac{E_P\, n_s}{E_S}$

$= \frac{500\ V \times 4000}{4000V}$

$\therefore\ n_p = 500$।

অতএব, মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা অর্থাৎ n_p এর মান হবে 500। **(দেখানো হলো)**

প্রশ্ন –১৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ট্রান্সফর্মার T এর মুখ্য কুন্ডলীতে পাকসংখ্যা N ও গৌণ কুন্ডলীতে পাকসংখ্যা $\frac{N}{8}$ । T এর মুখ্য কুন্ডলীতে E Volt পরিবর্তী তড়িচ্চালক শক্তি সরবরাহে গৌণ কুন্ডলীতে 110 Volt তড়িচ্চালক শক্তি পাওয়া গেল। মুখ্য কুন্ডলীতে প্রবাহ I এবং গৌণ কুন্ডলীতে 2 Amp।

ক. উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার কাকে বলে? ১

খ. একটি নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের চিত্রাঙ্কন করে তা কীভাবে কাজ করে লেখ। ২

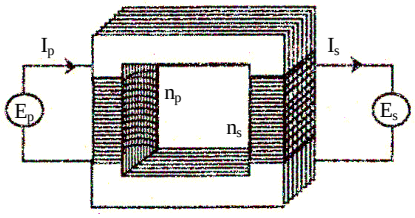
গ. E এবং I এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি গৌণ কুন্ডলীতে পাকসংখ্যা N হয়, তাহলে মুখ্য কুন্ডলীতে I প্রবাহের জন্য গৌণ কুন্ডলীতে প্রবাহ কত হবে? ৪

▶◀ ১৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যে ট্রান্সফর্মার অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার বলে।

খ.



চিত্র : নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার

নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার তাড়িতচৌম্বক আবেশকে কাজে লাগিয়ে উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভবে এবং সাথে সাথে নিম্ন তড়িৎ প্রবাহকে অধিক তড়িতে রূপান্তরিত করে। ফলে ট্রান্সফর্মারটির মোট শক্তির পরিবর্তন হয় না।

গ. এখানে,

মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = N$

গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = \frac{N}{8}$

মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = E$ Volt

গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 110$ V

গৌণ কুন্ডলীর প্রবাহ, $I_s = 2$ A

মুখ্য কুন্ডলীর প্রবাহ, $I_p = I = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{E_P}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $\frac{E}{110} = \frac{N}{\frac{N}{8}}$

বা, $\frac{E}{110} = N \times \frac{8}{N}$

$\therefore E = 880$ V

আবার, $\frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p}$

বা, $\frac{N}{\frac{N}{8}} = \frac{2}{I}$

বা, $N \times \frac{8}{N} = \frac{2}{I}$

বা, $I = \frac{2}{8}$

$\therefore$ I = 0·25 A।

অতএব, মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি ও প্রবাহমাত্রা অর্থাৎ E ও I এর মান যথাক্রমে 880 Volt ও 0·25 A।

ঘ. এখানে,

মুখ্য কুণ্ডলী ও গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা = N

$\therefore n_p = n_s = N$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_p = I = 0{\cdot}25$ A

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

বা, $\frac{N}{N} = \frac{I_s}{0{\cdot}25\ A}$

$\therefore I_s = 0{\cdot}25$ A

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা N হলে মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা 0·25 A হবে।

প্রশ্ন –১৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 700 V, পাকসংখ্যা 100 এবং তড়িৎ প্রবাহ 1·5 A। এর গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ 5 A। ট্রান্সফর্মারটিকে 1050 W –এর একটি বৈদ্যুতিক মোটর চালানোর জন্য নির্বাচন করা হলো।

ক. অবরোহী ট্রান্সফর্মার কী কী যন্ত্রে ব্যবহার করা হয়? ১

খ. বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ট্রান্সফর্মার কেন ব্যবহার করা হয়? ২

গ. উদ্দীপকের ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বৈদ্যুতিক মোটরটি চালানোর জন্য ট্রান্সফর্মারটি উপযোগী কি–না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতমত দাও। ৪

▶◀ ১৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. অবরোহী ট্রান্সফর্মার রেডিও, টেলিভিশন, টেপরেকর্ডার, ভিসিপি, ভিসিআর, ইলেকট্রিক ঘড়ি ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়।

খ. বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ভোল্টেজ বা তড়িৎ প্রবাহের হ্রাস বা বৃদ্ধির জন্য ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। বৈদ্যুতিক বর্তনীতে অনেক সময় ভোল্টেজকে বৃদ্ধি করে তড়িৎ প্রবাহকে হ্রাস করার প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করে ভোল্টেজকে বৃদ্ধি এবং তড়িৎ প্রবাহকে হ্রাস করা হয়। আবার বর্তনীতে অনেক সময় ভোল্টেজ হ্রাস করে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করার প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করে ভোল্টেজকে হ্রাস এবং তড়িৎ প্রবাহকে বৃদ্ধি করা হয়। এসব কাজের জন্যই বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।

গ. উদ্দীপক হতে,

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 100$

মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_p = 1{\cdot}5\ A$

গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_s = 5\ A$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $n_s = \frac{n_p I_p}{I_s}$

$$= \frac{100 \times 1{\cdot}5\ A}{5\ A} = 30$$

সুতরাং ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 30।

ঘ. 1050 W এর বৈদ্যুতিক মোটর চালানোর জন্য ট্রান্সফর্মারটি উপযোগী কিনা তা নিচে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হলো–

উদ্দীপক অনুসারে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 700\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_p = 1{\cdot}5\ A$

গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ, $I_s = 5\ A$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

বা, $E_s = \frac{E_p \times I_p}{I_s}$

$= \frac{700\ V \times 1{\cdot}5\ A}{5\ A}$

$= 210\ V$

সুতরাং গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 210 V।

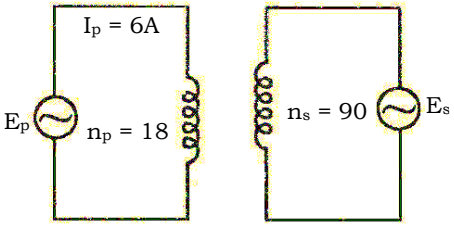
ট্রান্সফর্মারটির বহির্ক্ষমতা, $P = E_s I_s$

$= 210\ V \times 5A = 1050\ W$

বৈদ্যুতিক মোটরের ক্ষমতা, $P' = 1050\ W$

যেহেতু $P = P'$, সেহেতু ট্রান্সফর্মারটি বৈদ্যুতিক মোটরটি চালানোর জন্য উপযোগী।

প্রশ্ন–১৫ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. জেনারেটর কাকে বলে? ১

খ. তাড়িত চুম্বক বলতে কী বোঝায়? ২

গ. ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে ক্ষমতার পরিমাণ ধ্রুব থাকে– উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যে তড়িৎযন্ত্রে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাকে জেনারেটর বলে।

খ. সলিনয়েডের ভেতর কোনো লোহার দণ্ড বা পেরেককে ঢুকালে সলিনয়েডের নিজের যে চৌম্বকক্ষেত্র রয়েছে তার চেয়ে বেশি শক্তিশালী চৌম্বকক্ষেত্র তৈরি করে ফলে সলিনয়েড থেকে বেশি চৌম্বকক্ষেত্র পাওয়া যায়। তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন এটি বেশ শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হয়। একে তাড়িত চুম্বক বলে।

বৈদ্যুতিক ঘণ্টা তৈরি, লোহা বা ইস্পাতের ভারী জিনিস ওঠানামা করা বা আবর্জনা সরানোর ক্রেন তৈরিতে তাড়িত চুম্বক ব্যবহার করা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_P = 6A$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 18$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 90$

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_s = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{I_s}{Ip} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $I_s = \frac{n_p \times I_p}{n_s} = \frac{18 \times 6A}{90}$

$\therefore \quad I_s = 1{\cdot}2 \text{ A}$

অতএব, ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা 1·2 A।

ঘ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_P = 6A$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 18$

মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি, $= E_p$

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা, $I_s = 1{\cdot}2$ A [গ থেকে]

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 90$

গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি $= E_s$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{18}{90}$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{1}{5}$

$\therefore \quad E_s = 5\ E_p$

অতএব, অন্তর্মুখী ক্ষমতা, $P_1 = E_p\ I_p$

$= E_p \times 6 = 6\ E_p$

এবং বহির্মুখী ক্ষমতা, $P_2 = E_s\ I_s$

$= 5\ E_p \times 1{\cdot}2$ A $\quad [E_s = 5E_p]$

$= 6\ E_p$

$\therefore P_1 = P_2$

অতএব, ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে ক্ষমতার পরিমাণ ধ্রুব থাকে।

প্রশ্ন–১৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ ও মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাত 1 : 20 এবং মুখ্য কুন্ডলীতে 1 A বিদ্যুৎ প্রবাহ চলছে।

ক. নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার কাকে বলে? ১

খ. এসি জেনারেটর ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. উদ্দীপকের ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুন্ডলীর বিদ্যুৎ প্রবাহ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের গৌণ ও মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা পরিবর্তন করে 1 : 10 এ উন্নীত করলে গৌণ কুন্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ ও বিভবের কী পরিবর্তন হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶ ১৬নং প্রশ্নের উত্তর ◀

ক. যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার বলে।

খ. এসি জেনারেটর ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ :

এসি জেনারেটর	ডিসি জেনারেটর
১. যান্ত্রিক শক্তিকে পরিবর্তী বা পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তর করে।	১. যান্ত্রিক শক্তিকে একমুখী তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তর করে।
২. কুন্ডলীর দু'প্রান্তে দুটি স্লিপ রিং থাকে।	২. কুন্ডলীর দু'প্রান্তে দুটি অর্ধবৃত্তাকার তামার পাত থাকে।

গ. দেওয়া আছে,

গৌণ ও মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাত, $\frac{n_s}{n_p} = \frac{1}{20}$

মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I_p = 1A$

গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I_s = ?$

আমরা জানি, $\frac{n_s}{n_p} = \frac{I_p}{I_s}$

বা, $\frac{1}{20} = \frac{1A}{I_s}$

$\therefore I_s = 20\ A$

অতএব, উদ্দীপকের ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর বিদ্যুৎ প্রবাহ 20A।

ঘ. উদ্দীপকে গৌণ ও মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা পরিবর্তন করে 1 : 10 -এ উন্নীত করা হলে,

$\frac{n_s}{n_p} = \frac{1}{10}$

মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I_p = 1\ A$

গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I_s = ?$

আমরা জানি, $\frac{n_s}{n_p} = \frac{I_p}{I_s}$

বা, $\frac{1}{10} = \frac{1A}{I_s}$

$\therefore I_s = 10\ A$

অর্থাৎ গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ পূর্বের প্রবাহের অর্ধেক হবে।

আবার,

মুখ্য কুণ্ডলীতে বিভব = E_p

গৌণ কুণ্ডলীতে বিভব = E_s

আমরা জানি,

$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = 10$ $\left[\because \frac{n_s}{n_p} = \frac{1}{10}\right]$

$\therefore E_s = \frac{1}{10} E_p$

অর্থাৎ, গৌণ কুণ্ডলীতে বিভব হবে মুখ্য কুণ্ডলীর বিভবের $\frac{1}{10}$ গুণ।

প্রশ্ন–১৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ট্রান্সফর্মার T এর মুখ্য কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা N ও গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা $\frac{N}{4}$। এর মুখ্য কুণ্ডলীতে E Volt তড়িচ্চালক শক্তি সরবরাহ করার ফলে গৌণ কুণ্ডলীতে 220 Volt তড়িচ্চালক শক্তি পাওয়া গেল। আবার মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ I হলে গৌণ কুণ্ডলীতে প্রবাহ হয় 4 অ্যাম্পিয়ার।

ক. গ্রাহক পর্যায়ে বিদ্যুৎ সংযোগ দেওয়ার পূর্বে কোন ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়? ১

খ. সলিনয়েডে সৃষ্ট চৌম্বক প্রাবল্য কিসের উপর নির্ভর করে? ২

গ. E ও I- এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা N এবং মুখ্য কুণ্ডলীতে I প্রবাহের জন্য গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ কী তা গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

▶◀ ১৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. গ্রাহক পর্যায়ে বিদ্যুৎ সংযোগ দেওয়ার পূর্বে নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

খ. সলিনয়েডে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য যেসব বিষয়ের উপর নির্ভর করে তা নিচে উল্লেখ করা হলো :

তড়িৎ প্রবাহের মান বাড়ালে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়। প্রতি একক দৈর্ঘ্যে পাকসংখ্যা বৃদ্ধি করলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়। তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = N$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = \frac{N}{4}$

মুখ্য কুণ্ডলীর বিভব, $E_p = E$

গৌণ কুণ্ডলীর বিভব, $E_s = 220\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_p = I$

গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_s = 4\ A$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $\frac{E}{220\ V} = \frac{N}{\frac{N}{4}}$

বা, $\frac{E}{220\ V} = 4$

$\therefore E = 880\ V$

আবার, $E_p I_p = E_s I_s$

বা, $EI_p = E_s I_s$

বা, $880\ V \times I = 220\ V \times 4\ A$

বা, $I = \frac{220\ V \times 4\ A}{880\ V}$

$\therefore I = 1A$

অতএব, E এর মান 880 V এবং I এর মান 1A।

ঘ. উদ্দীপক থেকে পাই,

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা N

আবার, গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা N হলে,

$n_p = n_s = N$

আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N}{N}$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = 1$

$\therefore E_p = E_s$

আবার, $E_pI_p = E_sI_s$

বা, $E_pI_p = E_pI_s \quad [\because E_p = E_s]$

$\therefore I_p = I_s = I$

সুতরাং গৌণ কুণ্ডলী ও মুখ্য কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা সমান হলে তড়িৎ প্রবাহও সমান হবে।

প্রশ্ন – ১৮ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ট্রান্সফর্মার	তড়িৎপ্রবাহ		পাকসংখ্যা		ভোল্টেজ	
	মুখ্য	গৌণ	মুখ্য	গৌণ	মুখ্য	গৌণ
A	–	13A	150	18000	220V	–
B	–	–	1100	550	440V	–

ক. আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের মান কিসের উপর নির্ভর করে? ১

খ. নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের বৈশিষ্ট্যেগুলো লেখ। ২

গ. A ট্রান্সফর্মাটির মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. A ও B ট্রান্সফর্মারদ্বয়ের মধ্যে বাসাবাড়ি ও শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহার উপযোগী ট্রান্সফর্মার নির্বাচন কর। ৪

১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের মান চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য ও ঘূর্ণন বেগের উপর নির্ভর করে।

খ. নিম্নধামী ট্রান্সফর্মারের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো :

১. নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে গৌণ কুণ্ডলী অপেক্ষা পাকসংখ্যা বেশি থাকে।

২. এই ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে পর্যাবৃত্ত উচ্চ বিভবকে পর্যাবৃত্ত নিম্নবিভবে রূপান্তর করা যায়।

৩. শক্তির নিত্যতার সূত্রানুসারে মুখ্য কুণ্ডলী অপেক্ষা গৌণ কুণ্ডলীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ বেশি পাওয়া যায়।

গ. এখানে A ট্রান্সফর্মারের

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 150$

গৌণ ” ” , $n_s = 18000$

গৌণ ” প্রবাহ, $I_s = 13\ A$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_p = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

বা, $I_p = \frac{n_s \times I_s}{n_p}$

$$\therefore\ I_p = \frac{18000 \times 13\ A}{150} = 1560\ A।$$

অতএব, A ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা 1560 A।

ঘ. এখানে,

A ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 150$

A ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 18000$

A ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E_p = 220V$

A ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি, E_s = ?

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

বা, $E_s = \frac{E_p \times n_s}{n_p}$

$$= \frac{220V \times 18000}{150}$$

$\therefore E_s = 26400$ V

এখানে, A কুণ্ডলীর ক্ষেত্রে $E_s > E_p$ অর্থাৎ, A ট্রান্সফর্মারটি আরোহী। অতএব, A ট্রান্সফর্মারটি শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহার উপযোগী। কারণ শিল্প ক্ষেত্রে উচ্চ ভোল্টেজ প্রয়োজন হয়।

আবার, B ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = 1100$

B " গৌণ " " , $n_s = 550$

B " মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E_p = 440V$

B ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি, E_s= ?

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

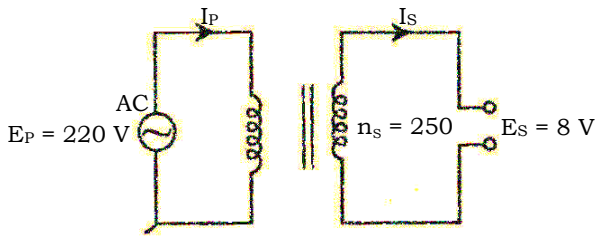
বা, $E_s = \frac{E_p \times n_s}{n_p}$

$$= \frac{440 \text{ V} \times 550}{1100}$$

$\therefore E_s = 220$ V

এখানে, B ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তি 220 V, যা বাসাবাড়িতে ব্যবহার উপযোগী।

প্রশ্ন–১৯ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার কী? ১

খ. দূর–দূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের ক্ষেত্রে উচ্চ বিভব ও নিম্ন তড়িৎ প্রবাহ রাখা হয় কেন? ২

গ. মুখ্য কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা কত? ৩

ঘ. চিত্রে বর্ণিত যন্ত্রটির কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর ও গৌণ এবং মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ৪

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে ট্রান্সফর্মার অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার বলে।

খ. তারের ভেতর দিয়ে বেশি মাত্রায় তড়িৎ প্রবাহ চললে তারটি উত্তপ্ত হয়ে এর আশপাশে তাপশক্তি ছড়িয়ে পড়ে। ফলে অতিরিক্ত তড়িৎ শক্তি ব্যয় হয়। উচ্চ বিভব ও নিম্ন তড়িৎ প্রবাহ বজায় রেখে তড়িৎ প্রেরণ করলে অতিরিক্ত তড়িৎ শক্তি ব্যয় হয় না।

এ কারণে দূর–দূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের ক্ষেত্রে উচ্চ বিভব ও নিম্ন তড়িৎ প্রবাহ রাখা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 220\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 8\ V$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 250$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_p = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

বা, $n_p = \frac{E_p n_s}{E_s}$

$= \frac{220V \times 250}{8V}$

$= 6875$

অতএব, মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 6875।

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রে বর্ণিত যন্ত্রটি ট্রান্সফর্মারের। নিচে ট্রান্সফর্মারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা এবং এর গৌণ ও মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক শক্তির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করা হলো।

মনে করি, কোনো ট্রান্সফর্মারে n_p পাকবিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_p পর্যায়বৃত্ত বিভব প্রয়োগ করার ফলে এই কুণ্ডলীতে I_p প্রবাহ পাওয়া গেল। এই প্রবাহ মজ্জাটিকে চুম্বকিত করে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে যা মুখ্য কুণ্ডলীতে একটি আবিষ্ট ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন করে। চৌম্বক বলরেখার যদি কোনো ক্ষরণ না হয় তাহলে গৌণ কুণ্ডলীর প্রতি পাকেও একই সংখ্যক বলরেখা সংযুক্ত হবে। ফলে গৌণ কুণ্ডলীতেও ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে। গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা n_s এবং গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি E_s হলে মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ তারের পাকসংখ্যার সম্পর্ক হবে,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

যখন $n_s > n_p$ তখন ট্রান্সফর্মারটি আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মার এবং $n_s < n_p$ তখন ট্রান্সফর্মারটি অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার। কোনো ক্ষমতার অপচয় না ঘটলে মুখ্য কুণ্ডলীর প্রযুক্ত সকল ক্ষমতা গৌণ কুণ্ডলীতে সরবরাহ হবে।

সুতরাং, মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ $\times$ মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ = গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ $\times$ গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ

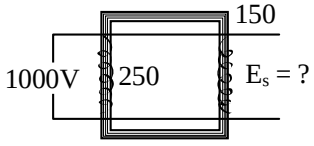
অর্থাৎ $E_pI_p = E_sI_s$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$

এর অর্থ, কোনো ট্রান্সফর্মার যে হারে ভোল্টেজ কমায় ঠিক সে হারে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করে যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান বা ধ্রুব থাকে।

সুতরাং ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎপ্রবাহ উভয়কেই রূপান্তর করে।

প্রশ্ন–২০ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. তড়িৎ মোটর কী? ১

খ. সলিনয়েডে সৃষ্ট চৌম্বক প্রাবল্য কীসের উপর নির্ভর করে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. E_S এর মান কত? ৩

ঘ. চিত্রের ট্রান্সফর্মারটি কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যাবে তার সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তড়িৎ যন্ত্র তড়িৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে তাকে বৈদ্যুতিক মোটর বা তড়িৎ মোটর বলে।

খ. সলিনয়েডের কোনো বিন্দুর ওপর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য নিম্নলিখিত বিষয়গুলোর ওপর নির্ভর করে :

১. তড়িৎ প্রবাহের মান বাড়লে এর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

২. প্রতি একক দৈর্ঘ্যে পাকের সংখ্যা বৃদ্ধি করলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

৩. তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_P = 1000\ V$

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_P = 250$

গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $n_s = 150$

গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_S = ?$

আমরা জানি, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{n_P}{n_s}$

বা, $E_S = \frac{n_s}{n_p} \times E_P$

$= \frac{1000\ V \times 150}{250}$

$= 600\ V$

সুতরাং গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ 600 V।

ঘ. চিত্রের ট্রান্সফর্মারটি একটি অবরোহী ট্রান্সফর্মার। এটি রেডিও, টেলিভিশন, টেপরেকর্ডার, ইলেকট্রিক ঘড়ি, ওয়াকম্যান প্রভৃতি নিম্ন ভোল্টেজ ব্যবহারকারী যন্ত্রপাতিতে ব্যবহৃত হয়। এর কারণ নিম্নরূপ :

অবরোহী ট্রান্সফর্মার মুখ্য কুণ্ডলীর উচ্চ বিভবকে গৌণ কুণ্ডলীতে নিম্ন বিভবে রূপান্তরিত করে। আমরা বাসাবাড়িতে যেসব যন্ত্রপাতি ব্যবহার করি সেগুলো খুব কম ভোল্টেজে চলে। অপরদিকে বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে বৈদ্যুতিক তারের মাধ্যমে যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তা উচ্চ ভোল্টেজের। এত উচ্চ ভোল্টেজের তড়িৎ আমাদের ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতে সরাসরি প্রবেশ করলে যন্ত্রগুলো নষ্ট হতে পারে এবং দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।

তাই তড়িৎ লাইনের উচ্চ ভোল্টেজকে নিম্ন ভোল্টেজে রূপান্তরিত করে এসব ইলেকট্রনিক যন্ত্রে সরবরাহ করতে হয়।

আর উচ্চ ভোল্টেজকে নিম্ন ভোল্টেজে রূপান্তরিত করাই অবরোহী ট্রান্সফর্মারের কাজ।

এ কারণে, নিম্ন ভোল্টেজ ব্যবহারকারী যন্ত্রপাতিতে তড়িৎ প্রবাহের জন্য অবরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।