

جزوه درس آشنایی با مهندسی برق

- تاریخچه مهندسی برق

فصل اول: بررسی مفاهیم پایه

فصل دوم: معرفی گرایش الکترونیک

فصل سوم: معرفی گرایش قدرت

فصل چهارم: معرفی گرایش مخابرات

فصل پنجم: معرفی گرایش کنترل

ضمیمه ها:

- لیست دروس کارشناسی مهندسی برق

- تحقیق

مراجع:

- اصول مهندسی برق - جمعی از اساتید دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف

- مبانی الکترونیک - میر عشقی

- مبانی مهندسی برق - جلیل راشدمحصل - اسحق ثابت مرزوقی

- مبانی مهندسی برق - دانشگاه امیرکبیر - تألیف: دکتر هاشم اورعی، مهرداد جامعی

- سوئیچینگ تلفن - دانشگاه علم و صنعت - اکبر مرادخان

- الکترونیک عملی - موسوی - برزآبادی

- مدارهای کاربردی الکترونیک نوری - محبت زاده

تهیه کننده : حسن احمدی

ویرایش: آبان ۹۲

به عنوان یک مهندس برق بد نیست که بدانیم یک مهندس کیست؟ یک مهندس خوب کدامست؟ مهندسی برق یعنی چه؟ چه کسانی در پیشرفت این شاخه از توانایی های بشر نقش داشته و سیر تکاملی آن چگونه بوده است؟

دانایی ها و توانایی های بشری را می توان به سه گروه تقسیم کرد: علوم، فنون و هنر. علوم نیز یا نظری هستند، مانند: ریاضی، فلسفه، منطق، اخلاق، ... یا تجربی هستند، مانند: فیزیک، شیمی، زیست شناسی، ... علوم بیشتر با تفکر و تعقل سر و کار دارند. فنون بیشتر جنبه یدی و ممارست دارند مانند: کوزه گری، خیاطی، شنا، ... و بالاخره هنر بیشتر با احساس و خلاقیت سر و کار دارد، مانند، تیاتر، نقاشی، مجسمه سازی، البته یک خط مشخص بین این سه گروه نمی توان کشید و یک تقسیم بندی ساده مانند فوق در خیلی از موارد امکان پذیر نیست. برای مثال ریاضی ممکنست محض و انتزاعی باشد، و ممکنست کاربردی و تجربی باشد؛ ولی در هر صورت علم است. همچنین فیزیک در قدیم بیشتر تجربی بوده است و فیزیک مدرن بیشتر نظری است. پزشکی عمومی به مقدار کمی علم نظری، مقدار زیاد به علم تجربی و مقداری کمتر به فن و بالاخره قدری هنر نیاز دارد در صورتی که جراحی مولفه های فن و هنرش بیشتر است. معماری بیشتر فن و هنر و کمتر علم است و بالاخره مهندسی ملقمه ای از علم، فن و هنر است.

مهندسی عبارت است از: استفاده از اصول علمی و ریاضی در به نتیجه رسانیدن طراحی، ساخت و کار برد موثر و اقتصادی سازه ها، ماشین آلات، فرایندها و سیستمها.

مهندس کسی است که شغلش مهندسی باشد. بنابراین یک مهندس فردی است که با استفاده از علوم تجربی عمدتاً فیزیک و دانش ریاضی دستگاه هایی را طرح می کند و می سازد.

مهندسی برق آن شاخه از مهندسی است که بیشتر بر روی آن قسمت از فیزیک تکیه می کند که به الکتریسیته و مغناطیس مربوط می شود.

مهندس خوب کیست؟ اگر بخواهیم بکمک تعاریف فوق یک مهندس خوب را توصیف کنیم می تواند تعاریف گوناگونی حاصل شود: یک مهندس خوب یعنی یک ریاضی دان خوب و یک تکنسین خوب. این تعریف منسوب به دانشمند شهیر مخابرات، شانن است. اگر تعریف فوق را بخواهیم برای بیش از یک مهندس مخابرات سیستم تعمیم دهیم، به این تعریف می رسیم:

یک مهندس خوب باید یک فیزیک دان، یک ریاضی دان و یک تکنسین خوب باشد. فیزیکدانان افرادی هستند که با مطالعه پدیده های طبیعی، اصول حاکم بر آنها را کشف کرده توسط روابط ریاضی توصیف می

کنند؛ اینان کار خود را در همین حد متوقف می سازند. تکنسین ها افرادی هستند که با دستگاه ها و وسایل به خوبی کار می کنند، یا بعضاً آنها را می سازند؛ در صورتی که از اصول و نحوه کار کرد آنها اطلاع کافی ندارند. یک مهندس کسی است که کار فیزیک دان را - از جایی که رها شده است، جهت پیاده سازی یک وسیله - در دست می گیرد، و به کمک تکنسین به اتمام می رساند.

یک مهندس خوب کسی است که با احاطه به علم، فن و هنر؛ وسایلی را میسازد که باعث آسایش و ارتقای مادی و معنوی انسانها شود. یک مهندس خوب کسی است که بداند مطلب مورد نیاز برای ساخت وسیله مطلوبش در کدام کتاب درج شده است آدم چرخ را دوباره اختراع نمی کند. یک مهندس خوب کسی است که با الگو برداری و کپی آگاهانه از وسایل موجود به ساخت وسایل مشابه یا پیشرفته تر نایل شود (مهندسی معکوس)

حال که با مفاهیم مهندسی، مهندسی برق و مهندس آشنا شدیم به مروری اجمالی در باره روند تکاملی مهندسی برق می پردازیم.

مهندسی برق، در مقایسه با سایر علوم و فنون بسیار جوان است. ادبیات، فلسفه، هنر، تاریخ، ریاضیات، پزشکی، عمران، مکانیک، سابقه چند هزار ساله دارند. گویند سینهوه، پزشک فرعون مصر در چهار هزار سال قبل، جراحی مغز فرعون را با موفقیت انجام داده و غده ای را از مغز او خارج کرده است. کشتی سازی فینیقی ها، ساخت اهرام مصر، تخت جمشید، سازه های یونان، روم و قوم مایا، داستان های هومر، تاریخ هرودت، فلاسفه و ریاضی دانانی چون ارسطو، افلاطون، ارشمیدس، بطلمیوس، ... همگی به زمان قبل از میلاد مسیح تعلق دارند. در صورتی که تنها موردی که به مهندسی برق مربوط می شود و در این دوره اتفاق افتاده است، کشف خاصیت کهربایی عنبر توسط تالس، فیلسوف و ریاضی دان یونانی در حدود 600 سال قبل از میلاد مسیح است. همچنین از زمانهای قدیم خاصیت آهنربایی سنگ معدن مگنیزیا واقع در ناحیه تسالی در یونان شناخته شده بود. در سال 1938 در عراق شیئی کشف شد که قدمت آن به 250 سال قبل از میلاد بر می گردد. این شیء که باطری بغداد نامیده می شود، ظاهراً جهت آب فلز کاری مورد استفاده قرار می گرفته است، که البته صحت این مطلب هنوز تایید نشده است

از این موارد که بگذریم تا سال 1601 مطالب و مستنداتی در مورد برق گزارش نشده است. در این سال یک پزشک انگلیسی به نام ویلیام گیلبرت، با مطالعاتی که در مورد خاصیت کهربایی عنبر میکرد، این خاصیت را در بعضی اجسام دیگر نظیر شیشه، گوگرد، ... کشف کرد. او این مواد را الکتریکا و این پدیده را الکتریسیته نامید. بنابراین می توان با این دید، آغاز قرن هفدهم میلادی را مقارن با پیدایش مهندسی برق دانست؛ هر چند که مطابق تعریف فوق هنوز به "مهندسی" نرسیده ایم!

در سال 1663 شهردار ماگدبورگ به نام گوریکه به کمک کره های دوار گوگردی یک ماشین تولید الکتریسیته ساکن درست کرد. مدتی بعد اسحاق نیوتن پیشنهاد کرد که کره های گوگردی با کره های شیشه ای جانشین شوند. در سال 1729 طبیعی دان انگلیسی، گری، خاصیت هدایت الکتریکی فلزات را کشف کرد. وی همچنین بعنوان کاشف اثر میدان الکتریکی شناخته می شود. فرانکلین، سیاستمدار، نویسنده و طبیعی دان آمریکایی، در سال 1752 خاصیت الکتریکی رعد و برق را ثابت می کند. در سال 1780 پزشک و طبیعی دان ایتالیایی به نام گالوانی، هنگامی که مشغول تشریح یک قورباغه بود، به طور اتفاقی متوجه شد که بر اثر تماس دو فلز متفاوت چاقو و چنگک جراحی با ران قورباغه، ران منقبض می شود. به این ترتیب ایجاد جریان الکتریکی توسط مواد شیمیایی، به عبارت دیگر تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی کشف شد.

حدود بیست سال بعد یعنی در سال 1801، ولتا، فیزیکدان ایتالیایی، اولین باتری را که "المان گالوانی" نامیده بود در حضور ناپلئون به نمایش گذاشت. این زمان را می توان سر آغاز الکتریسیته جاری دانست. دیوی، شیمیدان انگلیسی، در سال 1802 با گذراندن جریان الکتریکی از یک رشته سیم باعث گداخته شدن آن و ایجاد نور شد. همچنین با عبور جریان الکتریکی از دو میله زغالی جرقه ایجاد کرد (تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی) وی در سال 1813 موفق شد توسط یک باتری عظیم که از 1000 عنصر تشکیل شده بود، یک قوس الکتریکی پیوسته ایجاد نماید.

در سال 1811 پواسون، ریاضیدان و فیزیکدان فرانسوی، نظریه "پتانسل الکتریکی" را بیان داشت. در سال 1820 نیز وقایع مهمی در زمینه برق اتفاق می افتد. ارستد، دانشمند دانمارکی، ایجاد میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم حامل جریان الکتریکی کشف می کند. این خاصیت توسط آمپر، بیو و ساوار، دانشمندان فرانسوی، در همان سال توصیف می شود.

شوابکر، استاد دانشگاه در آلمان، گالوانو متر را اختراع می کند. لذا از این زمان جریان الکتریکی قابل اندازه گیری می شود. در سال 1821 فاراده فیزیک دان انگلیسی پیشنهاد اولین مدل یک موتور ساده الکتریکی را ارائه می دهد. در سال 1822 آمپر رابطه بین نیروی وارده به دو سیم حامل جریان را بدست می آورد (قانون آمپر) در سال 1826 اهم فیزیک دان آلمانی رابطه بین ولتاژ، جریان و مقاومت را کشف می کند (قانون اهم). در سال 1831 فاراده قانون اندوکسیون را توصیف کرده بدین وسیله پایه های نظری ساخت ترانسفورماتور را بنا می نهد. ریچی در سال 1833 طرح اولین مولد الکتریکی را به کمک یک سیم پیچ دوار و یک آهنربای ثابت ارائه میدهد. یاکوبی، مهندس آلمانی، در سال 1838 قایقی را به نمایش می گذارد که با موتور الکتریکی حرکت می کند. در اول ماه می 1849 مورس دستگاه تلگراف را در دفتر ثبت اختراعات آمریکا به نام خود به ثبت رسانید. شاید بتوان گفت - طبق تعریفی که قبلاً برای مهندسی شده بود - که مهندسی برق

در این روز متولد شده است، زیرا کارهایی که تا کنون در زمینه برق انجام شده بود عملاً مربوط به فیزیک می شدند. با این دید می توان گفت که فقط حدود 160 سال از عمر مهندسی برق می گذرد. مورس استاد نقاشی و مجسمه سازی دانشگاه نیویورک بود، که به طور اتفاقی در یک سفر در سال 1832 در مورد الکترومغناطیس شنید و از آن زمان به فکر ساختن دستگاهی برای انتقال اطلاعات از راه دور افتاد. مورس اولین دستگاه خود را در سال 1844 ساخت. البته در سال 1837 کوک و وستون نیز یک نوع تلگراف اختراع کرده و به ثبت رسانیده بودند؛ مورس نیز با گیل و ویل شریک بود، ولی در نهایت تلگراف به نام مورس شناخته شد. ساخت تلگراف و حروف (کد) مورس زمینه ساز مخابره از راه دور (مخابرات) شد.

البته از بیش از 2000 سال قبل از آن از مخابرات نوری استفاده می شد. در سال 1858 اولین کابل کشی زیر دریایی توسط شرکت مورس جهت ارتباط تلگرافی بین آمریکا و اروپا آغاز و در سال 1866 از آن بهره برداری شد.

در سال 1855 ماکسول، استاد فیزیک در اسکاتلند، الکترودینامیک مدرن را پایه گذاری می کند. وی در سال 1864 نظریه الکترومغناطیسی نور را ارائه می دهد. او در سال 1873 با انتشار مقاله ای در باره الکترومغناطیس، معادلات مشهور خود را (معادلات ماکسول) بیان می دارد و به این نتیجه می رسد که می توان انرژی را بکمک امواج الکترومغناطیسی منتقل نمود.

در سال 1866 زیمنس آلمانی و وستون انگلیسی، اصل "دینامو-الکتریک" را کشف کرده، نحوه تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی را آشکار می سازند (دینام). گراهام بل آمریکایی اولین تلفن قابل استفاده را در سال 1876 به ثبت می رساند. ادیسون، مخترع آمریکایی، در سال 1878 شرکت خود را تاسیس می نماید. یک سال بعد لامپ رشته ای خود را با طول عمر 45 ساعت، به جهان عرضه می کند. وی در سال 1882 اولین شبکه برق رسانی جهان را، با ۵۹ مشترک، با جریان مستقیم و ولتاژ 110 ولت دایر می کند. در سال 1887 تسلا چند اختراع در مورد جریان متناوب به ثبت می رساند. در سال های بعد منازعات سختی بین ادیسون و تسلا بر سر مناسبتر بودن جریان مستقیم یا متناوب جهت انتقال، توزیع و استفاده از برق در میگیرد که به "جنگ جریانها" مشهور می شود. سرانجام - با اثبات برتری جریان متناوب - تسلا فاتح این نبرد معرفی می شود. در نتیجه جریان متناوب به عنوان استاندارد، جهت تبدیل و انتقال انرژی الکتریکی انتخاب می شود.

در سال 1888 هرتز، فیزیک دان آلمانی، وجود امواج الکترومغناطیس را، که قبلاً توسط ماکسول پیش بینی شده بود، در آزمایشگاه به اثبات رسانید. از این تاریخ، عصر "مخابرات بی سیم" آغاز می شود. هرتز یک فرستنده و گیرنده رادیویی (بیسیم) درست کرد و توانست در آزمایشگاه خود امواج را تولید و در فاصله

چندین دسی متری آنها را تشخیص دهد. در سال 1896 پوپف روس یک تلگراف بیسیم ساخت و توانست اطلاعات را بدون سیم به فاصله 60 متر منتقل نماید. در همان سال مارکونی ایتالیایی توانست به فاصله 2400 متری دست یابد.

در سال 1890 اولین قطار برقی زیر زمینی (مترو) در لندن مورد بهره برداری قرار می گیرد. در سال 1899 اولین قطار برقی بین شهری در برلین راه اندازی می شود. در سال 1901 براون آلمانی یکسو ساز نیمه هادی (دیود) مس - اکسید مس و در سال 1904 فلمینگ انگلیسی اولین لامپ رادیو (دیود خلاء) را ابداع می کند. در سال 1906 فون لیبن اتریشی و دو فارست آمریکایی مستقل از یک دیگر، لامپ تقویت کننده (تریود) را اختراع کردند. در سال 1906 اولین جاروی برقی، در سال 1910 اولین یخچال برقی و در سال 1920 اولین ماشین لباس شویی وارد بازار شدند. اونس فیزیک دان هلندی و برنده جایزه نوبل، در سال 1911 ابر رسانایی را کشف می کند. در سال 1923 اولین خط انتقال ولتاژ بالا با ولتاژ 220 کیلو ولت وارد شبکه برق رسانی آمریکا می شود. در همین سال تلویزیون الکترو مکانیکی توسط بیارد انگلیسی اختراع می شود. ولی ساخت اولین دستگاه تمام الکترونیکی قابل استفاده توسط فارنرورت در آمریکا در سال 1928 انجام می پذیرد. در نمایشگاه بین المللی سال 1936 در پاریس، شرکت اسرام اولین لامپ های مهتابی را عرضه می نماید. در سال 1940 رادار در آزمایشگاه های وزارت دفاع انگلستان اختراع می شود.

در سال 1941 اولین کامپیوتر قابل استفاده جهان بنام Z3 توسط تسوزه آلمانی ساخته شد. این کامپیوتر الکترو مکانیکی بوده، به کمک تعداد زیادی رله کار می کرد نامبرده دو سال قبل Z1 و Z2 را بدون حصول موفقیت ساخته بود.

با ساخت اولین کامپیوتر الکترونیکی بنام ENIAC توسط اکرت و موچلی در سال 1946 در آمریکا، عصر کامپیوتر آغاز شد. در ساخت این رایانه 14,468 لامپ الکترونی به کار رفته بود. توانی که این سیستم مصرف می کرد بالغ بر 500 کیلو وات بود! ساخت ترانزیستور در 23 دسامبر 1947 در آزمایشگاه بل 74 در آمریکا توسط سه محقق: شاکلی، باردین و براتن پنجره جدیدی را برای کوچکتر کردن مدارها و سیستم های الکترونیکی گشود. تکنولوژی ترانزیستور جاده صاف کن مدارهای مجتمع - که در سال 1958 توسط کیلی و مستقل از او در سال 1959 توسط نویس ابداع شده بود - گشت. در سال 1955 اولین نیروگاه هسته ای با نیروی 9 مگا وات، در انگلستان مورد بهره برداری قرار گرفت. در سال 1960 اولین دستگاه لیزر درست شد. در سال 1971 اولین میکرو پروسور با نام 4004 توسط هف در شرکت اینتل ساخته شد. این پروسور چهار بیتی بود. اولین پروسور 8 بیتی تولید همین شرکت تحت نام 8008 بود. پروسوری که با آن اولین کامپیوتر شخصی ساخته شد، 8080 نام داشت که متعلق به شرکت اینتل بود و در سال 1973 وارد بازار شد.

پس از این تاریخ عملاً پدیده جدیدی در برق بوجود نیامده است. و پیشرفت های شگرفی که در 35 سال گذشته عاید بشر شده است، در تکامل اختراعات قبلی می باشد. برای مثال لامپ رشته ای که امروزه هنوز در منازل بیشترین مورد استفاده را دارد، یا لامپ های اکثر قریب به اتفاق اتومبیل ها یا چراغ قوه ها یا ... ، همان لامپ ادیسون است که حدود 130 سال قبل وارد بازار شده است! فقط دارای راندمان و طول عمر بیشتری است) مثلاً طول عمر متوسط 1000 ساعت در مقایسه با 45 ساعت. (یا اساس لامپ های کم مصرف که امروزه متداول شده است، همان لامپ مهتابی است که اسرام در 70 سال قبل عرضه کرده بود و ... ، همچنین تفاوت رادیوهای امروزی با رادیوی مارکونی در کیفیت صدا و جثه دستگاه است. تفاوت نیروگاه های امروزی با نیروگاه های 110 سال قبل در بازده و توان آنها) گیگا وات در مقابل کیلو وات (است. همچنین تفاوت متروها و قطارهای برقی کنونی با آن زمان در سرعت، راحتی و ایمنی آنها است. و بالاخره تفاوت بین پنتیم 85 و 4004 در حجم و سرعت) چند میلیون ترانزیستور در مقابل چند هزار ترانزیستور، چند گیگا هرتز بجای چند مگا هرتز (آنها است).

و اما نگاهی به آینده: طبیعتاً پیشرفت های علمی و فنی بشر به انتها نرسیده است. از مهمترین مسایلی که در حال حاضر مهندسين را به چالش می کشند، بحث های مربوط به انرژی، محیط زیست و فناوری اطلاعات است. (بستر) فیزیکی (انرژی های نو، از قبیل استفاده مستقیم از انرژی خورشیدی، از حرارت داخلی زمین، جوش هسته) بجای شکافت هسته (... آماده، ولی هنوز مسایل فنی آن حل نشده است. در حال حاضر به نظر می رسد که نهایتاً تامین انرژی در آینده، فقط به کمک جوش هسته امکان پذیر باشد. ولی با وجود این که بیش از 50 سال است که در این زمینه تحقیق میشود و در آزمایشگاه نتایج اولیه ای هم بدست آمده است، ولی تخمین زده می شود که برای حصول نتیجه نهایی به بیش از 50 سال دیگر کار مداوم نیاز باشد. بحث نانو تکنولوژی، یعنی ساخت و استفاده از وسایلی که ابعادی در حد نانو متر دارند، نیز بحث روز است و امید میرود با استفاده از این فن آوری، تحول قابل ملاحظه ای در زندگی بشر رخ دهد. ساخت ترانزیستورهایی که فقط از یک اتم به عبارت دیگر یک الکترون تشکیل شده اند، باعث خواهد شد که پروسسورهایی به مراتب قدرتمندتر و کوچکتر قابل ساخت باشند و....

فصل اول: مفاهیم پایه در مهندسی برق

مهندسی برق شاخه ای وسیع و متنوع از مهندسی است که به مطالعه، بررسی و کاربرد آن دسته از پدیده های مختلف فیزیکی می پردازد که دارای ماهیت الکترومغناطیسی هستند.

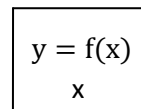
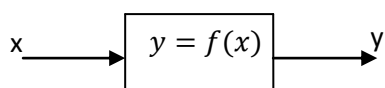
دیدگاه سیستمی: که فارغ از بسیاری جزئیات مربوط به پیاده سازی و مسایل عملی مهندسی، صرفاً با تجرید و نگاه از بالا به بررسی و مدل سازی می پردازد.

دیدگاه فیزیکی: که مشکلات و محدودیت های عملی حین پیاده سازی را مدنظر قرار می دهد.

۱-۱ سیگنال و سیستم

۱-۱-۱ سیگنال

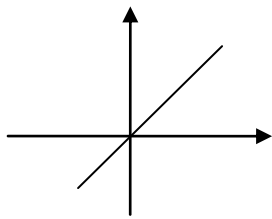
به کمیات فیزیکی متغیر با زمان (یا مکان) در صورتی که حاوی اطلاعات مفید باشند، سیگنال گویند. در غیر اینصورت به آن نویز گفته میشود. سیگنال و نویز هر دو حامل انرژی اند. سیگنال ها می توانند پریودیک (متناوب) باشند مانند سیگنال سینوسی یا مربعی، ضربان قلب و... یا غیرپریودیک باشند مانند سیگنال صوتی و تصویری. علاوه بر آن سیگنال ها می توانند پیوسته یا گسسته در زمان یا دامنه باشند (سیگنال های آنالوگ یا دیجیتال). برای تبدیل سیگنال های غیر الکتریکی به الکتریکی یا بلعکس مبدل ها بکار گرفته می شوند.



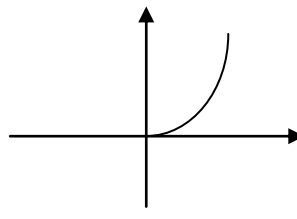
۱-۱-۲ سیستم

هرگاه اجزای یک مجموعه، درارتباط با یک دیگر، از یک ورودی مشخص، طبق یک دستورالعمل خاص، یک خروجی معین ایجاد کند؛ به آن مجموعه یک سیستم گویند. یک فرستنده رادیویی را نیز می توان یک سیستم دانست، که ورودی آن صوت و خروجی آن امواج الکترومغناطیسی (رادیویی) می باشد. اجزای این مجموعه را میکروفن، تقویت کننده صوتی، نوسان ساز، آنتن و... تشکیل می دهند. دستورالعمل هم می تواند فرکانس امواج، قدرت فرستندگی، نوع مدولاسیون و... درنظر گرفته شود.

- خطی یا غیرخطی: سیستمی خطی است که اصل برهم نهی در آن صادق باشد، یعنی (۱) اگر ورودی در ضریبی ضرب شود، خروجی هم در همان ضریب ضرب شود و (۲) اگر مجموع دو ورودی به سیستم اعمال شد، خروجی نیز حاصل جمع دو خروجی قبلی باشد در غیر این صورت سیستم را غیرخطی می نامند.



$$y = f(x)$$



$$y = kx \text{ خطی}$$

$$y = kx^2 \text{ غیرخطی}$$

- آنالوگ یا دیجیتال: سیستم هایی که سیگنال های ورودی، خروجی و درونی آنها آنالوگ باشند، سیستم های آنالوگ نامیده می شوند. سیستم هایی که در آن ها کلیه این سیگنال ها دیجیتال باشند، جزو سیستم های دیجیتال محسوب می شوند. اگر در یک سیستم هم سیگنال های آنالوگ و هم سیگنال های دیجیتال فرآورده شوند به آن سیستم مختلط گویند. برای مثال در یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ورودی یک سیگنال آنالوگ و خروجی یک سیگنال دیجیتال متناظر با آن خواهد بود. همچنین در یک مبدل دیجیتال به آنالوگ ورودی یک سیگنال دیجیتال و خروجی یک سیگنال آنالوگ متناظر با آن خواهد بود.
- سیگنال های آنالوگ دارای سطوح و دامنه های بسیار زیادی از صفر تا حداکثر دامنه هستند در حالی که سیگنال های دیجیتال تعداد دامنه بسیار کمتری و در بیشتر اوقات فقط دو دامنه صفر و یک دارند.

$$0v \rightarrow 0 \text{ منطقی}$$

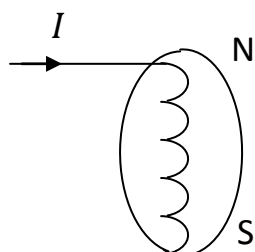
$$5v \rightarrow 1 \text{ منطقی}$$

۴ ۱ کمیات اصلی الکتریکی

- انرژی : منبع توان فعال و منبع تولید کار مانند : انرژی شیمیایی، انرژی الکتریکی، انرژی مغناطیسی و به طور ساده می توان گفت که: توانایی انجام کار را انرژی نامند. واحد انرژی ژول است ($1J=1Nm$).
- توان : نرخ زمانی تبدیل انرژی را توان گویند $p = \frac{\text{Energy}}{\text{Time}}$. واحد توان وات است ($1W=1 J/s$).
- بار الکتریکی : کلمه الکتریک و نیز کلمه الکتریسیته ریشه در لغت یونانی الکترون به معنی عنبر یا کهربا دارند.
- الف) بار الکتریکی در دو نوع که اصطلاحاً مثبت و منفی نامیده می شوند، مشاهده می شود. این دو نوع بار اثر یکدیگر را خنثی می نمایند.
- ب) بار پایستار است، یعنی نمی توان آنرا ایجاد یا نابود کرد.
- پ) بار کمیتی است کوانتیزه.

خاصیت الکتریکی توسط بار الکتریکی (q) توصیف می شود. واحد بار الکتریکی کولن است. یک کولن معادل 6.24×10^{18} عدد الکترون به عبارت دیگر بار یک الکترون $e = 1.6 \times 10^{-19}$ کولن است.

- میدان الکتریکی: نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون را میدان الکتریکی می گویند.
- جریان: نرخ زمانی عبور بار الکتریکی از یک سطح است. $i = \frac{q}{t}$ و واحد آن آمپر است.
- ولتاژ: اختلاف پتانسیل دو سطح از بار الکتریکی را گویند. بنابراین توانایی تبدیل انرژی به هنگام انتقال بار الکتریکی را ولتاژ یا اختلاف سطح الکتریکی گویند $v = \frac{dw}{dq}$. چنان که ولتاژ توانایی ایجاد حرکت در بار را داشته باشد، به آن نیروی محرکه گویند و گاهی آن را با EMF نمایش می دهند.
- میدان مغناطیسی: آهنربا به ذرات آهن در اطراف خود نیرو وارد می کند که به حوزه تأثیر این نیرو، میدان مغناطیسی گفته می شود.



میدان الکتریکی $\leftrightarrow$ میدان مغناطیسی

در سال ۱۸۲۰ آندره ماری آمپر، مقاله ای درباره اثر متقابل نیرو بین آهنربا و سیم حامل جریان الکتریکی منتشر کرد. او نشان داد که سیم های حامل جریان کاملاً نظیر آهنربا عمل می کنند.

۱-۴ رسانایی مواد در حالت جامد

۱-۳-۱ رساناها

رساناها یا هادی ها، همانطور که از نام آن ها پیداست، موادی هستند با رسانایی الکتریکی زیاد و به عبارت دیگر مقاومت الکتریکی کم. رابطه ولتاژ-جریان این مواد عموماً یک رابطه خطی است، به عبارت دیگر قانون اهم در مورد این مواد صدق می کند. از دید فیزیکی رساناها دارای بار آزاد بسیار زیادی هستند که در حضور میدان الکتریکی اعمالی به دو سر آن الکترون ها به حرکت در می آیند. فلزات، گرافیت، محلول نمک و پلاسما از رسانا ها هستند.

جدول ۱-۲ مقاومت ویژه و ضریب حرارتی چند هادی

ردیف	نام هادی	ترکیب	مقاومت ویژه $\rho[\mu\Omega cm]$	ضریب حرارتی $T_C[ppm/^{\circ}C]$
۱	نقره	Ag	1.59	5000
۲	مس	Cu	1.68	4000
۳	طلا	Au	2.21	3700
۴	آلومینیم	Al	2.65	4400
۵	سدیم	Na	4.77	4600
۶	نیکل	Ni	8.31	6000
۷	آهن	Fe	9.61	5600
۸	پلاتین	Pt	10.5	3800
۹	سرب	Pb	20.8	2900
۱۰	مگناین	85%Cu + 12%Mn + 3%Ni	43	0±15
۱۱	کنستانتان	55%Cu + 45%Ni	50	0±20
۱۲	جیوه	Hg	96.1	900
۱۳	نیکروم	80%Ni + 20%Cr	110	80±20
۱۴	اوان اهم	75%Ni+20%Cr+2.5%Al+2.5%Cu	133	0±5

نارساناها یا عایق ها؛ همانطور که از نام این دسته از مواد پیداست، تقریباً فاقد رسانایی الکتریکی بوده و بنابراین مقاومت الکتریکی بسیار بزرگی از خود نشان می دهند. مانند مواد غیر فلزی، پلاستیک و سرامیک.

جدول ۲-۲ مقاومت ویژه چند نارسانا

ردیف	نام عایق	مقاومت ویژه $\rho[\mu\Omega cm]$	مقاومت ویژه $\rho[\Omega m]$
۱	تفلن	$10^{30} \dots 10^{32}$	$10^{22} \dots 10^{24}$
۲	کوارتز	7.5×10^{25}	7.5×10^{17}
۳	(S) گوگرد	2×10^{23}	2×10^{15}
۴	انواع لاستیک	$10^{22} \dots 10^{23}$	$10^{13} \dots 10^{15}$
۵	انواع شیشه	$10^{17} \dots 10^{21}$	$10^9 \dots 10^{13}$
۶	انواع پلیمر	$2 \times 10^{15} \dots > 10^{23}$	$2 \times 10^7 \dots > 10^{15}$
۷	(Br) برم	7.8×10^{18}	7.8×10^{10}
۸	(Cl) کلر	10^{17}	10^9
۹	(I) ید	1.3×10^{15}	1.3×10^7

۳-۳-۱ نیمه رساناها

موادی که رسانایی آنها بسیار کمتر از هادی ها و فلزات است ولی رسانایی آنها بسیار بزرگتر از نارساها است. از خواص مهم این گروه مواد این است که هدایت الکتریکی آن ها با اضافه کردن مقداری ناخالصی یا اصطلاحاً آلاینده قابل کنترل است و قابلیت کنترل، دقیقاً همان چیزی است که در مهندسی بدنبال آن هستیم. مانند سیلیسیم و ژرمانیم.

جدول ۳-۲ مقاومت ویژه و ضریب حرارتی نیمه رسانا های ساده در دمای اتاق

ردیف	نام نیمه هادی	مقاومت ویژه $\rho [\Omega cm]$	ضریب حرارتی $T_C [\%/^{\circ}C]$
۱	Si سیلیسیم (سیلیکون)	10...6000	-7
۲	Ge ژرمانیوم	1m...0.5	-5

۴-۳-۱ ابررساناها

ابر رسانا ها موادی با مقاومت صفر هستند که در دماهای خیلی پایین قابل دسترس می باشند و از خواص بسیار مفید آنها قابلیت ایجاد میدان های مغناطیسی بزرگ می باشد.

جدول ۴-۲ دمای بحرانی چند ابر رسانا

ردیف	نام ماده	دمای بحرانی $[K] (^{\circ}C)$
۱	Ti تیتان (تیتانیوم)	0.39 (-273)
۲	Zn روی	0.91 (-272)
۳	Al آلومینیم	1.19 (-272)
۴	CuS سولفید مس	1.61 (-271)
۵	Sn قلع	3.72 (-269)
۶	Hg جیوه	4.16 (-269)

۱-۴ دستگاه‌های اندازه‌گیری آزمایشگاه

۱- منبع تغذیه

دستگاهی که برق AC (متناوب) شهر را به برق DC (مستقیم) تبدیل می‌کند و صرف‌نظر از جریانی که از آن می‌گذرد، همواره ولتاژ معینی را در دو سر خود حفظ می‌کند.

۲- مولتی‌متر (اهمتر، ولت‌متر، آمپر‌متر، فرکانس متر، تست دیود و...)

۳- سیگنال ژنراتور

دستگاهی است که انواع سیگنال‌های الکتریکی را بصورت سینوسی، مربعی، مثلثی و دندان‌اره ای تولید می‌کند و قابلیت تغییر دامنه و فرکانس سیگنال را دارد.

۴- اسیلوسکوپ

دستگاهی که می‌تواند شکل موج سیگنال الکتریکی را نشان دهد و از روی شکل موج می‌توان خصوصیات سیگنال از جمله فرکانس و دامنه را بدست آورد.

۵- اسپکتروم آنالایزر یا طیف‌نما

سیگنال الکتریکی را بر حسب فرکانس تجزیه و تحلیل می‌کند.

۶- RLC متر

فصل دوم: معرفی گرایش الکترونیک

الکترونیک نوین به وجود آورنده سیستمها و ابزارهای پیچیده‌ای است که در بسیاری از مصارف زندگی روزمره و شاخه‌های مختلف صنعت، پزشکی و مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از ارائه این مجموعه تربیت کارشناسانی در زمینه شناخت نحوه عملکرد، چگونگی نگهداری بهره‌برداری، تجزیه و تحلیل و طراحی سیستمهای الکترونیکی در واحدهای مختلف صنعتی و خدماتی کشور است. برای این منظور، در این مجموعه دانشجویان با فیزیک ادوات نیمه‌هادی، ساختمان و طرز کار عناصر الکترونیکی مانند انواع ترانزیستورها، دیودها و مدارهای مجتمع و نیز آنالیز مدارها و سیستمهای الکترونیکی آشنا می‌شوند. جهت تجزیه و تحلیل این سیستمها از روشهای کلاسیک و نیز از روشهای مبتنی بر محاسبات کامپیوتری استفاده فراوان می‌شود.

الکترونیک شاخه‌ای از علم و تکنولوژی مهندسی برق است که مربوط به طراحی، ساخت و استفاده از ادوات نیمه‌هادی است که شامل مدارهای الکتریکی آنالوگ و دیجیتال است. مدارهای الکتریکی شامل قطعات و المان‌های فعال و غیرفعال می‌باشد.

المان‌های فعال یا active، المانهایی هستند که جهت استفاده نیازمند بایاس (استفاده از تغذیه) می‌باشند. مانند لامپ خلاء، ترانزیستور، دیود و مدارهای مجتمع (IC) مانند میکروپروسسورها، میکروکنترلرها و FPGA (آرایه‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی).

از خواص عناصر فعال خاصیت غیرخطی بودن آن‌هاست که در ارسال سیگنال‌های مخابراتی از این خاصیت جهت مدولاسیون استفاده می‌شود. از دیگر خواص این عناصر این است که می‌توان بصورت قطع و وصل از آن‌ها استفاده کرد و این همان مفهوم دیجیتالی این عناصر است.

المان‌های غیرفعال یا passive مانند مقاومت، خازن، سلف (سیم پیچ)

تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی (Pspice، EWB، Proteous)

- نرم افزارهای گرایش الکترونیک

کشیدن نقشه و PCB (Orcad، Protel)

- قطعات الکترونیکی از طریق لحیم کاری روی برد مدار چاپی (PCB) مونتاژ می‌گردند.

المان های الکترونیکی :

۱- مقاومت

المانی که در برابر عبور جریان از خود مقاومت نشان می دهد و از قانون اهم پیروی می کند

$$(V = R I)$$

$\swarrow$ ولت $\downarrow$ اهم $\searrow$ آمپر



۲- خازن

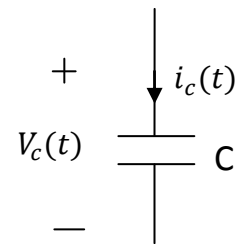
شامل دو صفحه فلزی است که بین آن عایق قرار گرفته است و می تواند انرژی الکتریکی را بر

حسب ولتاژ در خود ذخیره کند.

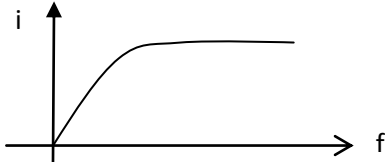
$$Q = C V$$

$\swarrow$ بار الکتریکی $\downarrow$ فاراد $\searrow$ ولت

$$i_c = c \frac{dV_c(t)}{dt}$$



خازن در مقابل ولتاژهای با فرکانس بالا اتصال کوتاه است و در مقابل ولتاژ dc مدار باز است و هیچ جریانی از آن عبور نمی کند.



انرژی ذخیره شده در خازن

$$w = \int_0^t p(t) dt = \int_0^t v(t) i(t) dt \qquad i = \frac{dq}{dt} \rightarrow dq = i dt$$

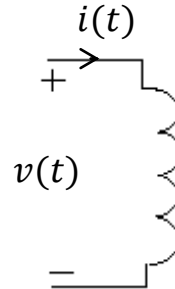
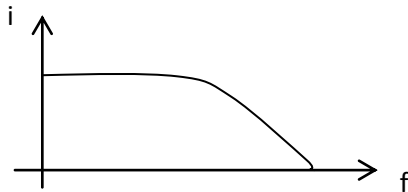
$$w = \int_0^Q v dq = \int_0^Q \frac{q}{c} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{c} = \frac{1}{2} c v^2$$

۳- سلف یا خود القا

یک سیم پیچ بدور یک هسته فریت است که انرژی مغناطیسی را در خود ذخیره می کند.

L ضریب خود القایی یا اندوکتانس بر حسب هانری است.

$$v = L \frac{di}{dt}$$



سلف در مقابل جریان dc اتصال کوتاه و در مقابل جریان با فرکانس بالا مدار باز است.

شار مغناطیسی بر حسب وبر (wb) است.

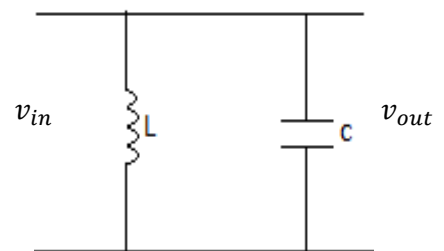
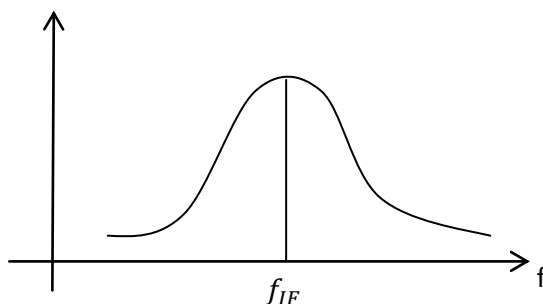
$$\phi(t) = L i(t)$$

با افزایش فرکانس جریان عبوری از سلف و ثابت بودن مقدار جریان، مشتق زمانی افزایش یافته و ولتاژ القایی دو سر سلف افزایش می یابد، افزایش ولتاژ با وجود جریان ثابت به معنی افزایش مقاومت مغناطیسی سلف می باشد. افزایش بیش از حد فرکانس موجب افزایش زیاد مقاومت آن و در نتیجه از عبور جریان در آن جلوگیری خواهد شد. لذا سلف در مقابل جریان DC اتصال کوتاه، و در مقابل جریان AC مدار باز می باشد.

کاربرد سلف ها و خازن ها جهت ساخت فیلتر (صافی) هاست.

همانطور که مشخص است خازن فرکانس های پایین و سلف فرکانس های بالا را از خود عبور نمی دهد و از این خواص جهت فیلتر کردن سیگنال ها استفاده می گردد و در صورتی که یک سلف و خازن را موازی کنیم می توانیم فقط فرکانس های میانی را عبور دهیم و فرکانس های پایین و بالا را حذف کنیم که به این المان IF می گویند و در رادیو بسیار کاربرد دارد.

$$f_{IF} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

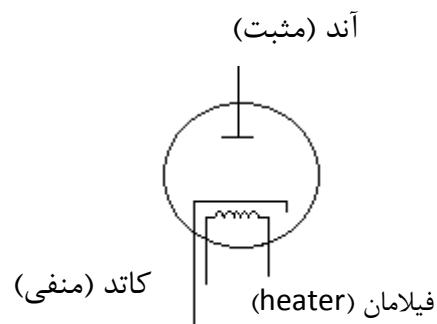


۴ - لامپ الکترونی

اولین قطعه الکترونیکی است که سال ۱۹۰۴ توسط فلمینگ انگلیسی اختراع شد و موجب تحول در صنعت الکترونیک و ساخت رادیو شد.

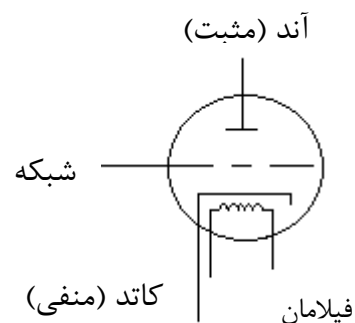
- لامپ دیود (دو قطبی) ، دیود خلاء

با گرم شدن فیلامان، الکترون ها بطرف صفحه آند حرکت می کنند.



- لامپ تریود (سه قطبی) ، ۱۹۰۶، فون لیبن اتریشی و دوفارت آمریکایی

اگر ولتاژ شبکه صفر باشد حرکت الکترون ها با سرعت بیشتری انجام می شود و اگر ولتاژ منفی باشد با سرعت کمتری حرکت خواهند کرد و این اساس کار یک تقویت کننده رادیویی است.

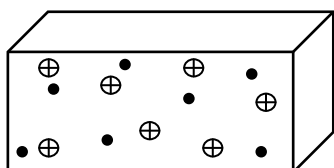


کاتد لامپ معمولاً از جنس اکسید باریوم و اکسید استرنتیم، روی پایه نیکل است و آند از نیکل ساخته می شود. ولتاژ شبکه نسبت به کاتد نباید مثبت شود لذا در طراحی باید اعمال یک ولتاژ بایاس منفی به شبکه در نظر گرفته شود و این مقدار بایاس منفی از پیک ولتاژ ورودی شبکه بزرگتر باشد.

۵ دیود نیمه هادی

اتم دارای یک هسته مرکزی شامل تعدادی پروتون (برابر با عدد اتمی عنصر) و همان تعداد نوترون می باشد. در اطراف هسته الکترون ها به تعداد مساوی پروتن ها قرار گرفته اند. هر اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است. بر اساس نظریه مدل بوهر تجمع الکترون ها اطراف هسته به صورت پوسته است و هرچه پوسته دورتر باشد انرژی وابستگی الکترون ها کمتر است و دورترین پوسته اتم را الکترون های ظرفیت آن می گویند.

در فلزات، نیروی وابستگی الکترون های ظرفیت به هسته اتم بسیار کم است و لذا الکترون ها بطور آزادانه حرکت می کنند. چگالی الکترون های آزاد در فلزات 10^{23} الکترون در هر سانتی متر مکعب است و وقتی الکترونی از اتم خود جدا می شود می توان فرض کرد که یک یون مثبت به جا می ماند لذا ساختمان فلزات را شبکه ای از یون های مثبت و منفی می توان تصور کرد.

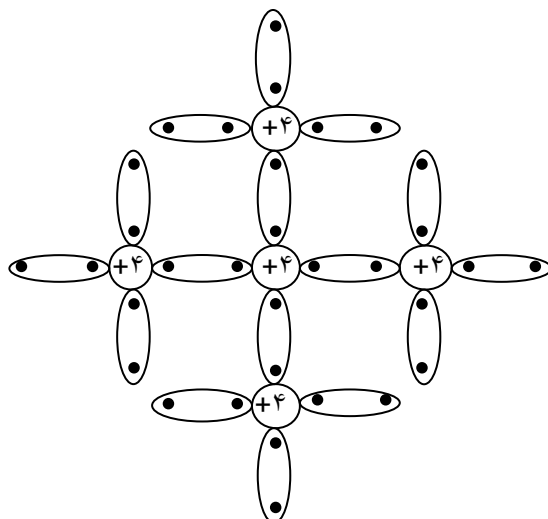


عامل هدایت الکتریکی در فلزات الکترون های آزاد هستند که تحت تأثیر میدان الکتریکی خارجی به حرکت در می آیند.

نیمه هادی ها گروهی از مواد هستند که توانایی هدایت الکتریکی آن ها بین عایق و هادی قرار دارد. از جمله خواص نیمه هادی ها این است که تحت تأثیر عواملی چون تحریک نوری، افزایش دما و تغییر میزان ناخالصی هدایت الکتریکی آن ها تغییر می کند و این خاصیت مهم مبنای کار بسیاری از نیمه هادی هاست.

دو نوع مهم از نیمه هادی ها سیلیسیم (Si) و ژرمانیوم (Ge) می باشند. هسته این مواد دارای چهار الکترون ظرفیت می باشند ولی در دمای معمولی تقریباً الکترونی آزاد نیست و نمی تواند هدایت الکتریکی خوبی داشته باشد.

هر اتم مجاور در یک پیوند کوالان دو الکترون در حالت اشتراک دارند. انرژی لازم برای شکستن پیوند کوالان و آزاد کردن یک الکترون را انرژی عرض نوار گویند و با E_E نمایش می دهند.

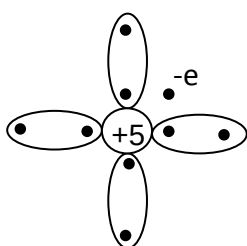


بلور های اتم های سیلیکون و ژرمانیوم

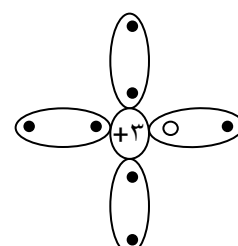
انرژی عرض نوار در نیمه هادی کم است و با اعمال میدان الکتریکی معمول ، تعدادی از الکترون های ظرفیت می توانند با کسب انرژی لازم نقش الکترون های آزاد را داشته باشند. با شکستن هریوند و رها شدن یک الکترون، یک جای خالی در پیوند باقی می ماند که به آن حفره می گویند.

برای بالا بردن ظرفیت الکترون ها یا حفره های آزاد که به آنها حامل های آزاد می گویند؛ در نیمه هادی ها درصد ناچیزی از یک عنصر سه ظرفیتی یا پنج ظرفیتی را به آن تزریق می کنند. نیمه هادی نوع N: عناصر پنج ظرفیتی مانند آنتیموان (sb)، فسفر (p) یا آرسنیک (As) ، باعث افزایش چگالی الکترون های آزاد می شود و به این نوع ناخالصی نوع N گویند.

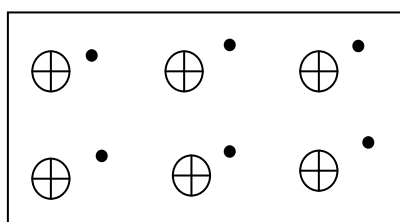
نیمه هادی نوع P: عناصر سه ظرفیتی مانند ایندیم (In)، گالیوم (Ga) باعث افزایش چگالی حفره های آزاد می شود و به این نوع ناخالصی نوع P گویند.



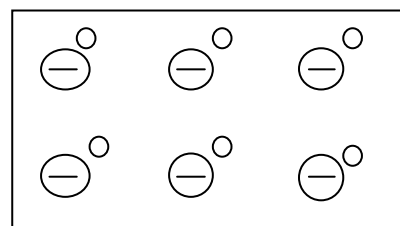
نوع N



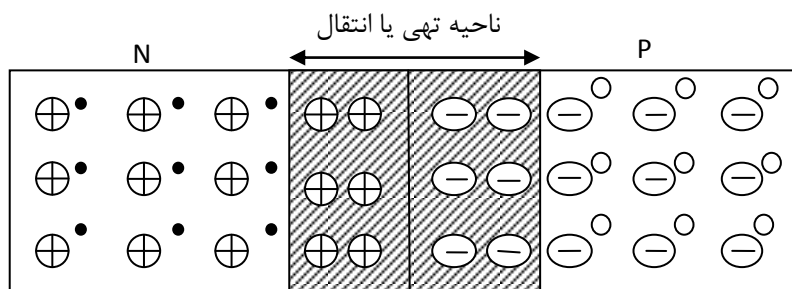
نوع P



نوع N



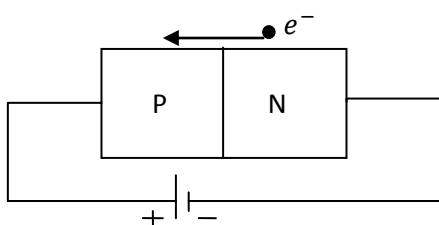
نوع P



ترکیب نیمه هادی نوع N و P به صورت پیوند P-N

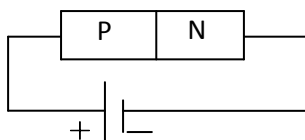
در ناحیه تهی الکترون های نوع N با حفره های نوع P ترکیب شده و یک میدان الکتریکی ایجاد می کنند که این میدان موجب اختلاف پتانسیل در مجاورت این ناحیه شده و از ترکیب بیشتر الکترون ها و حفره ها جلوگیری می کند. در واقع این میدان الکتریکی مانند یک سد پتانسیل عمل کرده و از انتقال بیشتر حفره ها و الکترون ها ممانعت بعمل می آورد.

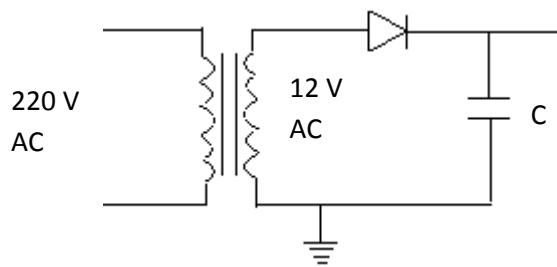
حال اگر یک میدان الکتریکی خارجی مانند منبع ولتاژ را به این پیوند P-N متصل کنیم بطوریکه قطب مثبت منبع ولتاژ به نیمه هادی نوع P و قطب منفی به نیمه هادی نوع N ؛ با افزایش ولتاژ منبع، میدان الکتریکی بر میدان الکتریکی ناحیه تهی غلبه کرده، موجب حرکت حامل های مثبت و منفی (الکترون ها و حفره ها) خواهد شد و به این نوع اتصال بایاس مستقیم گوییم.



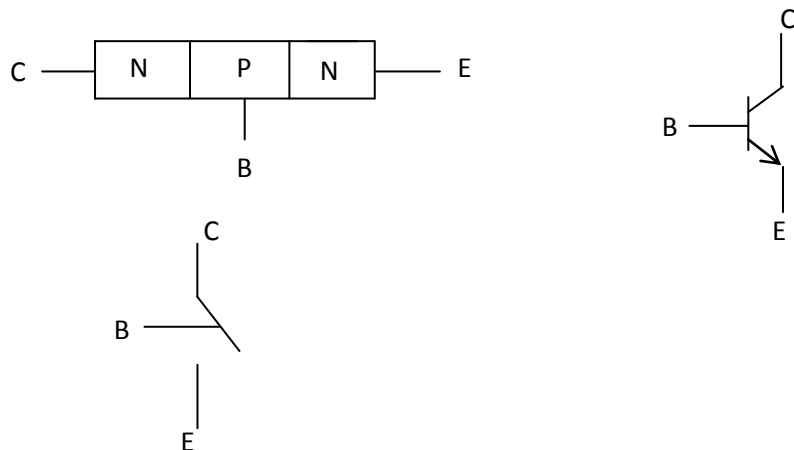
در صورتی که قطب مثبت به نیمه هادی نوع N و قطب منفی منبع ولتاژ به نیمه هادی نوع P متصل گردد هیچ جریانی از نیمه هادی عبور نمی کند و این یعنی دیود.

جهت یکسوسازی جریان از آن استفاده می شود.





۶- ترانزیستور



الف) در حالت on و off دیجیتال:

ب) با کنترل جریان B می توان جریان CE را کنترل کرد و در حالت تقویت کنندگی جریان آنالوگ β ، برابر جریان BE است.

حدود ۰,۷ ولتاژ، جهت روشن شدن BE ترانزیستور مورد نیاز است.

دوقطبی A. BJT Bipolar Junction Tran.

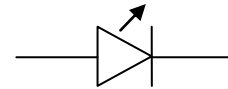
گسیلنده های نوری یا چشمه های نوری

۷- الکترونیک نوری

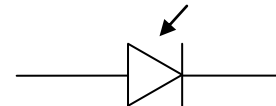
آشکارساز های نوری

Light Emitting Diode (LED)

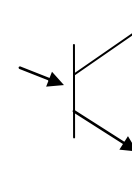
IREL (Infrared Emitting Diode) لامپ دیودی مادون قرمز



A) *Photo Diode* فوتو دیود

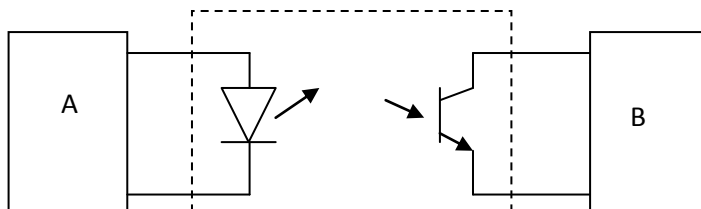


B) *Photo Tran* فوتو ترانزیستور



LED ها از نوع نیمه هادی های P-N می باشند که وقتی بصورت ولتاژ مستقیم قرار می گیرند از خود نور ساطع می کنند. LED ها به عنوان نشان دهنده در ابزار های الکترونیکی استفاده می شود. اما از سیستم لامپ دیودی مادون قرمز در ابزارهای کنترلی استفاده می گردد. فوتو دیود یک پیوند P-N است که به صورت معکوس در مدار استفاده می شود و وقتی در معرض نور قرار میگیرد متناسب با شدت نور، جریان در مدار برقرار می شود.

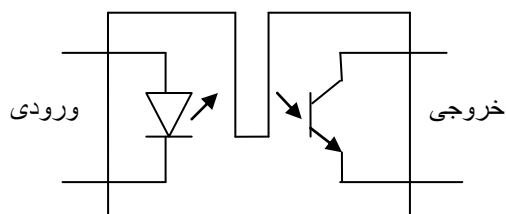
با ترکیب آشکارسازها و گسیلنده های نوری، **توزیع کننده نوری** یا **ایزولاتور نوری** تولید می شود که جهت ایزولاسیون در سیستم الکتریکی استفاده می گردد.



اپتوکوپلر *opto coupler*

opto isolator

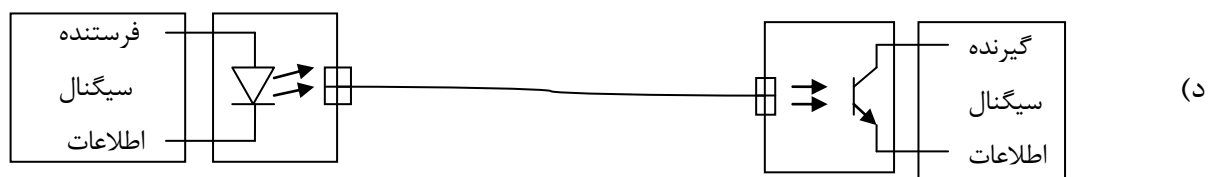
الف) می توان بسته شدن درب ماشین، درب کشویی یا یک اهرم را در صنایع کنترل کرد.



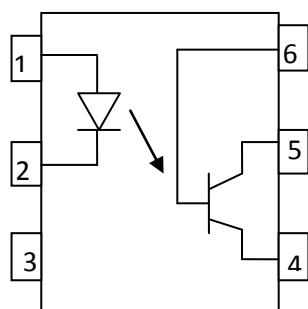
ب) سیستم حفاظتی - که با استفاده از یک سیستم اپتیکی نور مادون قرمز متمرکز شده است.



ج) سیستم کنترل از راه دور مثلاً برای اسباب بازی ها



کابل فیبر نوری می تواند به عنوان یک لوله نوری قابل انعطاف ، سیگنال های نوری (حاوی اطلاعات) را به شکل مؤثری بین دو نقطه با ایمنی کامل در برابر تداخلات الکترومغناطیسی انتقال دهد.



IC 4N25

فصل سوم : معرفی گرایش قدرت

سیستمهای انرژی جهت تبدیل انرژیهای موجود در طبیعت (به شکل اولیه) به انرژیهای قابل مصرف، برای ارضاء اهداف بشر، تکامل یافته‌اند. انرژیهای موجود در طبیعت شامل: سوختهای فسیلی (بعنوان مثال، نفت، زغال سنگ و گاز)، انرژیهای تجدیدپذیر (مثل باد، خورشید، جذر و مد، زمین گرمایی) و انرژی هسته‌ای هستند. از میان انرژیهای قابل مصرف، انرژی الکتریکی به علت سهولت انتقال، کنترل و تبدیل به دیگر انرژیها و بعنوان یکی از با کیفیت‌ترین و مطمئن‌ترین انواع انرژی جایگاه ویژه و منحصر به فردی پیدا کرده است. بطوری که امروزه انرژی الکتریکی بعنوان انرژی محرک در کاربردهای مختلف صنعتی از سیستمهای مخابراتی و کامپیوتری گرفته تا کوره‌های ذوب فلزات و صنایع بزرگ بکار گرفته می‌شود. گرایش قدرت (سیستمهای انرژی الکتریکی) در مهندسی برق به کلیه مسائل مرتبط با تولید، انتقال، توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی به شکل قابل استفاده توسط مصرف‌کنندگان اختصاص دارد. پیشرفت سریع تکنولوژی و بکارگیری ادوات و سیستم های حساس کامپیوتری در تجهیزات صنعتی، نیاز به تأمین

مطمئن، با کیفیت و قابل رقابت انرژی از یکطرف و استفاده از تولیدهای پراکنده و اتصال به شبکه‌های فرامرزی از طرف دیگر سیستمهای کلاسیک قدرت را با مسائل پیچیده جدیدی نظیر سیستمهای جدید مدیریت در بازار برق، پایداری و امنیت شبکه به هم پیوسته، برنامه‌ریزی، بهره‌برداری، کنترل بهینه شبکه، پایایی شبکه، کیفیت برق و برنامه‌ریزی بهره‌برداری بر اساس برداشت اطلاعات بهنگام از تجهیزات فشار قوی مواجه ساخته است. به منظور تأمین نیروی متخصص در زمینه‌های مختلف سیستمهای قدرت و انرژی، دانشجویان در این گرایش با مسائل مختلف ذیل آشنا می‌گردند.

• برنامه‌ریزی و تحلیل سیستم تولید، انتقال و توزیع در کنار برنامه‌ریزی و تحلیل (ماندگار و گذرای سریع) شبکه

• مطالعات پایداری دینامیک، گذرا و حفاظت سیستمهای قدرت

• مدیریت و کنترل شبکه‌ها

• مسائل تجدید ساختار و بازار برق

• تولیدهای پراکنده و انرژیهای تجدیدپذیر و مسائل مرتبط با سیستمهای توزیع

• مدلسازی، طراحی و کنترل ماشینهای الکتریکی و ترانسفورمرها

• الکترونیک قدرت

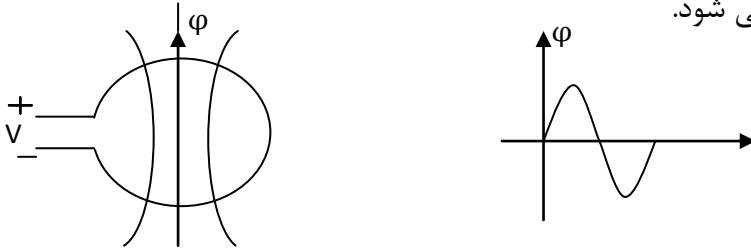
• کیفیت برق و ادوات FACTS

• طراحی و هماهنگی سیستمهای عایقی فشار قوی

• برداشت اطلاعات بهنگام از تجهیزات فشار قوی جهت برنامه‌ریزی بهره‌برداری و سرویس

۱- مبانی الکترومغناطیس

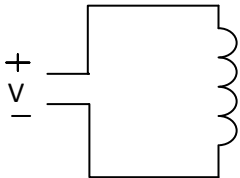
- قانون فاراده: اگر در داخل یک حلقه سیم شار مغناطیسی متغیر Φ (و بر) را عبور دهیم در دو سر سیم یک نیروی محرکه الکتریکی القا می شود.



$$V = \frac{d\phi}{dt}$$

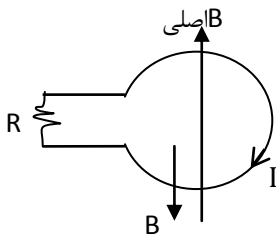
اگر از سیم پیچ استفاده کنیم در واقع تعداد حلقه های سیم پیچ N برابر شده است .

$$V = N \frac{d\phi}{dt}$$



اگر شار مغناطیسی عبوری از سیم پیچ ثابت باشد ولتاژی دو سر آن القا نخواهد شد.

اگر مقاومت R را به دو سر سیم پیچ متصل کنیم جریان عبوری از سیم پیچ در جهتی است که با شار عبوری از سیم پیچ مخالفت کند.



جهت جریان القایی طوری است که با تغییر شار مخالفت می کند (قانون لنز)

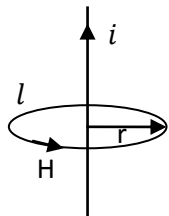
قانون دست راست: انگشت شست دست راست جهت شار مغناطیسی و انگشتان خمیده جهت جریان القایی را نشان می دهند.

- قانون آمپر:

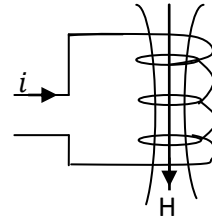
انتگرال خطی بردار شدت میدان مغناطیسی H روی یک مسیر بسته برابر با مجموع جریانهای است که از آن می گذرد.

$$\int H \cdot dl = \sum i \quad \rightarrow \quad H l = N i$$

$\swarrow$ $\downarrow$ $\searrow$
 شدت میدان مغناطیس (A/m) m A



$$l = 2\pi r \quad H = \frac{i}{2\pi r}$$



تا اینجا صحبتی از جنس مواد بکار رفته در سیم پیچ ها به عنوان هسته نشده است.

$$\varphi = B A$$

$$B = \mu H$$

μ : Permeability (ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی) $\left(\frac{wb}{A \cdot m}\right)$ (وبر شار مغناطیسی: φ)

B : چگالی شار مغناطیسی $\left(\frac{wb}{m^2}\right) = T$ (تسلا) A : سطح (m^2)

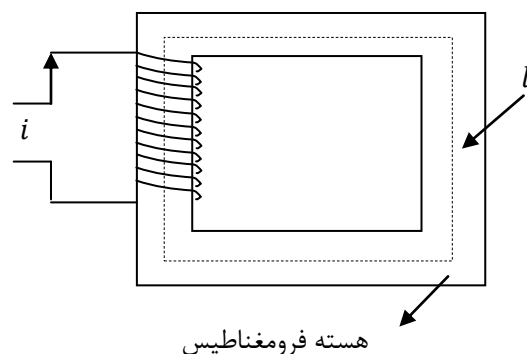
مواد فرومغناطیس (فریت) که آلیاژ آهن می باشند μ بزرگی نسبت به سایر مواد دارند.

$$F = N i \quad \text{نیروی محرکه مغناطیسی}$$

$$F = H \cdot l = \frac{B}{\mu} \cdot l = \frac{l}{\mu A} \varphi \quad \rightarrow \quad R = \frac{l}{\mu A} \quad \text{مقاومت مغناطیسی (Reluctance)}$$

$$\xrightarrow{\text{معادل}} \left\{ \begin{array}{l} F = R \varphi \end{array} \right.$$

$$V = RI$$



- نیروی وارد بر یک هادی حامل جریان در یک میدان مغناطیسی برابر است با :

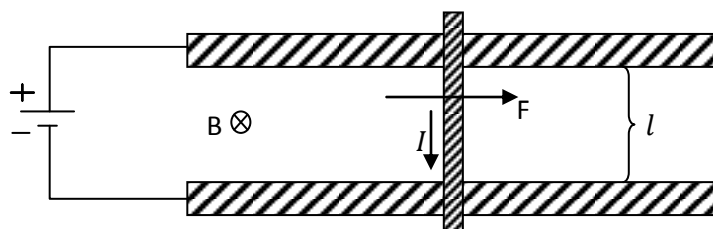
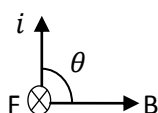
$$F = i l \times B \text{ (ضرب برداری)}$$

$$F = i l B \sin \theta$$

انگشت شست : جهت جریان در طول هادی

انگشت سبابه : جهت میدان مغناطیسی

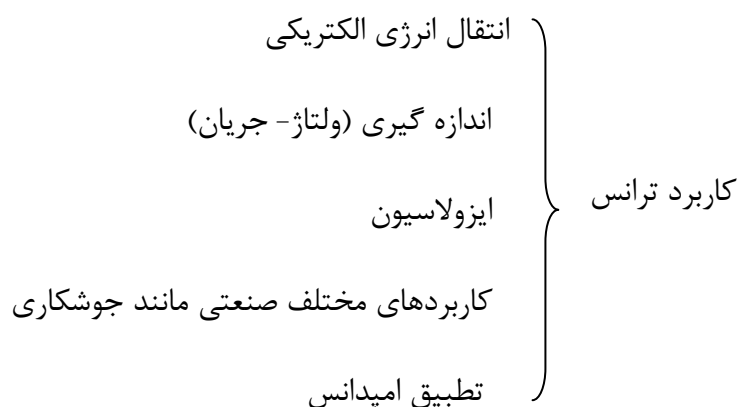
انگشت وسط : جهت نیروی اعمالی به سیم



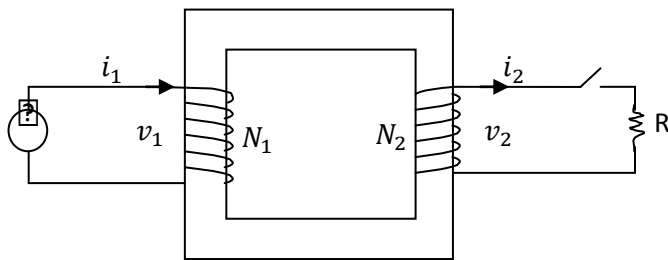
اساس عملکرد قطارهای مغناطیسی با سرعت 500 km/h است و نیز اسلحه های مدرن مغناطیسی می توانند سرعت گلوله را به 6 km/s برسانند تا اهداف یک مایلی را با تفنگ های تک تیرانداز اصابت بدهند .

۲- ترانسفورماتور

ترانس یک القاگر مغناطیسی دو سیم پیچه با یک هسته فرومغناطیسی است که هیچ اتصال الکتریکی بین سیم پیچ ها برقرار نیست . ترانس ها جهت افزایش یا کاهش ولتاژ استفاده می شوند.



- ترانس ایده آل : از مقاومت اهمی سیم پیچ ها صرف نظر می کنیم و تلفات هسته را صفر فرض می کنیم. ($\mu \gg 1$)



$$V_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt}, \quad V_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

ϕ شار مغناطیسی در هردو طرف برابر است پس B چگالی شار مغناطیسی نیز برای هر دو سیم پیچ برابر است (زیرا سطح مقطع هر دو سیم پیچ نیز برابر است) لذا H شدت میدان مغناطیسی هردو سیم پیچ برابر است لذا :

$$H \cdot l = N_1 i_1 = N_2 i_2 \quad \rightarrow \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$P = VI \quad \text{توان الکتریکی برابر است با :}$$

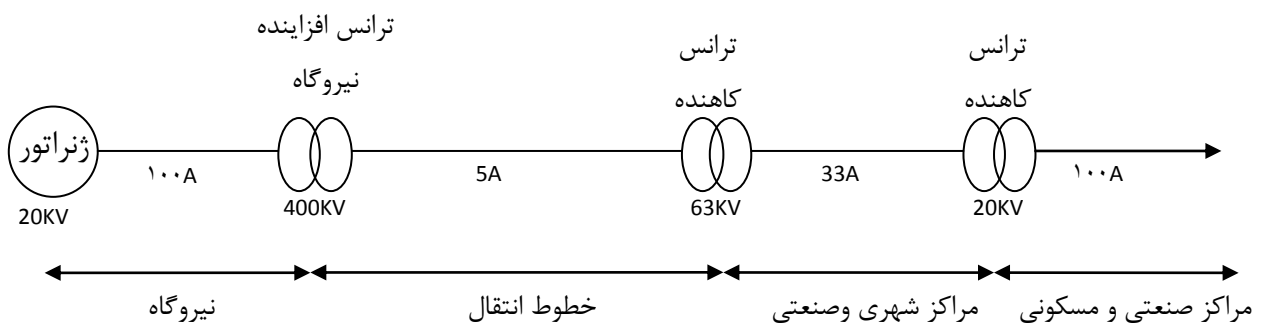
$$P_1 = V_1 I_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 \times \frac{N_2}{N_1} I_2 = V_2 I_2 = P_2$$

توان الکتریکی در اولیه و ثانویه یک ترانس برابر است بعبارتی یک ترانس ایده آل تمام انرژی الکتریکی را منتقل می کند.

$$P = VI$$

$$P = R I^2$$

توان مصرفی با مربع جریان رابطه مستقیم دارد. سیم های انتقال شبکه های انرژی الکتریکی مقداری مقاومت اهمی دارند که باعث اتلاف انرژی الکتریکی می شوند هرچه جریان آنها کمتر باشد. انرژی الکتریکی کمتری تلف خواهند کرد لذا جهت انتقال انرژی الکتریکی از ترانس های افزایش ولتاژ استفاده می شود.



۳ - ژنراتور و موتور الکتریکی

ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند و موتور الکتریکی انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند و هر دو دارای یک قسمت ساکن به نام استاتور و یک قسمت متحرک و چرخان به نام رتور می باشند. استاتور می تواند یک آهنربای دائم باشد و یا از یک سیم پیچ تحریک استفاده شود. وظیفه استاتور ایجاد یک میدان مغناطیسی در فاصله هوایی موتور یا ژنراتور است.

اساس کار موتور الکتریکی

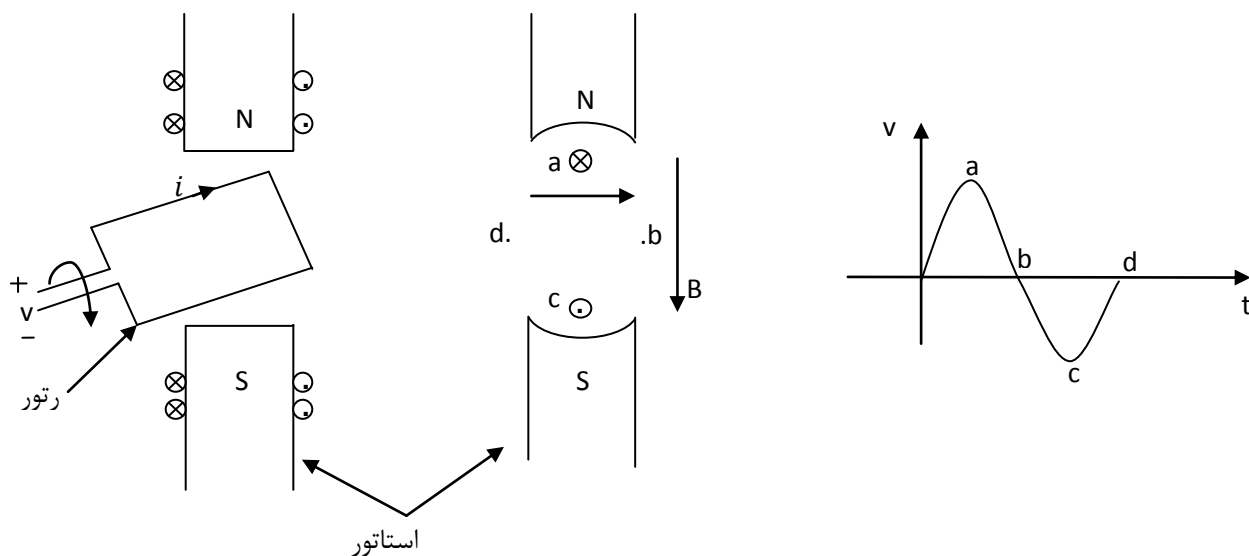
$$F = i l \times B = ilB \sin \theta \quad (\text{نیروی محرکه مغناطیسی})$$

اساس عملکرد ژنراتور

$$V = l(u \times B) = l u B \sin \theta \quad (\text{نیروی محرکه الکتریکی})$$

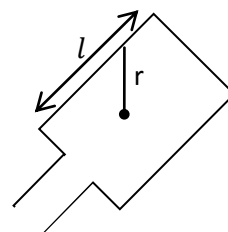
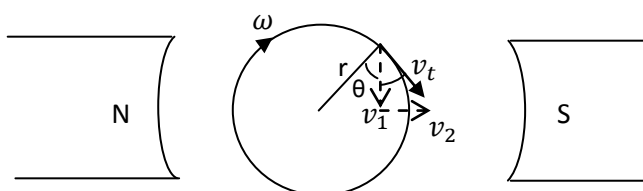
$\underline{u}$ سرعت هادی ، L طول هادی ، B میدان مغناطیسی ثابت ، V ولتاژ القا شده در هادی.

در ژنراتورها عمل چرخش رتور توسط توربین های مختلف آبی ، بادی و بخار انجام می پذیرد.



مسأله: اگر روتور یک ژنراتور با فرکانس ۱۰ دور بر ثانیه بچرخد و از یک سیم پیچ با ۱۰۰ دور و طول ۰٫۵ m تشکیل شده باشد دامنه ولتاژ القایی دوسرسیم پیچ روتور با فرض اینکه شعاع سیم پیچ ۰٫۲۵m باشد چقدر است؟

$$B = 10 \text{ mw/m}^2 \text{ یا مماس } v_t = r\omega$$



v_2 موازی با شار است و ولتاژی القا نمی کند.

v_1 عمود بر شار است و عامل ولتاژ القایی.

چون سیم پیچ از N دور و هر سیم پیچ دوطرف دارد لذا:

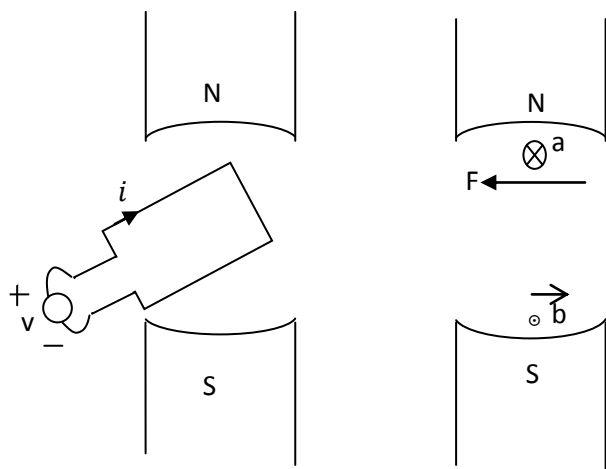
$$v = 2Nlv_1B \rightarrow v = 2Nlr\omega B$$

$$v = 2 \times 100 \times 0.5 \times 0.25 \times 2\pi \times 10 \times 10 = 150 \text{ v}$$

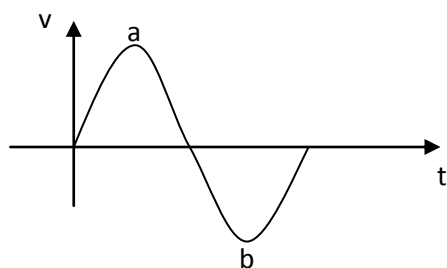
موتور ac

اعمال یک ولتاژ متغیر به سیم پیچ روتور

$$F = i l \times B = ilB \sin \theta$$

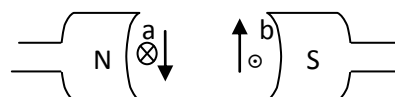
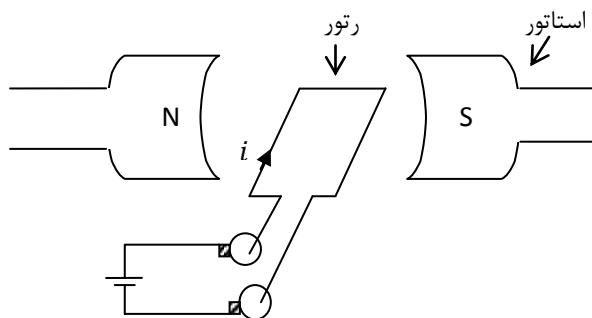


وقتی سیم پیچ در محل **ab** قرار گرفته باشد بیشترین نیروی محرکه مغناطیسی به آن اعمال می گردد و موجب حرکت چرخشی روتور می شود. اما چون جریان و ولتاژ اعمالی به سیم پیچ سینوسی تغییر می کند موجب حرکت دائم روتور می گردد. وقتی جای نقطه **a** و **b** عوض می شود همزمان جریان نیز تغییر جهت داده و همچنان همان گشتاور قبلی به روتور اعمال شده و به حرکت خود ادامه می دهد.



موتور الکتریکی dc

$$F = i l \times B$$



در نقطه **a** جهت جریان به سمت داخل صفحه لذا نیرو به سمت پایین به سیم پیچ اعمال شده و در نقطه **b** نیز نیرو به سمت بالا لذا گشتاور تولیدی موجب چرخش روتور می گردد. اما با چرخش ۱۸۰ درجه ای سیم پیچ جهت جریان در نقطه **b** به سمت داخل و در نقطه **a** به سمت خارج خواهد بود و لذا نیروی محرکه مغناطیسی تغییر جهت خواهد داد و موجب توقف روتور می گردد.

لذا لازم است وقتی روتور نیم دور می زند جهت جریان را عوض کنیم اینکار با استفاده از کموتاتور انجام می گردد. انکار باعث می شود جریان همیشه در نقطه **a** به سمت داخل و در نقطه **b** به سمت خارج صفحه باشد و گردش روتور را تضمین کند.

کموتاتور؟؟؟؟؟

فصل چهارم : معرفی گرایش مخابرات

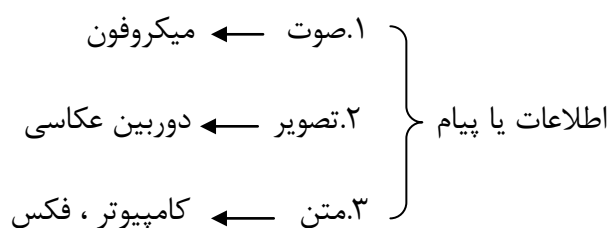
با توجه به نقش روزافزون ارتباطات و انتقال اطلاعات در زندگی بشری و نیز تنوع صنایع مخابراتی در داخل کشور، تربیت کارشناسانی متخصص در زمینه‌های شناخت نحوه عملکرد و چگونگی نگهداری و بهره‌برداری، تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم‌های مخابراتی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در مجموعه کارشناسی مخابرات تحت عناوینی همچون سیستم‌های مخابراتی، پردازش سیگنال، آنتن، میدانها و امواج، انتشار امواج، خطوط انتقال، مایکروویو، سوئیچینگ الکترونیک، سیستم‌های تلویزیون، مخابرات نوری، شبکه‌های مخابرات کامپیوتری، رادار و مخابرات ماهواره‌ای، دانشجویان مسائل و فنون انتقال اطلاعات در سیستم‌های رادیویی، کابلها و فضا را مورد مطالعه قرار داده و علاوه بر آن درباره قطعات، مدارها و سیستم‌های مختلفی که در مخابرات به کار برده می‌شود آموزش می‌بینند.

در حال حاضر در گروه مخابرات در زمینه‌های زیر فعالیت‌های آموزشی تحقیقاتی صورت می‌گیرد :

- سیستم‌های مخابرات بی‌سیم و سیار
- شبکه‌های مخابرات نوری و سیستم‌های دسترسی چند راهه
- مدارها و سیستم‌های مخابراتی مایکروویو و امواج میلیمتری
- پردازش سیگنال‌های دیجیتال (صوت و تصویر)
- رمز نگاری و امنیت شبکه‌های مخابراتی
- شبکه مخابرات داده‌ها و مخابرات پهن باند
- سیستم‌های رادار و مراقبت الکترونیک
- انتشار امواج رادیویی و الکترومغناطیس محاسباتی

مخابرات به معنی ارسال و انتقال اطلاعات یا پیام از مبدا به یک یا چند مقصد دور است.

پیام توسط مبدل‌ها به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شوند.



پیام در مخابرات یا به صورت سیگنال‌های الکتریکی و از طریق سیستم (مثال: تلگراف و تلفن) ارسال میگردد یا سیگنال‌های الکتریکی به امواج الکترومغناطیسی (مثال: رادیو، تلویزیون، موبایل و ماهواره) تبدیل شده و از طریق فیبر نوری، هوا و فضا ارسال می‌شود.

تلگراف:

اولین سیستم انتقال پیام به صورت الکتریکی می باشد. مورس در سال ۱۸۴۴ تلگراف را اختراع کرد. انتقال پیام به وسیله سیستمی مبتنی بر کدهای نقطه و خط انجام گرفت و در واقع اولین سیستم مخابراتی (تلگراف) یک سیستم مخابرات دیجیتال باینری (دوتایی) بود.

کدهای مورس

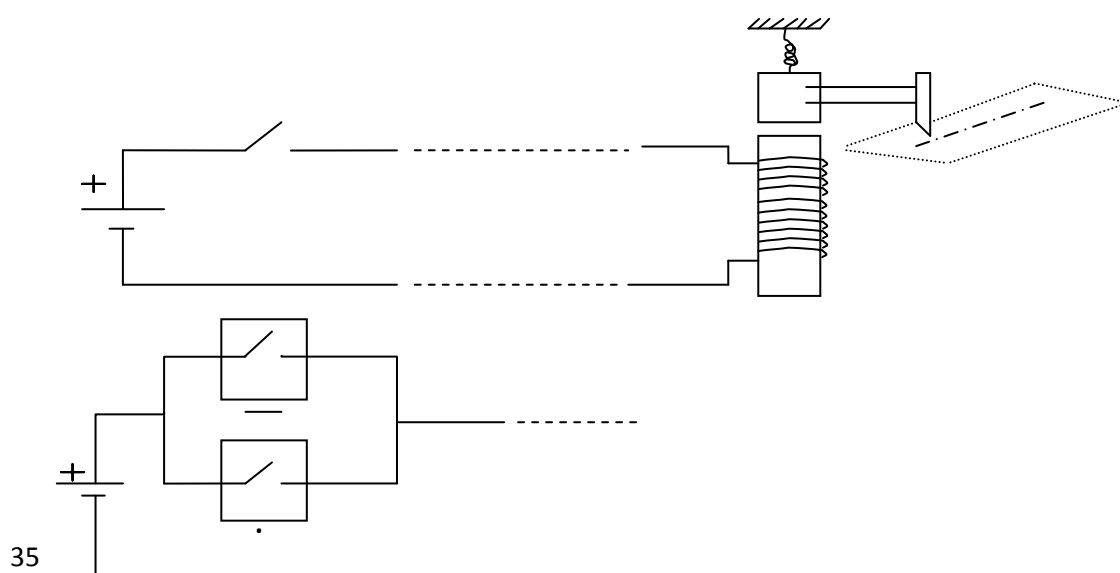
A . _ _	1 . _ _ _ _
B _ _ . . .	2 . . _ _ _
C _ _ . _ _ .	3 . . . _ _
D _ _ . .	4 _
E .	5

تلگراف شامل یک فرستنده، گیرنده، سیم تلگراف و باتری بود.

فرستنده یک کلید بود که جریان برق را در تلگراف قطع و وصل میکرد.

گیرنده یک آهنربای برقی بود که توانایی جذب جوشن متحرک را داشت.

اگر به وسیله کلید مدار برق را ببندیم، جریان برقرار و آهنربا ایجاد می شود و جوشن را به سمت خود می کشد و از برخورد آن صدای تق شنیده می شود. اگر مدت زمان نگه داشتن کلید کوتاه و سریع باشد یعنی نقطه (.) ارسال شده و اگر نگهداشتن کلید طولانی تر شود یعنی خط (-) ارسال شده است. با اضافه کردن یک مداد و کاغذ در سمت جوشن می توان نقطه و خط را روی کاغذ ایجاد کرد.



تلفن:

مخابرات آنالوگ با ابداع اولین تلفن توسط گراهام بل در سال ۱۸۷۶ شروع شد. کلمه تلفن ترکیبی از دو کلمه Tele (دور) و phone (صدا) می باشد.

ارتباط تلفنی به معنای مکالمه توسط سیم است. اولین ارتباط تلفنی بین دو شهر نیویورک و بوستون در سال ۱۸۸۴ به طور دستی و توسط تلفن چی برقرار می شد. در سال ۱۸۹۱ یک سلکتور دو حرکتی ابداع شد که مبنای تلفن خودکار به شمار می رفت.

در سال ۱۹۹۱ کلید متقاطع ساخته شد. در سال ۱۹۳۸ سیستم سوئیچینگ الکترومکانیکی به پیشرفت تلفن کمک زیادی کرد.

با اختراع ترانزیستور در سال ۱۹۴۷ سیستم های سوئیچینگ الکترونیکی که بسیار سریعتر، کم حجم تر و اقتصادی تر بودند جای سیستم های قدیمی را گرفتند.

میکروفن و بلندگو: } پهنای باند
خطی

میکروفن پیام های صوتی یا سیگنال های مکانیکی را به سیگنال های الکتریکی تبدیل میکند.

• میکروفن ذغالی (کربنی)

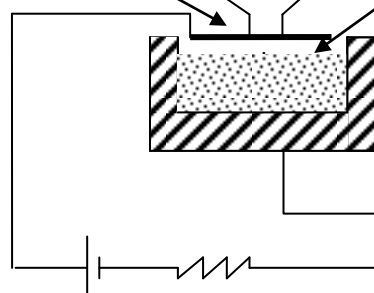
با ارتعاش صفحه آهنی ذرات ذغال فشرده شده و مقدار مقاومت میکروفن تغییر کرده و موجب ایجاد یک جریان متغیر و سیگنال الکتریکی متناسب با صوت میگردد.

$$V = R I$$

ثابت ←
متغیر ←
متغیر (سیگنال الکتریکی) ←

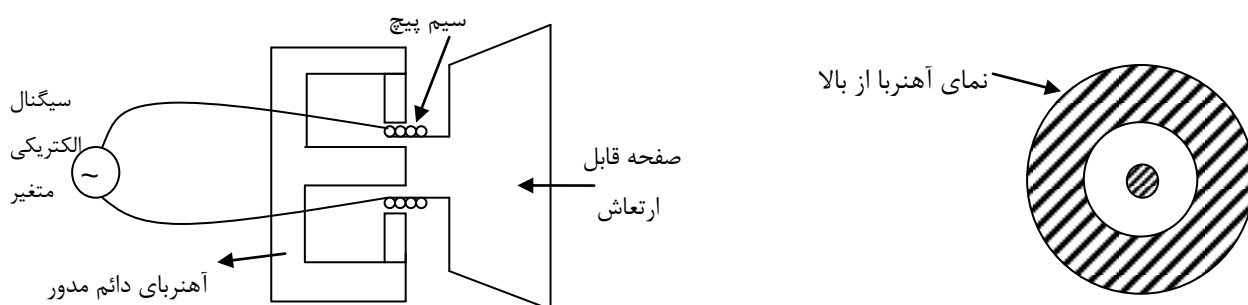
ذرات ذغال

پرده آهنی نازک قابل ارتعاش

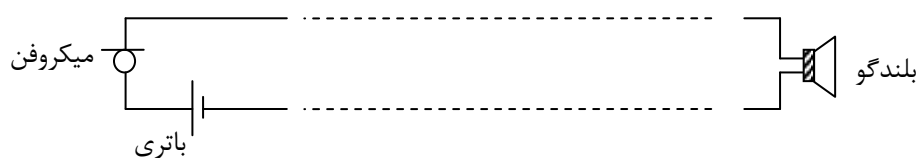


• بلندگو - مغناطیسی پیچک متحرک

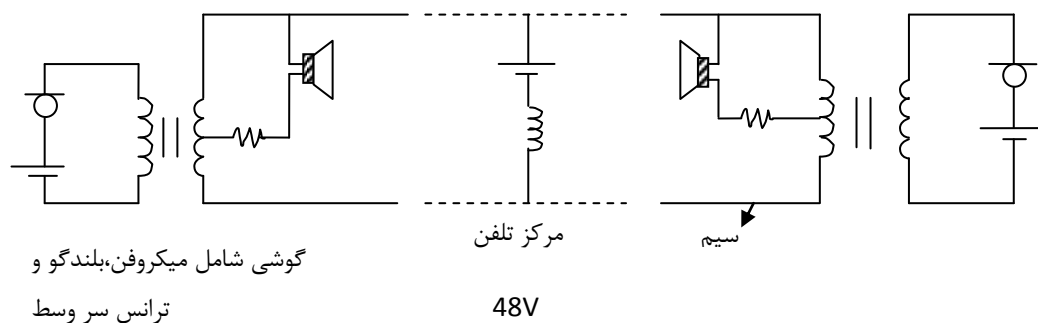
سیگنال های الکتریکی را به سیگنال مکانیکی تبدیل میکند.



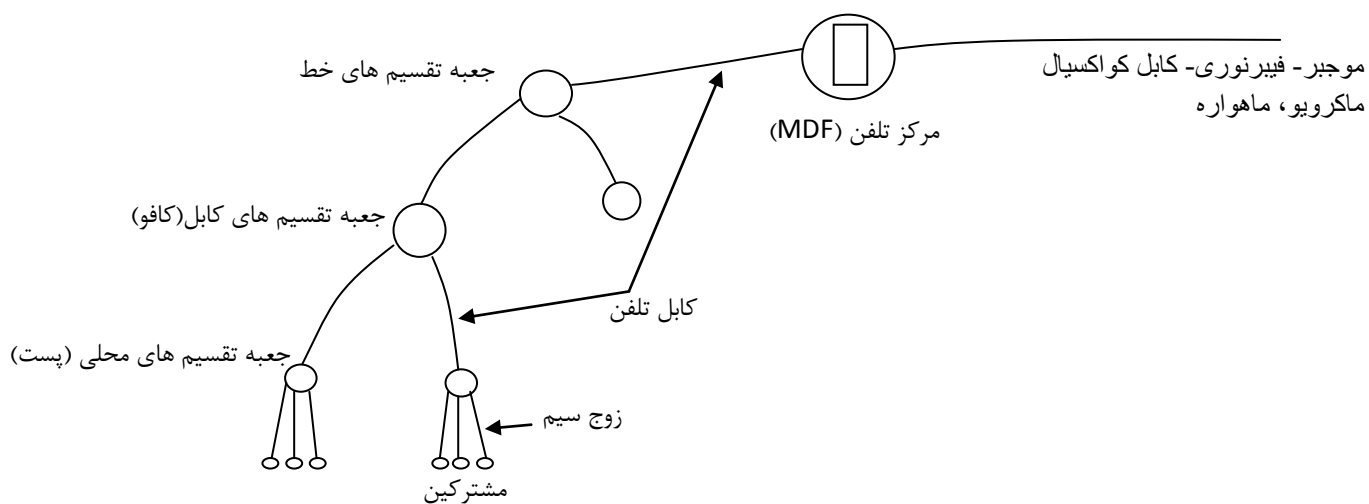
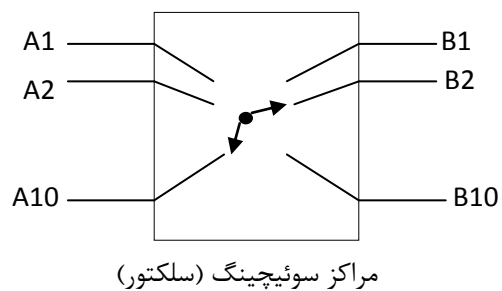
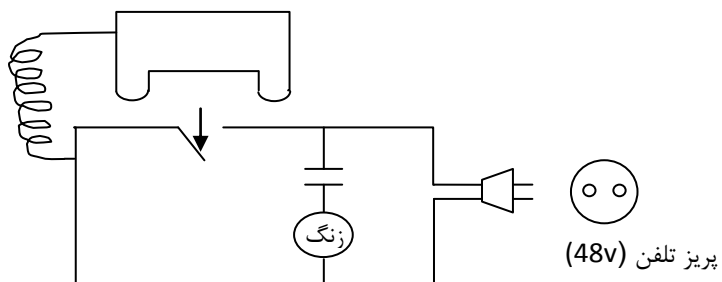
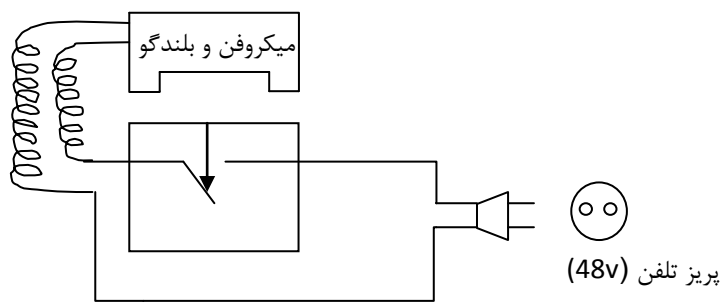
مدار تلفن ساده - مدار مکالمه یک طرفه:



اشکالات اساسی } ۴ تا سیم
با افزایش طول سیم ها سیگنال میکروفن بسیار ضعیف میشود.



باتری از دو طرف حذف می شود و از وسط در مرکز تلفن اضافه شد.



مخابرات رادیویی (بیسیم)

پایه مخابرات بیسیم بر مبنای تحقیقات ارستد، فارادی، ماکسول و هرتز قرار دارد.

در سال ۱۸۲۰ ارستد نشان داد که جریان الکتریکی می تواند تولید میدان مغناطیسی کند.

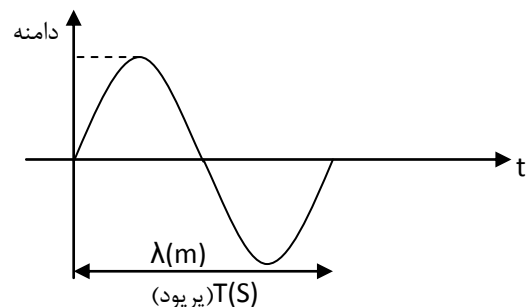
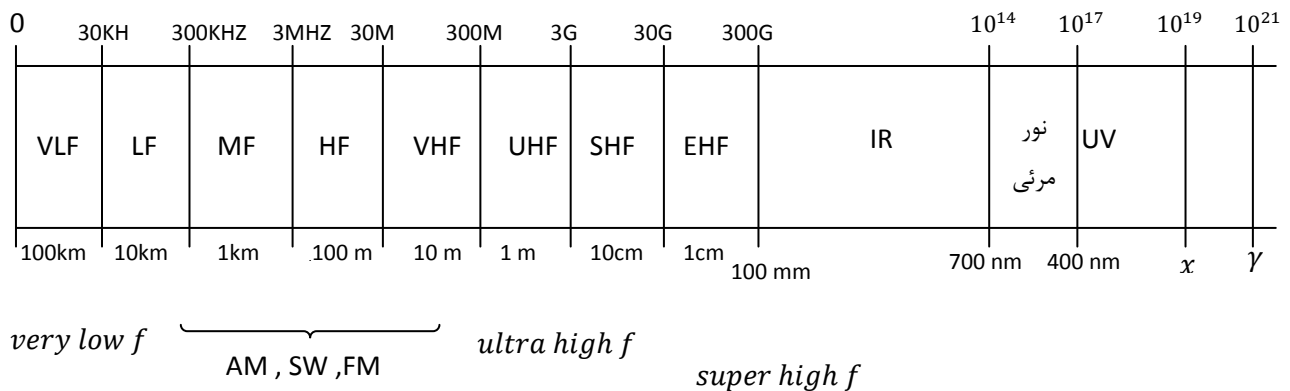
فارادی در سال ۱۸۳۱ نشان داد که با حرکت میدان مغناطیسی میتوان جریان الکتریکی القا کرد.

ماکسول در سال ۱۸۶۴ امکان انتشار امواج الکترومغناطیسی را پیش بینی کرد و قوانین آن را مدون کرد.

هرتز در سال ۱۸۸۷ پیش بینی ماکسول را آزمایش کرد.

پوپف در سال ۱۸۹۶ یک تلگراف بیسیم ساخت.

طیف امواج الکترومغناطیس



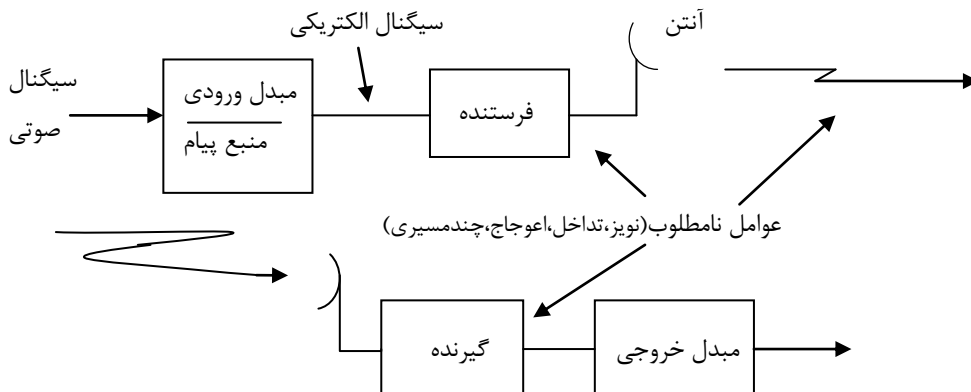
$$s(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\lambda = C \times T$$

طول موج (فاصله ای که یک دوره تناوب از موج طی می کند) سرعت نور $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ پریود زمانی

ساختار یک سیستم مخابراتی



- مبدل ورودی ، پیام را به شکل مناسبی از سیگنال الکتریکی تبدیل می کند.

- فرستنده ، وظیفه تبدیل سیگنال الکتریکی به فرمی که جهت انتقال روی کانال مناسب باشد را دارد.

معمولا فرستنده های مخابراتی عملیات خود را به کمک فرآیندی به نام مدولاسیون انجام می دهند.

مدولاسیون به زبان ساده ضرب کردن (سوار کردن) سیگنال های الکتریکی پیام با یک سیگنال به نام حامل که جهت انتقال از کانال مناسب تر است می باشد. فرکانس سیگنال حامل بسیار بیشتر از فرکانس سیگنال الکتریکی پیام یا سیگنال باند پایه است.

- | | | |
|--|---|------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> ۱. نیاز به توان کمتری برای ارسال داریم. ۲. تعداد کانال های بیشتری جهت ارسال داریم (پهنای باند) ۳. از آنتن های کوچکتر و متنوع تری میتوان استفاده کرد. ۴. نویز سیستم کمتر می شود. | } | مزایای مدولاسیون |
|--|---|------------------|

از وظایف دیگر فرستنده فیلتر کردن و تقویت سیگنال است.

آنتن: وظیفه تبدیل سیگنال الکتریکی خروجی فرستنده به امواج الکترومغناطیس را دارد.

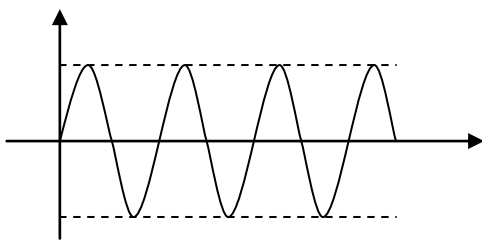
انواع مدولاسیون آنالوگ:

<i>Amplitude Modulation</i>	<i>AM</i>	}
<i>Frequency Modulation</i>	<i>FM</i>	

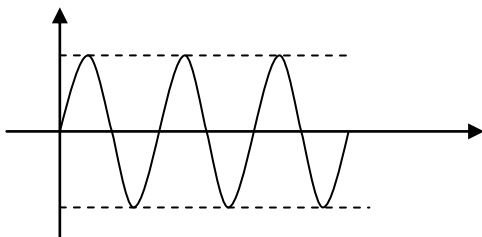
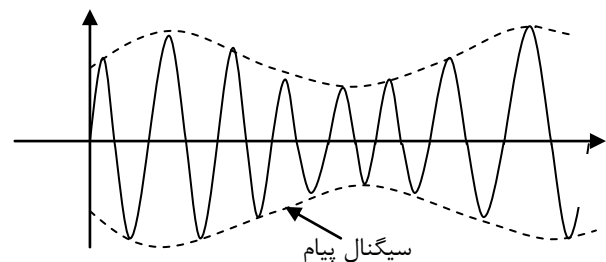
$$\begin{cases} s(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \\ \text{پیام} = f(t) \end{cases} \rightarrow s_m(t) = A f(t) \sin(\omega t + \varphi)$$

AM: دامنه سیگنال حامل متناسب با سیگنال پیام تغییر خواهد کرد.

FM: فرکانس سیگنال حامل متناسب با سیگنال پیام تغییر خواهد کرد.



AM



FM

تداخل ← اثر کانال های مجاور که فرکانس نزدیک به فرکانس سیگنال الکتریکی پیام دارند و موجب شنیدن صدای کانال های دیگر میشود.

اعوجاج ← طراحی نامناسب مدارهای فرستنده و گیرنده که موجب تغییر شکل سیگنال الکتریکی پیام میشود.

چند مسیری ← حاصل برخورد امواج مغناطیسی حامل پیام به موانع مختلف از جمله ساختمان ها و انعکاس آن روی گیرنده را گویند.

نویز ← سیگنال های الکتریکی مزاحم که از سایر سیستم های الکترونیکی و مخابراتی ارسال می گردد و سیگنال الکتریکی مطلوب را تحت تاثیر قرار می دهد.

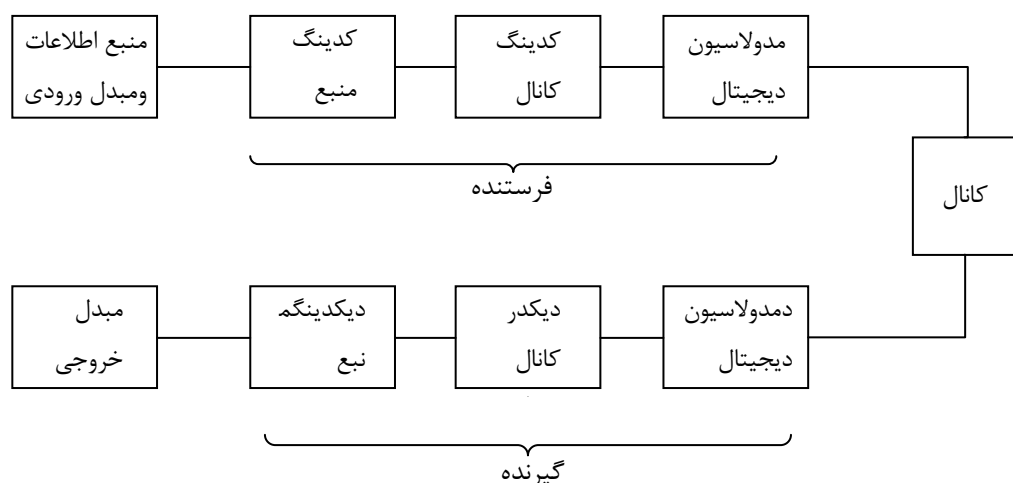
کانال ← کانال مخابراتی محیط فیزیکی است که برای انتقال سیگنال از فرستنده به گیرنده مورد استفاده قرار می گیرد و در مخابرات بیسیم کانال فضای آزاد است و در سایر زیر سیستم ها می تواند کابل کواکسیال، فیبر نوری و ... به عنوان کانال مورد استفاده قرار گیرد.

از معایب کانال تضعیف سیگنال، ایجاد نویز، تداخل و چند مسیری است.

سیم مسی و کابل کواکسیال پرکاربردترین کانال ها جهت انتقال صوت و تصویر بوسیله تلفن و تلویزیون می باشد.

گیرنده ← وظیفه گیرنده بازیابی و آشکارسازی سیگنال پیام از سیگنال ارسالی است و در گیرنده عکس عمل مدولاسیون صورت می گیرد و به آن دمدولاسیون گویند.

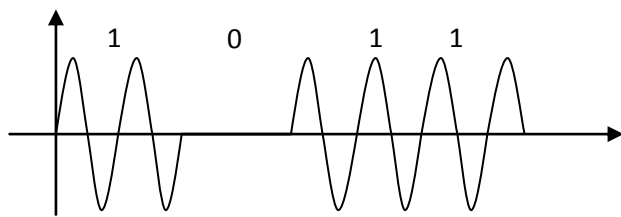
سیستم مخابراتی دیجیتال



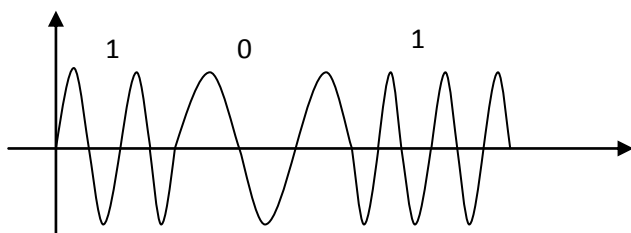
- کدینگ منبع : وظیفه دارد منبع پیام را به رشته های مناسبی از ۰ و ۱ تبدیل کند.

- کدینگ کانال : وظیفه دارد دیتای دیجیتالی را طوری کد کند که در مقابل اثرات مخرب کانال مقاوم باشد. در این فرآیند رشته خروجی کد کننده کانال بیشتر از طول ورودی است و این بهایی است که جهت مقابله به اثرات نامطلوب کانال باید پرداخت گردد.

- مدولاتور دیجیتال نیز رشته بیت های ۰ و ۱ را به فرم سیگنال های قابل ارسال روی کانال مدوله می کند.مانند FSK,ASK



ASK (Amplitude Shift Keying)



FSK (Frequency Shift Keying)

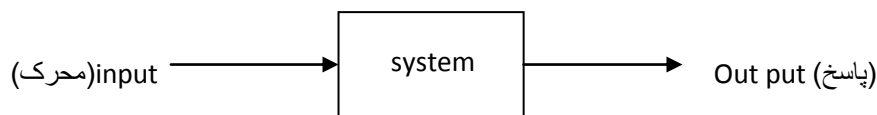
فصل پنجم : آشنایی با گرایش کنترل

در سیستمهای پویا نظیر سیستمهای الکتریکی، مکانیکی و بیولوژیکی که متغیر با زمان بوده و اغتشاشات متعددی نیز بر آنها اثر می‌کنند، مسئله کنترل خودکار و تغییر رفتار سیستم برای نزدیک کردن پاسخهای آنها به مقادیر مطلوب مورد نظر می‌باشد. هدف از گرایش کنترل در دانشکده مهندسی برق، آشنایی دانشجویان با چگونگی تحلیل و مدلسازی سیستمهای پویا و معرفی اصول طراحی و نحوه استفاده از سیستمهای کنترل خودکار برای بهبود رفتار این گونه سیستمها می‌باشد. به علاوه، باتوجه به قابلیتهای

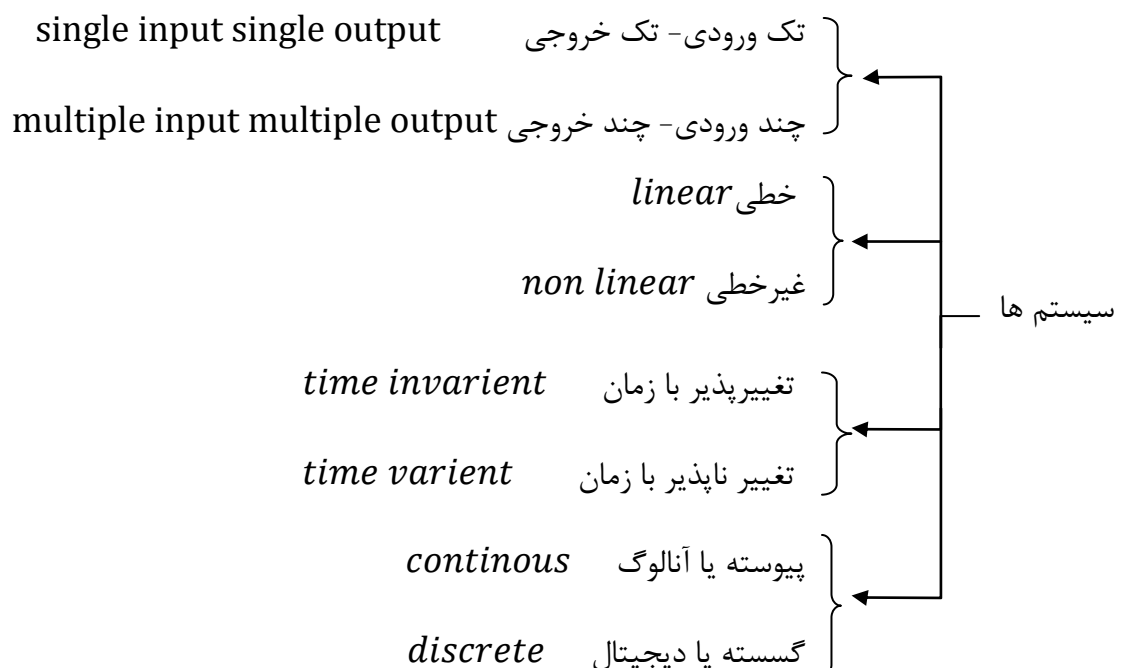
نوینی که در طی دهه‌های اخیر در پردازش اطلاعات توسط کامپیوتر به وجود آمده است، کاربرد کامپیوتر در شبیه‌سازی رفتار سیستمهای پویا قسمتی از برنامه آموزشی مجموعه کنترل را تشکیل می‌دهد. کاربرد سیستمهای مختلف کنترل در کارخانه‌ها و مراکز صنعتی و واحدهای خدماتی، نیروگاهها، سیستمهای هوا - فضایی، مهندسی پزشکی و حتی اقتصاد و مدیریت صنعتی، بخشی از کاربردهای متنوع مجموعه کنترل در صنایع مختلف است.

اولین مفهوم در مهندسی کنترل، مفهوم سیستم است.

سیستم : مجموعه ای از اجزا که هدف خاصی را تعقیب می‌کنند و شامل ورودی و خروجی می‌باشد.



ورودی : عوامل مؤثر محیط روی سیستم ، خروجی : عوامل مؤثر سیستم روی محیط پیرامون

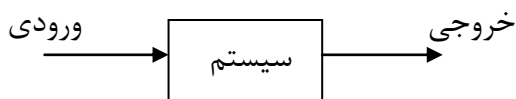


سیستم کنترل : سیستمی که با کنترل مناسب ورودی، خروجی موردنظر و مطلوب را ایجاد می کند .

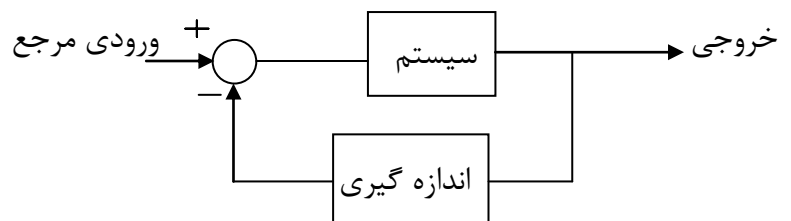
سیستم کنترل $\left\{ \begin{array}{l} \text{حلقه باز } open\ loop\ control\ system - \text{دستی} \\ \text{حلقه بسته } close\ loop\ control\ system - \text{اتوماتیک} \end{array} \right.$

در سیستمی که تغییرات ورودی صرفاً بر اساس اطلاع از مدل سیستم و تجربه صورت می گیرد، سیستم کنترل حلقه باز گویند. اما در سیستم کنترل حلقه بسته خروجی واقعی پروسه، اندازه گیری شده و با مقدار مطلوب مقایسه می شود.

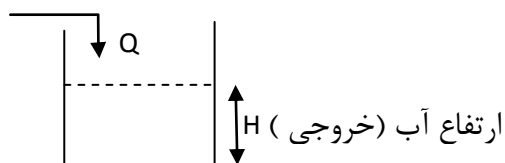
سیستم حلقه باز



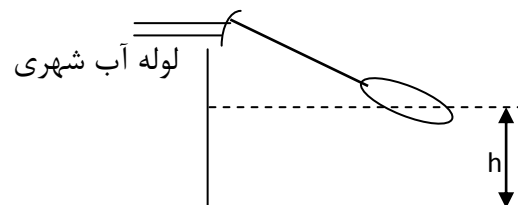
سیستم حلقه بسته



کولرهای آبی دستی

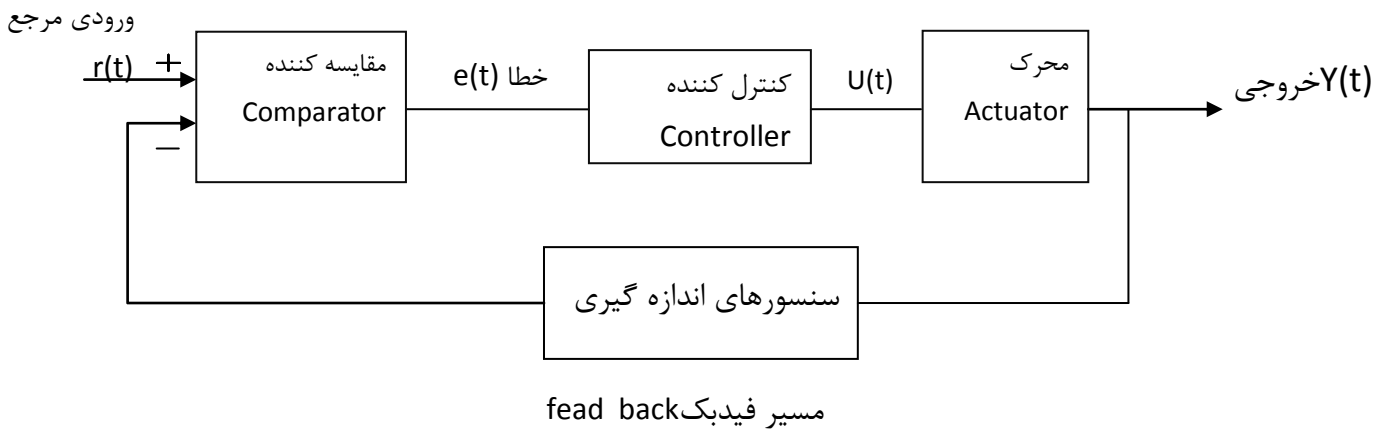


کولرهای آبی دارای شناور

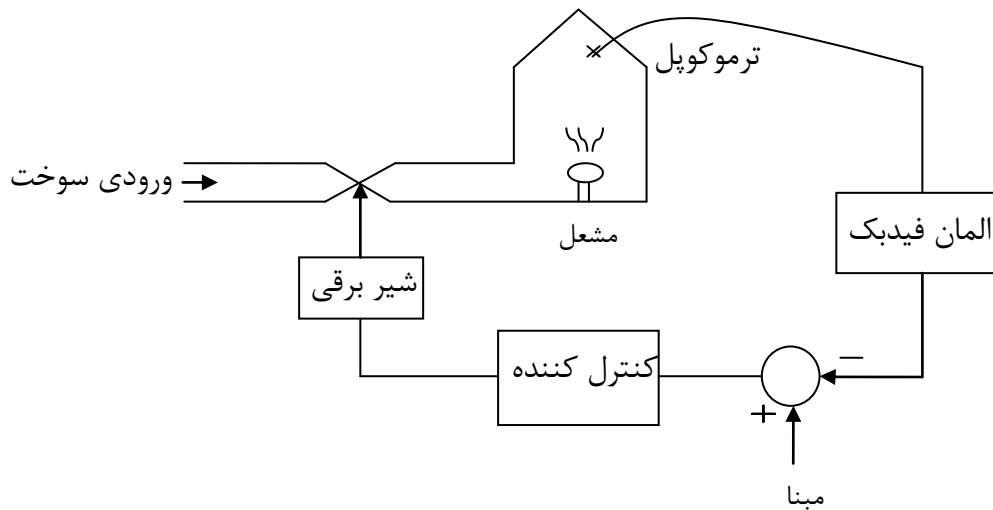


مثلاً بطور تجربی ، کسی که از یک کولر آبی دستی استفاده می کند می داند هر دو ساعت یک بار این کولر ۱۰ لیتر آب نیاز دارد و با پارچ یا گالن به آن آب اضافه می کند.

سیستم کنترلی حلقه بسته:



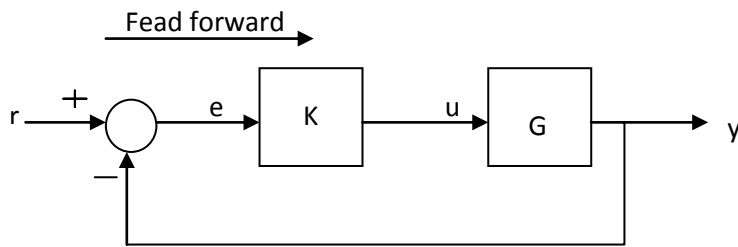
مثال: کنترل دمای کوره



مزایای فیدبک در سیستم کنترلی حلقه بسته :

- کاهش حساسیت نسبت به تغییر پارامترها
- کاهش اثر نویز و اغتشاش
- از بین بردن خطای ماندگار
- افزایش پایداری

رابطه ورودی و خروجی در یک سیستم کنترلی ساده :

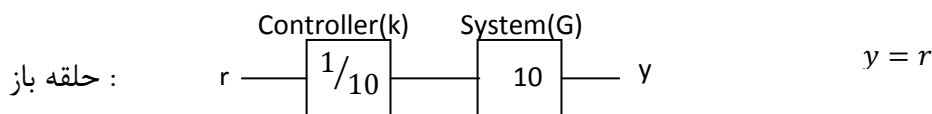


خروجی تابع G از u ورودی است جهت ساده سازی فرض میکنیم G و K اعداد ثابت باشند.

$$\begin{cases} e = r - y \\ y = G u \\ u = K e \end{cases} \quad y = G K e \rightarrow y = G K (r - y) \rightarrow y = \frac{G K}{1 + G K} r$$

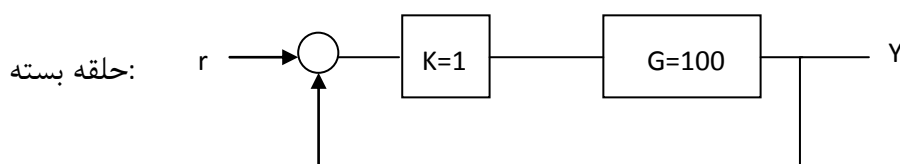
$G K$ بهره مسیر پیشرو است.

- یکی از مزایای فیدبک در حلقه بسته، عدم حساسیت به تغییر پارامترهای سیستم است.



در صورتیکه پارامترهای سیستم مثلاً ۲۰٪ تغییر کند خروجی نیز به همان نسبت تغییر خواهد کرد.

$$y = G K r = 80\% r$$

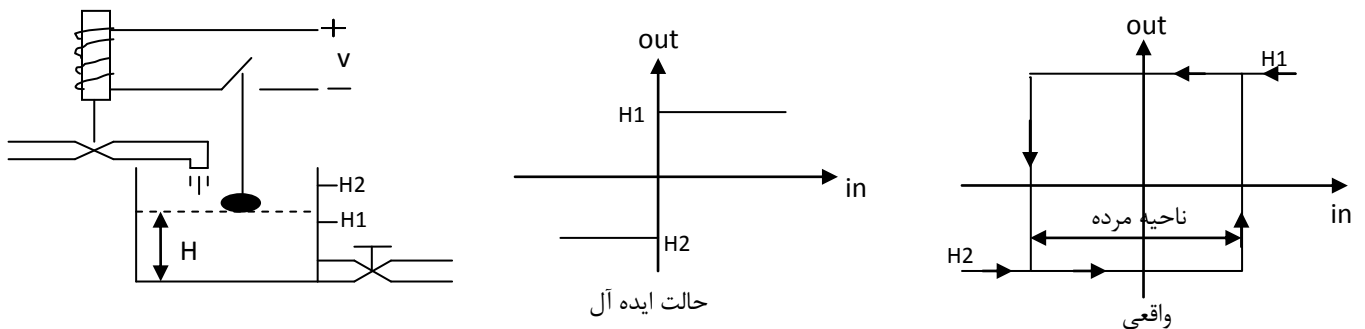


$$y = \frac{G K}{1 + G K} r = \frac{100}{101} r \quad y = \frac{20\% G K}{1 + 20\% G K} r = \frac{80}{81} r$$

همان طور که مشخص است تغییرات روی خروجی در حلقه بسته بسیار ناچیز است.

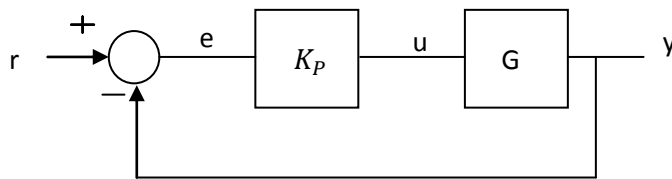
انواع کنترل کننده ها:

(۱) کنترل کننده دو وضعیتی (on-off)



افزایش ناحیه مرده ← دقت ↓ طول عمر ↑

(۲) کنترل کننده تناسبی (p) – Proportional controller

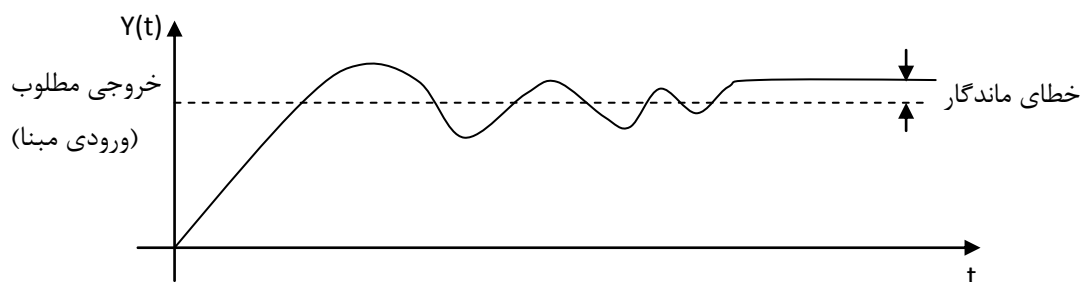


$u = K_p e$ K به صورت مضربی از خطا در سیستم اعمال می شود.

$$\begin{cases} r = 5 \\ K = 1 \\ G = 9 \end{cases} \quad y = \frac{K_p G}{1 + K_p G} r = \frac{9}{10} \times 5 = 4.5$$

$$y = \frac{18}{19} \times 5 = 4.74 \quad \leftarrow \text{با افزایش } K (K=2)$$

با افزایش K مقدار خطای سیستم کاهش می یابد اما بدلیل محدودیت های یک سیستم کنترلی ، بهره را نمی توان از مقدار معینی افزایش داد لذا همیشه یک مقدار خطای ماندگار وجود خواهد داشت.



۳) کنترل کننده انتگرالی (I) - Integral controller

جهت کاهش خطای ماندگار از این کنترل کننده استفاده می گردد.

$$u(t) = K_I \int_0^t e(t) dt$$

۴) کنترل کننده مشتق گیر (D) - Derivative controller

کنترل کننده مشتق گیر جهت افزایش پاسخ زمانی سیستم به خطا طراحی می گردد و باعث

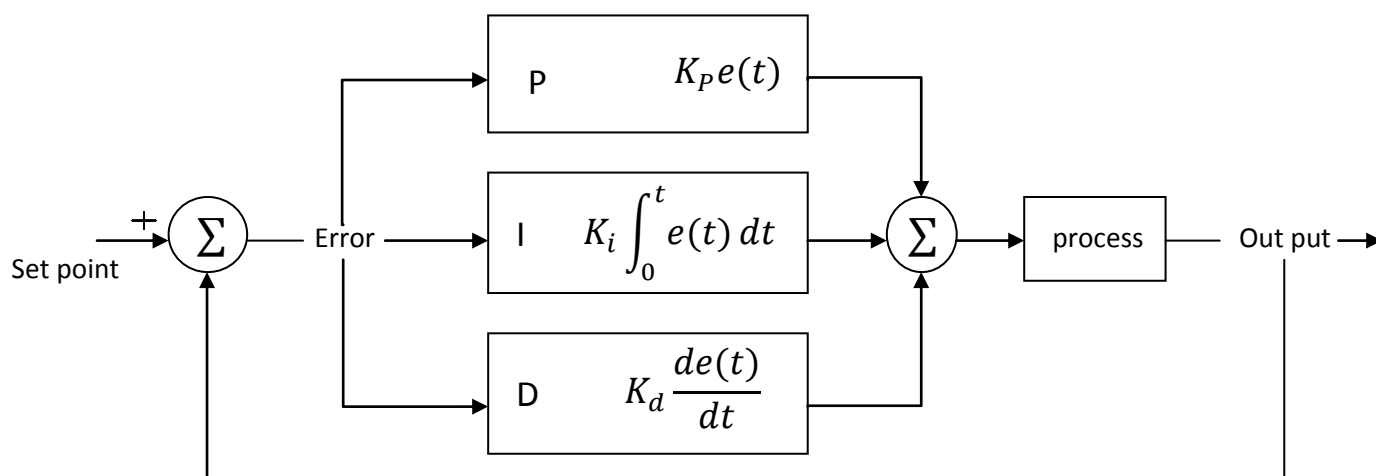
$$u(t) = K_D \frac{de(t)}{dt}$$

پایداری سیستم نیز می شود .

- دو سیستم فوق به تنهایی مورد استفاده قرار نمی گیرند.

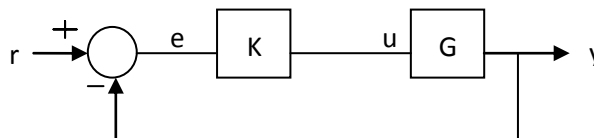
۵) کنترل کننده تناسبی ، انتگرالی ، مشتق گیر (PID)

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$



- کاهش خطای یک سیستم کنترلی حلقه بسته

$$\begin{cases} y = \frac{G K}{1 + G K} r \\ y = G K e \end{cases}$$



$$e = \frac{1}{1 + G K} r$$

از معادله روبرو خطای سیستم بدست می آید.

مثال) اگر مقدار $G=10$ باشد مقدار K را به گونه ای انتخاب کنید که خطای سیستم کمتر از 0.02 ورودی باشد. خروجی مطلوب با کمتر از 2% خطا ورودی را دنبال کند.

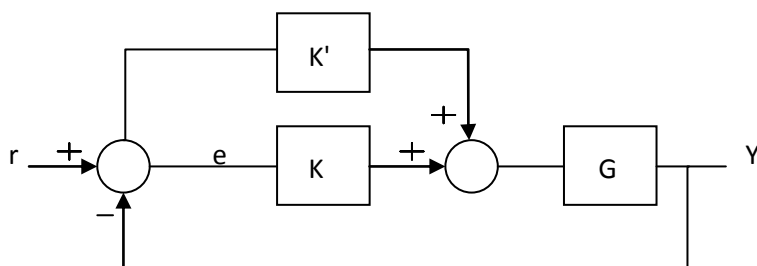
$$e = \frac{1}{1 + G K} r$$

$$e < 2\% r \rightarrow \frac{1}{1 + G K} < 2\% \rightarrow \frac{1}{1 + G K} - \frac{2}{100} < 0$$

$$\frac{100 - 2(1 + G K)}{100(1 + G K)} < 0 \rightarrow 100 - 2 - 2GK < 0$$

$$98 < 2GK \rightarrow 98 < 20K \rightarrow K > \boxed{\frac{98}{20}} > 4.9$$

هر چقدر K بزرگ باشد مقدار خطای سیستم کاهش می یابد اما مقدار K را از حد معینی نمی توان زیاد کرد زیرا یا سیستم ناپایدار می شود و یا محدودیت های فیزیکی سیستم و محیط به ما این اجازه را نمی دهد لذا یک مسیر به سیستم کنترلی به نام مسیر فیدفوروارد (feed forward) اضافه می کنیم.



$$e = r - y$$

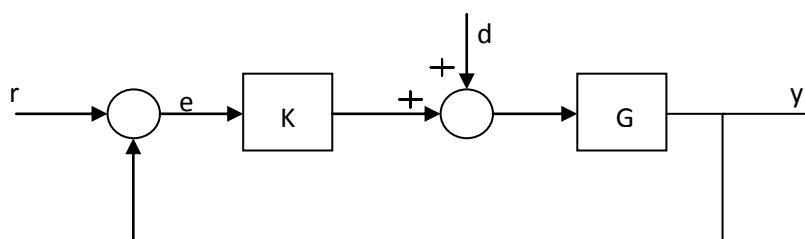
$$y = (K' r + K e) G = G K' r + G K e$$

$$y = G K' r + G K (r - y) = G K' r + G K r + G K y$$

$$y(1 + G K) = (G K' + G K)r$$

$$y = \underbrace{\frac{G K' + G K}{1 + G K}}_{=1} r \xrightarrow[y=0]{y=r} G K' + G K = 1 + G K \rightarrow G K' = 1 \rightarrow \boxed{K' = \frac{1}{G}}$$

- اثر نویز و اغتشاش بر سیستم های کنترلی حلقه بسته



$$y = \frac{G K}{1 + G K} r + \frac{G}{1 + G K} d$$

اثبات کنید :

ضمیمه ۱ :

لیست کلیه دروس

دروس عمومی 20 واحد:

واحد	همنیاز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
1			تربیت بدنی ۱	001-30
1			تربیت بدنی ۲	002-30
2			زبان خارجی مقدماتی	122-31
1			متمم زبان	124-31
2			اخلاق اسلامی ۱	123-37
2			معارف اسلامی ۱	443-37
2			معارف اسلامی ۲	444-37
2			قرائت متون اسلامی	488-37
2			تاریخ اسلام	612-37
2			انقلاب اسلامی و ریشه های آن	624-37
3			ادبیات فارسی	991-37

دروس پایه الزامی ۲۸ واحد:

واحد	همنیاز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
4			ریاضی عمومی ۱	015-22
4		015-22	ریاضی عمومی ۲	016-22
3	016-22		معادلات دیفرانسیل	034-22
3		015-22	برنامه سازی کامپیوتر	151-40
2		151-40 015-22	محاسبات عددی	071-22
3	024-25 042-25		آمار و احتمال مهندسی	114-25
3			فیزیک ۱	011-24

001-24	آز فیزیک ۱		011-24	1
012-24	فیزیک ۲	011-24		3
002-24	آز فیزیک ۲		012-24	1
018-33	کارگاه عمومی			1

دروس اصلی ۵۷ واحد:

واحد	همنیاز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
3		034-22	ریاضی مهندسی	027-25
1			مقدمه ای بر مهندسی برق	014-25
1		018-33	کارگاه برق	014-33
2		122-31	زبان تخصصی برق	026-25 یا 114-31
3	034-22	016-22 012-24	مدارهای الکتریکی ۱	024-25
3		024-25	مدارهای الکتریکی ۲	025-25
3	025-25		اندازه گیری الکتریکی	013-25
1	013-25		آز مدار و اندازه گیری	008-25
3		024-25	الکترونیک ۱	031-25
1	031-25	008-25	آز الکترونیک ۱	002-25
3		031-25	الکترونیک ۲	032-25
1		002-25 032-25	آز الکترونیک ۲	203-25
3		016-22 012-24	الکترومغناطیس	042-25
4	025-25		اخبار و سیستم ها	051-25
3	025-25	042-25	ماشین های الکتریکی ۱	061-25
3		061-25	ماشین های الکتریکی ۲	062-25
1	063-25	008-25	آز ماشین های الکتریکی ۱	003-25
3		051-25 114-25	مخابرات ۱	111-25

311-25	بررسی سیستم های قدرت ۱	061-25		3
411-25	کنترل سیستم های خطی	051-25		3
521-25	مدارهای منطقی	151-40	031-25	3
502-25	آز مدارهای منطقی	521-25	002-25	1
311-35	نقشه کشی صنعتی ۱			2
532-25	ساختار و زیان ماشین	521-25		3
040-25	کارآموزی			0

دروس تخصصی گرایش الکترونیک ۲۷ واحد:

واحد	همنیاز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
3		033-25 111-25	مدارهای مخابراتی	148-25
3	031-25		فیزیک الکترونیک ۱	223-25
3		032-25	تکنیک پالس	211-25
1		203-25 211-25	آز تکنیک پالس	201-25
3		032-25	الکترونیک ۳	033-25
3		032-25	فیلتر و سنتز مدار	212-25
3		032-25 061-25	الکترونیک صنعتی	213-25
3		532-25	ریزپردازنده ۱	543-25
1	543-25	502-25	آز ریزپردازنده ۱ +	504-25
1	148-25		آز مدارهای مخابراتی +	102-25
1		213-25	آز الکترونیک صنعتی +	205-25
1		411-25	آز کنترل +	403-25
3			پروژه الکترونیک*	250-25

حداقل دو درس از این دروس الزامی است.
 + حداقل دو آزمایشگاه از این آزمایشگاهها الزامی است.
 * موافقت استاد و گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد

دروس تخصصی گرایش قدرت ۲۷ واحد:

واحد	همیناز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
3		032-25 061-25	الکترونیک صنعتی	213-25
1	329-25	003-25	آز ماشین های الکتریکی ۲	302-25
3		062-25	ماشین های الکتریکی ۳	329-25
3		311-25	بررسی سیستم های قدرت ۲	333-25
3		333-25	حفاظت و رله ها	318-25
3		532-25	ریزپردازنده ۱	543-25
3		311-25	تاسیسات الکتریکی	314-25
3		062-25	تولید و نیروگاه ها	317-25
3		311-25	عایق ها و فشار قوی	341-25
1		213-25	آز الکترونیک صنعتی +	205-25
1	318-25		آز حفاظت و رله ها +	304-25
1	341-25		آز فشار قوی +	305-25
1	333-25		آز سیستم های قدرت +	308-25
1		411-25	آز کنترل +	403-25
3			پروژه کارشناسی سیستم های قدرت *	350-25

+ حداقل یکی از این آزمایشگاهها الزامی است.
* موافقت استاد و گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد

دروس تخصصی گرایش کنترل ۲۷ واحد:

واحد	همیناز	پیشنیاز	نام درس	شماره درس
3		016-22	آشنایی با جبر خطی	256-25
3		032-25 061-25	الکترونیک صنعتی	213-25
1		213-25	آز الکترونیک صنعتی	205-25
1		411-25	آز کنترل	403-25
3		411-25	کنترل دیجیتال و غیرخطی	415-25

419-25	کنترل صنعتی	411-25		3
431-25	کنترل مدرن	411-25		3
543-25	ریزپردازنده ۱	532-25		3
161-28	ترمودینامیک	034-22 012-24		3
417-25	ابزار دقیق	013-25 032-25		3
404-25	آز ابزار دقیق +		417-25	1
405-25	آز کنترل دیجیتال +		415-25	1
504-25	آز ریزپردازنده ۱ +	502-25	543-25	1
450-25	پروژه کارشناسی سیستم های کنترلی			3

حداقل یکی از این دروس الزامی است.
+ حداقل یکی از این آزمایشگاهها الزامی است.
* موافقت اسناد و گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد

دروس تخصصی گرایش مخابرات ۲۷ واحد:

شماره درس	نام درس	پیشنیاز	همنیاز	واحد
112-25	مخابرات ۲	111-25		3
148-25	مدارهای مخابراتی	033-25 111-25		3
102-25	آز مدارهای مخابراتی +		148-25	1
105-25	آز پردازش سیگنالهای دیجیتال +		155-25	1
106-25	آز مخابرات دیجیتال +	112-25		1
033-25	الکترونیک ۳	032-25		3
141-25	میدان ها و امواج	042-25		3
144-25	آنتن	141-25		3
145-25	مایکروویو ۱	141-25		3
104-25	آز مایکروویو +	145-25		1
212-25	فیلتر و سنتز مدار	032-25		3
155-25	پردازش سیگنالهای دیجیتال ۱	521-25	111-25	3
543-25	ریزپردازنده ۱	532-25		3

3		پروژه مخابرات*	150-25
---	--	----------------	--------

ضمیمه ۲:

تحقیق درس آشنایی

گرایش	ردیف	موضوع	ردیف	گرایش	موضوع
الکترونیک	۱	تلویزیون CRT نمایشگرهای قدیمی	۴۰	تجزیه و تحلیل دقیق	حسگرهای الکتریکی و مکانیکی
	۲	نمایشگرهای پلاسما تلویزیون	۴۱		حسگرهای حرارتی
	۳	تلویزیون LED نمایشگرهای	۴۲		حسگرهای مغناطیسی
	۴	تلویزیون LCD نمایشگرهای	۴۳		حسگرهای تابشی
	۵	التراسونیک	۴۴		سیگنال های حیاتی و الکترودهای بیو پتانسیل
	۶	(سنسور تصویر برداری) CCD	۴۵		اندازه گیری فشار خون و ارتعاشات
	۷	FPGA, CPLD (مدارهای مجتمع قابل برنامه ریزی)	۴۶		اندازه گیری جریان و حجم خون
	۸	میکروکنترلر ها و میکروپروسسور	۴۷		اندازه گیری سیستم تنفسی
	۹	تریاک، ترستور، پیزوالکتریک	۴۸		بیو حسگرهای شیمیایی
	۱۰		۴۹		شوک های الکتریکی
نمونه	۱۱	نانو الکترونیک	۵۰	عمومی	ایمنی و برق گرفتگی
	۱۲	نانو مواد و نانو شیمی	۵۱		Earth(ارت و چاه ارت (زمین
	۱۳	زیست تراشه ها	۵۲		فتوسل و دیمر
	۱۴	نانو مکانیک	۵۳		فیوزها
	۱۵	سیستم های میکرو الکترونیک (MEMS)	۵۴		برق سه فاز
	۱۶	نانو پزشکی	۵۵	کنترل	انواع حافظه ها RAM, EPROM, FLASH, HARD, PLC
	۱۷	نانو لوله ها	۵۶		انواع حسگر های ماهواره
	۱۸	میکروسکوپ نیروی اتمی	۵۷		عملگرهای ماهواره
	۱۹	نانو حسگر ها	۵۸		

ژاپروسکوپ		۵۹	نانو پلاسمونیک	۲۰	
Air bag		۶۰	نانو کامپوزیت ها	۲۱	
خودرو ECU		۶۱	چاپ سه بعدی لیتو گرافی دو فوتونی	۲۲	
خودرو ABS ترمز		۶۲	آشکارسازهای گاز، ریز موتورها، ریز Microtransducer عملگرها	۲۳	
سیستم تعلیق خودرو		۶۳		۲۴	
سیستم برق خودرو - باتری، استارت ، دینام		۶۴	ac موتورهای الکتریکی	۲۵	
سنسورها و سیستم های امنیتی و ایمنی خودرو		۶۵	dc موتورهای الکتریکی	۲۶	
آنتن	مخابرات	۶۶	ترانسفورماتور ها	۲۷	انرژی الکتریکی (قدرت)
رادار		۶۷	رله و حفاظت	۲۸	
تلفن		۶۸	نیروگاه ها و اجزای آن	۲۹	
GSM موبایل		۶۹	پست های فشار قوی	۳۰	
GPRS		۷۰	کنترل برق	۳۱	
GPS		۷۱	HCCP	۳۲	
ماهواره ها		۷۲	ژنراتور و توربین	۳۳	
لیزر و فیبر نوری		۷۳	نیروگاه های زمین گرمایی و بادی	۳۴	
WLL تلفن بی سیم		۷۴	پیل های سوختی	۳۵	
رادیو		۷۵	انواع کلید های فشار قوی (، خلاء) SF6 (هوایی، روغنی،	۳۶	
تلویزیون		۷۶	نیروگاه ها و سلول های خورشیدی	۳۷	
فرستنده		۷۷		۳۸	
گیرنده		۷۸		۳۹	

- مبانی و مفاهیم، تعاریف، مشخصات، جنس و مواد، کاربردها، اجزاء مختلف، انواع و اقسام، مزایا و معایب، ساختار، چگونگی عملکرد، تکنیک های بکاررفته، مباحث تکنولوژیکی

- زمان تحویل ۱۵ آذر ماه ۹۲