به نام خدا

انجمن اسلامی دانشجویان
دانشکده مهندسی متالورژی و مواد
پردیس دانشکده های فنی
دانشگاه تهران

مبانی مهندسی برق

Fundamentals of Electrical Engineering

استاد درس: جناب آقای دکتر صادق

اردوان سخن سنج (۸٤)

توی چهار سالی که تو این دانشکده درس خوندم پیدا کردن جزوه مناسب و منبعی که بتونم از روش جزوه خودمو کامل کنم همیشه یه مشکل اساسی بوده همیشه شب امتحان دنبال جزوه می دوییدم و تازه بعضی اوقات بعد امتحان متوجه می شدم که جزوم کامل نبوده. واسه همین امسال که عضوی از انجمن این دانشکده شدم تصمیم گرفتم تا جزوه های بهترو تکثیر کنم تا همه بتونن از این جزوه ها استفاده کنن.

تو انتخاب جزوه سعی ام بر این بوده که جزوه ایو انتخاب کنم که اول از همه خط خوب و خوانایی داشه باشه تا همه بتونن بخوننش. همچنین جزوه های انتخابی از لحاظ ترتیب نوشتن و کلاسه بندی مطالب از بهترین جزو های موجود انتخاب شده است.

البته باید این نکته رو بگم که هرچند این جزوه کامله ولی شما رو از نوشتن جزوه سر کلاس معاف نمی کنه. وقتی خودتون جزوه می نویسین مطالب بهتر تو ذهنتون نقش می بنده پس یادتون نره حتمی خودتون هم جزو بنویسین و از این جزوه به عنوان کامل کننده جزوه خودتون استفاده کنین.

در آخر هم از همتون می خوام که ایرادات جزوه رو بهمون بگین تا بتونیم جزوه رو بهتر کنیم. پس نظر و پیشنهاد یادتون نره.

بهتام عادلی

آبان ۱۳۸۸

انجمن اسلامی دانشجویان دانشکده
مهندسی متالورژی و مواد

«مبانی مهندسی برق»

۸۷,۱۱,۲۶

۱- کوئیزها (۶ کوئیز تصحیح خواهد شد) ۳ نمره
۲- میان‌ترم (۵ فصل اول - ۵ سوال) ۵ نمره
۳- پایان‌ترم (۱۲ فصل - ۱۲ سوال) ۱۲ نمره

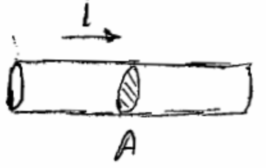
۱۲ فصل

۱- مبانی مدارهای الکتریکی
۲- عناصر ذخیره کننده انرژی (خازن و سلف)
۳- تحلیل مدارهای متناوب تک‌فاز و سه‌فاز
۴- مبانی الکترومغناطیس
۵- ترانسفورماتور
۶- ماشین‌های DC
۷- موتورهای AC
۸- دستگاه‌های اندازه‌گیری
۹- مبانی الکترونیک
۱۰- الکترونیک قدرت
۱۱- مدارهای منطقی
۱۲- سیستم‌های دیجیتالی و ریزپردازنده‌ها

Vol	Code	19067.5T	2.5lit	2 molar	HCl
	"	19068.2500	"	1 molar ✓	
AVS. volumetric	Soln	1.09063.1000		2 molar	
		1.09057.2500	2.5 2.5	1	
AVS		19166.5V	2.5l'	5 molar	H_2SO_4
		19168.7V	5lit	1 molar	

فصل اول   مبانی مدارهای الکتریکی

e بار یک الکترون است و معادل 1.6021×10^{-19} کولن است.



$i=\frac{dq}{dt}$ i جریان

قانون جریان کیرشف ، نقاط بار KCL :

جمع جبری کل جریان‌های وارد شده و خارج شده در هر گره از یک مدار الکتریکی صفر است. $\sum i_n = 0$

قانون ولتاژ کیرشف : KVL

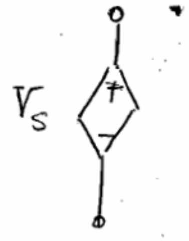
در هر مدار الکتریکی جمع جبری تغییرات پتانسیل (ولتاژ) حول یک مسیر بسته صفر است. $\sum V_n = 0$

منبع ولتاژ :
منبع ولتاژ ایده آل : عنصری است که صرف‌نظر از جریانی که از آن می‌گذرد ولتاژ معینی را همواره در دو سر خود نگه می‌دارد.

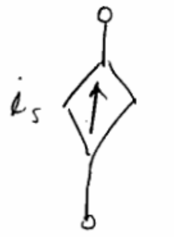
منبع جریان :
منبع جریان ایده آل عنصری است که صرف‌نظر از مدار وصل شده به آن جریان معینی را همواره در مدار برقرار ~~است~~ می‌سازد.

در منبع فوق مستقل هستند.

منابع وابسته (کنترل شده) : منابعی که ترانزیستورها برای ترسیم مدلهایی ایجاد ولتاژ یا جریانی را داشتند که مستقل از عناصر دیگر مدار نبودند به این علت آنها را منبع وابسته و یا به طور ساده منبع نامیدیم
در منابع وابسته یا منابع کنترل شده ، ولتاژ یا جریان منبع به ولتاژ یا جریان شاخه دیگری بستگی دارد و تابعی از آن است.



منبع ولتاژ وابسته



منبع جریان وابسته

۴ حالت داریم:

۱- منبع ولتاژ کنترل شده با ولتاژ $V_S = \alpha V_x$

۲- " " " " جریان $V_S = \beta i_x$

۳- " جریان " " " " ولتاژ $i_S = \gamma V_x$

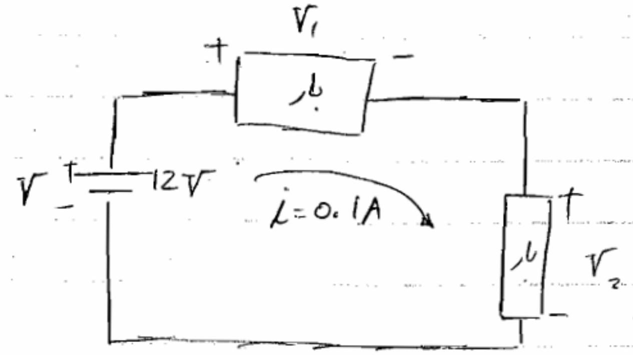
۴- " " " " " " جریان $i_S = \mu i_x$

توان الکتریکی، توان کار انجام شده بر واحد زمان است.

$$\text{توان} = \frac{\text{کار}}{\text{زمان}} = \underbrace{\frac{\text{کار}}{\text{بار}}}_{\text{ولتاژ}} \times \underbrace{\frac{\text{بار}}{\text{زمان}}}_{\text{جریان}} \qquad P = \frac{dw}{dt} = Vi$$

مثال، توان مصرف شده در هر بار و توان کل داده شده به بارها توسط منبع را بدست آورید.

$V_1 = 8V$ $\quad$ $i = 0.1A$ جریان مدار



$KVL = 12 - V_1 - V_2 = 0$

$12 - 8 - V_2 = 0 \quad V_2 = 4V$

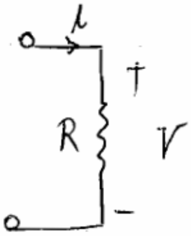
$\underset{\text{منبع}}{P_S} = V_S i = 12 \times 0.1 = 1.2\ W$

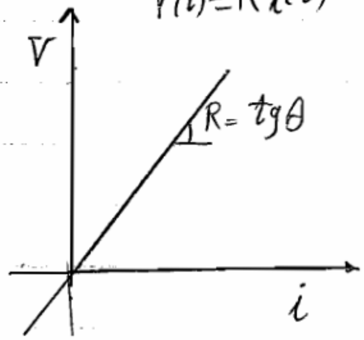
$P_1 = 0.8W \qquad P_2 = 0.4W$

$P_S = P_1 + P_2$ قانون تلاگن است

۸۷,۱۱,۲۹

مقاومت و قانون اهم: مقاومت خطی عنصری است که مشخصه آن خط راستی است که در صفحه $V-i$ از مبدأ می‌گذرد
لذا قانون اهم برابر است با $V(t)=R\,i(t)$





از لحاظ فیزیکی:

$$R=\frac{l}{\sigma\cdot A}=\frac{\rho l}{A}\qquad \sigma=\frac{1}{\rho}$$

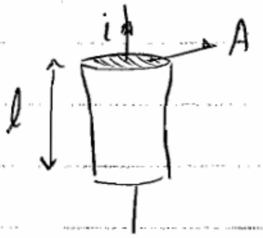
مقاومت ویژه

σ رسانایی ویژه

مقاومت یک ماده به خاصیتی به نام مقاومت ویژه ρ که عکس مقاومت رسانایی ویژه σ است بستگی دارد.

در یک استوانه مقدار مقاومت با طول l آن متناسب است و با سطح مقطع آن A و رسانایی ویژه σ نسبت عکس دارد.

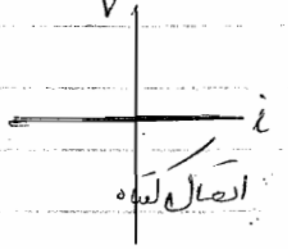
رسانایی $G=\frac{1}{R}$



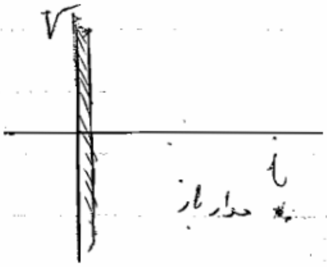
اتصال کوتاه و مدار باز

دو حالت خاص از مقاومت عبارت است از مدار باز و «مدار اتصال کوتاه». یک عنصر دو سر را مدار باز گویند اگر جریان آن شاخه به ازای تمام مقادیر ولتاژ شاخه مساوی صفر باشد در این صورت $R=\infty$ یا $G=0$

یک عنصر دو سر را مدار با اتصال کوتاه گویند اگر ولتاژ آن شاخه به ازای تمام مقادیر جریان شاخه مساوی صفر باشد
$G=\infty$, $R=0$



اتصال کوتاه

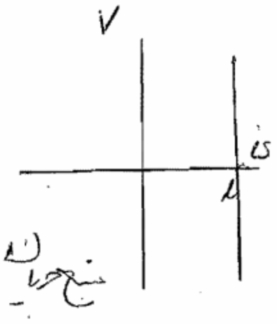


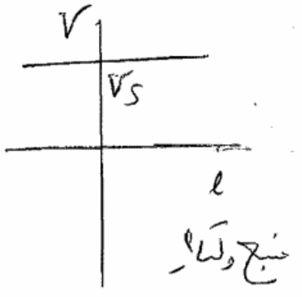
مدار باز

مدار باز یک منبع جریان است با $i_s = 0$

اتصال کوتاه یک منبع ولتاژ است با $V_s = 0$

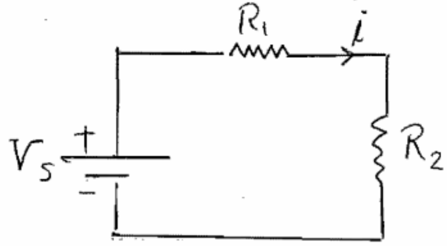
و لذا شکل منبع جریان و منبع ولتاژ در صفحه V-i برابر است با :



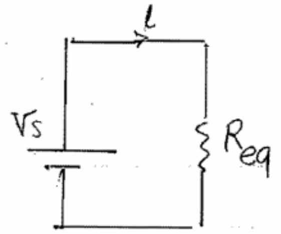


مقاومت های سری:

جریان در عناصر یک مدار که به صورت سری وصل شده باشند یکسان است.



$$i = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$



$$i = \frac{V_s}{R_{eq}}$$

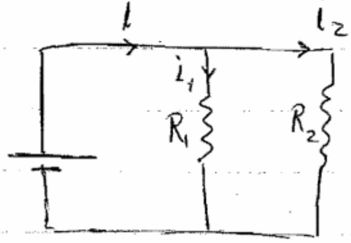
$$R_{eq} = R_1 + R_2 = \sum_{i=1}^{n} R_i$$

تقسیم ولتاژ روی دو مقاومت سری:

$$V_1 = iR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \qquad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

مقاومت های موازی:

اختلاف پتانسیل دو سر عناصری که به طور موازی به هم متصل شده اند یکسان است.



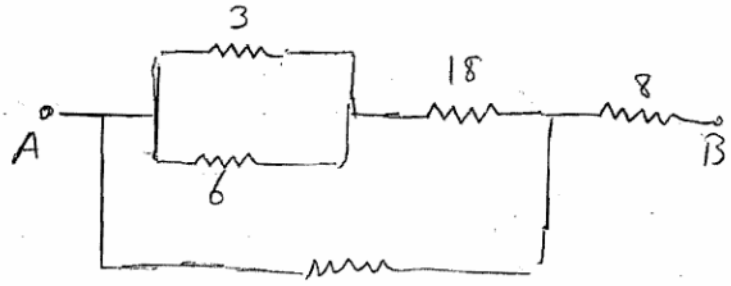
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}$$

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i$$

تقسیم جریان :

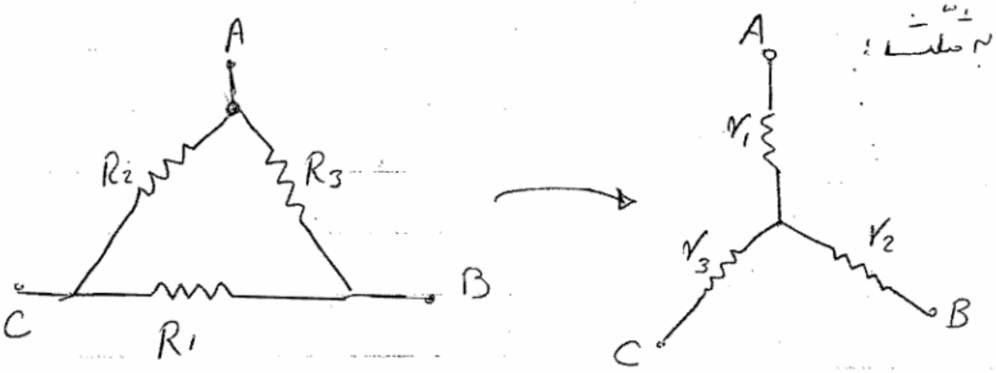
$$i_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2}\, i \qquad i_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}\, i$$

مثال :



$$\left[(3 \| 6) + 18\right] \| 5 + 8 = (2+18) \| 5 + 8 = 12\,\Omega$$

تبدیل Δ ستاره به مثلث :



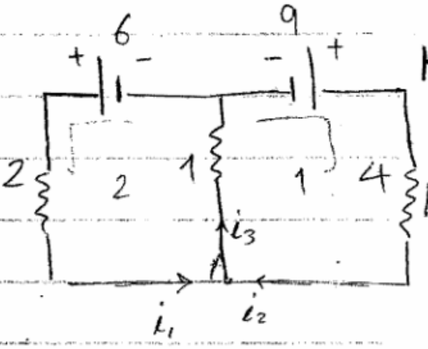
A
R_2
R_3
C
R_1
B
A
r_1
r_2
r_3
B
C

$$r_1 = \frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3} \qquad r_2 = \frac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3} \qquad r_3 = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$$

حالت خاص $\left.\begin{array}{l} R_1 = R_2 = R_3 \\ r_1 = r_2 = r_3 \end{array}\right\} \longrightarrow r_1 = \frac{1}{3} R_1$

$$r_Y = \frac{1}{3} R_\Delta$$

مثال :



6
9
+
-
-
+
2
2
1
1
4
i_3
i_1
i_2

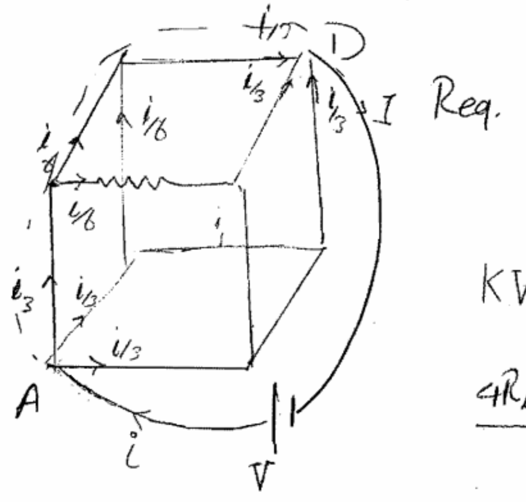
$KCL|_A : i_3 = i_1 + i_2$

$KVL_1 : 9 - 4i_2 - i_3 = 0$

$KVL_2 : 6 - 2i_1 - i_3 = 0$

$i_1 = 1.5A \quad i_2 = 1.5A \quad i_3 = 3A$

مثال: مقاومت هر ضلع R



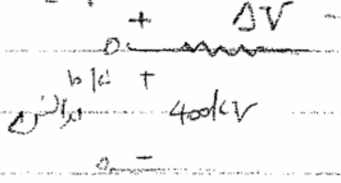
$$KVL = -\frac{Ri}{3} - \frac{Ri}{6} - \frac{Ri}{3} + V = 0$$

$$\frac{4Ri + 2Ri + 4Ri}{12} = V \quad R_{eq} = \frac{V}{i} = \frac{5}{6}R$$

تلفات خط $= Vi = \frac{V^2}{R}$ → اگر می‌خواهید تلفات را کم کنید، ولتاژ را کم کنید!

تلفات خط $= Ri^2$ اگر می‌خواهید تلفات کم شود، جریان را کم کنید (از طریق ترانس، ولتاژ را زیاد کنید!)

$$\frac{V^2}{R} = \frac{\Delta V}{R}$$



ولتاژ تابع جریان است

لامپ 200W ولتاژ ثابت و 220 ولت است

جریان تابع ولتاژ است

$$R$$

$$\checkmark \; P = \frac{V^2}{R} \quad P\uparrow \; R\downarrow \; \ell\downarrow$$

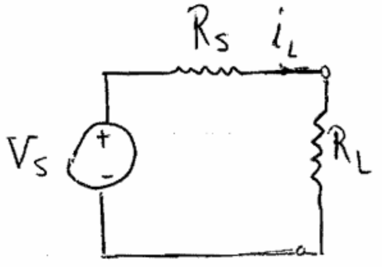
$$\times \; P = Ri^2 \quad P\uparrow \; R\uparrow \; \ell\uparrow \longrightarrow i = \frac{V}{R}$$

✓ i تابع V

جمع جریان‌ها نه تنها در گره بلکه در هر دایره بسته مقدارش صفر است.

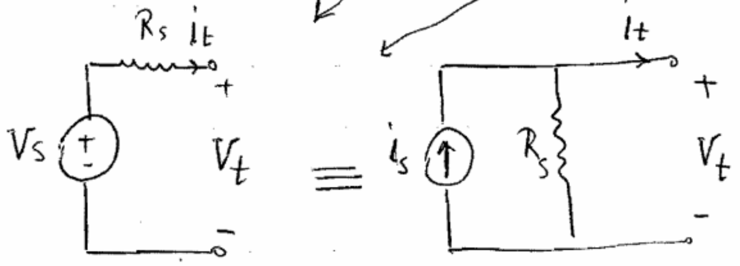
۸۷/۱۲/۳

منابع نابسته غیرایده‌آل



$$i_L = \frac{V_s}{R_s + R_L} \qquad V_L = \frac{R_L}{R_s + R_L} V_s$$

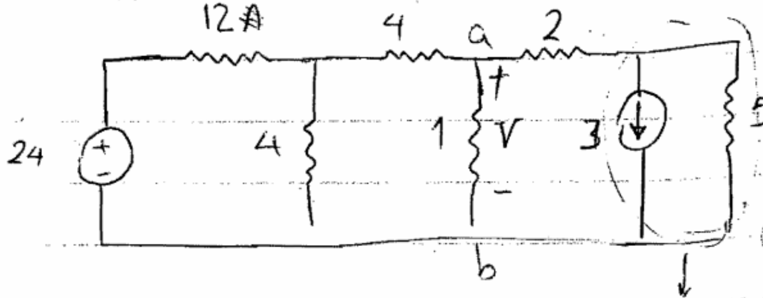
تبدیل منابع :



R_s
i_t
V_s
+
-
V_t
≡
i_s
R_s
i_t
+
V_t
-

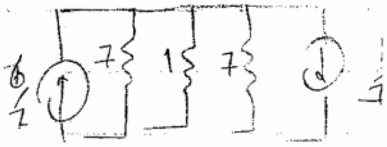
$$R_L = 0 \longrightarrow i_t = \frac{V_s}{R_s} = i_s$$

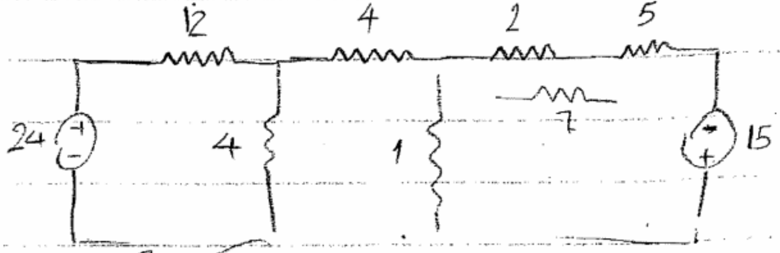
مثال : به کمک تبدیل منابع ولتاژ V بین دو گره a و b را به دست آورید.



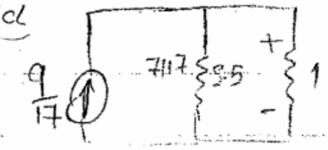
12
4
a
2
24
+
-
4
1
+
V
-
3
5
b

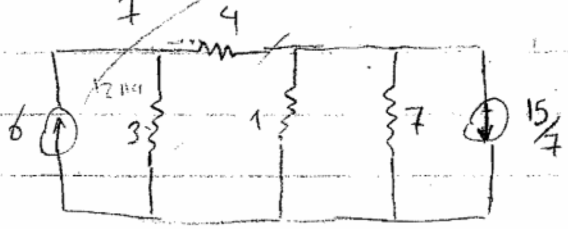
KCL





12
4
2
5
7
24
+
-
4
1
15
-
+





7
4
12/7
6
3
1
7
15/7

$$i = \frac{7/2}{\frac{7}{2}+1}\left(\frac{9}{7}\right) = 1A$$

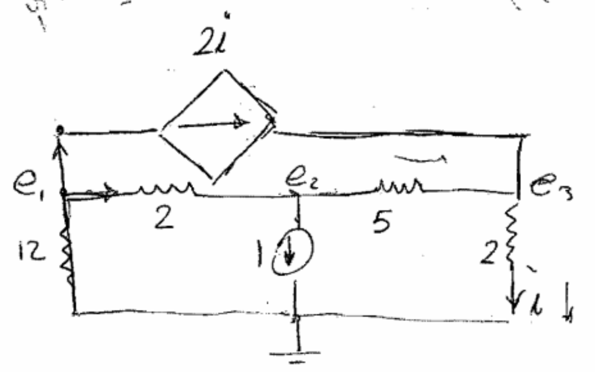
$V_{ab} = -1$ ولت

- تجزیه و تحلیل گره:

در تجزیه و تحلیل گره مراحل زیر را انجام می‌دهیم.

1- گره‌ها را شماره گذاری کرده و گره مبنا را مشخص کنیم و به گره‌ها (غیر از مبنا) ولتاژهای e_1، e_2، ... e_n را نسبت می‌دهیم.
2- در صورت امکان تبدیل منابع ولتاژ به جریان، این کار را انجام می‌دهیم تا تعداد گره‌ها کم شود
3- برای n گره، KCL می‌نویسیم (بر حسب e ها)
4- از حل n معادله کلیه e ها بدست می‌آید.

مثال:



- جریان خارج شونده +
وارد شونده −

$i = \frac{e_3}{2}$

در منابع مستقل
ضرایب e_i در هر گره $+i$ و برای بقیه e ها منفی است

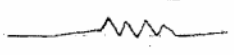
$$KCL: \frac{e_1 - 0}{12} + 2i + \frac{e_1 - e_2}{2} = 0$$

$$KCL: \frac{e_2 - e_1}{2} + 1 + \frac{e_2 - e_3}{5} = 0$$

$$KCL: -2i + \frac{e_3 - e_2}{5} + \frac{e_3}{2} = 0$$

$e_1 = 12V$
$e_2 = 6V$
$e_3 = -4V$
$i = -2A$

$1) + (\quad) e - (\quad) e_2$



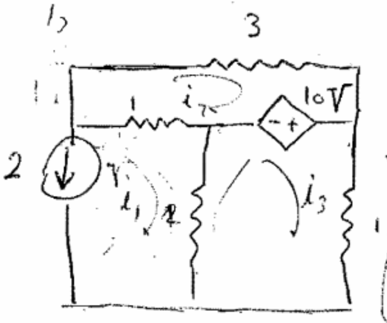
$(\quad) e_1$

۱۳,۱۰

تجزیه و تحلیل مش

۱ـ مش ها را شماره گذاری کرده و آن ها را i_1 تا i_m نسبت می دهیم.
۲ـ منابع جریان را در صورت امکان به منابع ولتاژ تبدیل می کنیم.
۳ـ KVL را برای مش ها می نویسیم.
۴ـ از حل m معادله، m مجهول i ها را به دست می آوریم.

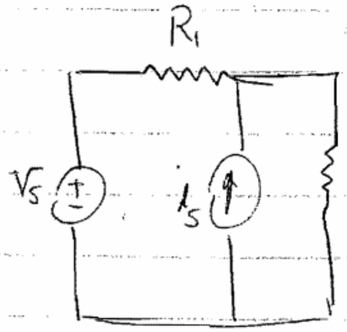
مثال



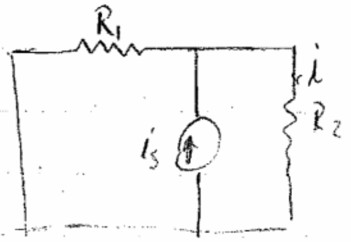
$$\begin{cases} KVL(1):\ (i_1-i_2)\times 1+2(i_1-i_3)-V \\ KVL(2):\ 3i_2+10+(i_2-i_1)=0 \\ KVL(3)\ \ 12i_3+(i_3-i_1)2-10V=0 \\ i_1=-2A \quad i_2=-1A \quad i_3=3A \end{cases}$$

اصل جمع آثار. این اصل فقط برای مدارهایی که خطی هستند است و فرض کنید مدار خطی که شامل n منبع البته است، ولتاژ یا جریان هر شاخه به ترتیب برابر مجموع n ولتاژ یا n جریان آن شاخه است وقتی به ترتیب با صفر قرار دادن تمام منابع جز یکی هر کدام از آنها را به دست آوریم.

مثال:
جریان گذرنده از R_2 را با کمک اصل جمع آثار (برهم نهی) به دست آورید.

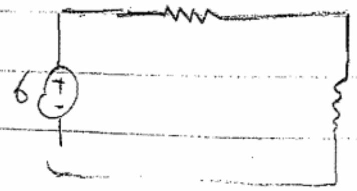


$V_S=6V \quad i_S=0.5A \quad R_1=50 \quad R_2=100$



$$i=i_S\frac{R_1}{R_1+R_2}=\frac{0.5}{3}$$

منبع ولتاژ = ۰ ← اتصال کوتاه
ـ جریان صفر ـــ مدار باز



$$i'=\frac{6}{150}$$

$i_2=i+i'=0.2A$

مدار معادل:

مشخصه یک مدار خطی در صفحه v-i به صورت $V=ai+b$ خواهد بود لذا می‌توان آن را با یک منبع ولتاژ سری با یک مقاومت لحاظ نمود.

از طرفی می‌دانیم منبع ولتاژ سری با یک مقاومت قابل تبدیل به منبع جریان موازی با یک مقاومت است. پس دو قضیه زیر را خواهیم داشت

قضیه مدار معادل تونن: از نقطه نظر بار، شبکه خطی وصل شده به آن را که از منابع ولتاژ و جریان ایده‌آل و مقاومت‌های خطی تشکیل شده است، می‌توان با یک مدار معادل تونن که یک سری منبع ولتاژ V_T و مقاومت R_{eq} است، جایگزین کرد.

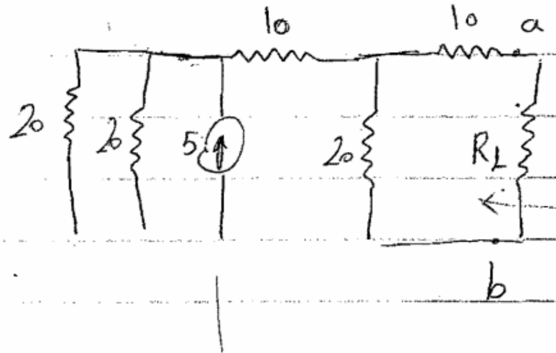
قضیه مدار معادل نورتن: 〃 〃 〃 〃 با منبع جریان $\overset{I_N}{R_N}$ و مقاومت R_{eq} است جایگزین کرد

$$i_N = \frac{V_T}{R_{eq}}$$

تعیین مقاومت معادل جهت مدار تونن یا نورتن:

روش اول (منبع آزمایشی): برای به دست آوردن R_{eq} باید یک منبع جریان آزمایشی i_s به دو سر a-b وصل کنیم، سپس ولتاژ ایجاد شده V_s در دو سر آن را برحسب i_s به دست آوریم
آنگاه نسبت $\frac{V_s}{i_s}$ همان مقاومت معادل است.
ضریب i_s

روش دوم: منابع نابسته
تمام منابع نابسته را صفر نموده و مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.



$$\left[(20\|20)+10\right]\|20+10=20$$

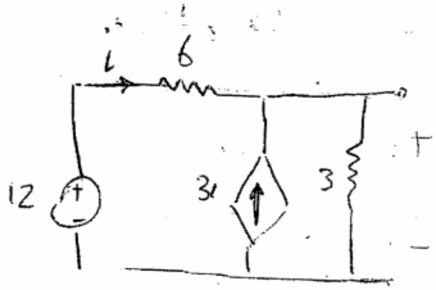
به دست آوردن ولتاژ تونن :

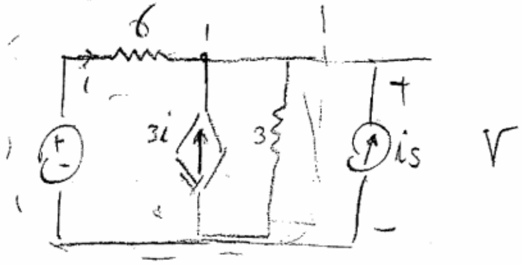
منبع ولتاژ معادل تونن برابر است با "ولتاژ مدار باز" دو سر مورد نظر

به دست آوردن جریان نرتن :

جریان اتصال کوتاه

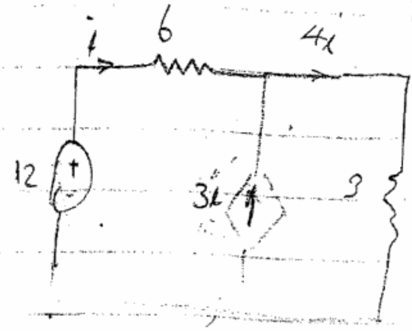
مثال: معادل تونن را به دست آورید.



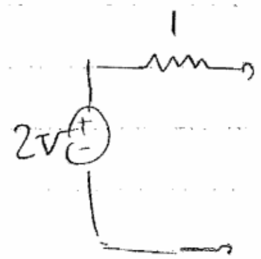


$$KCL: \; i + 3i = \frac{V}{3} + i_s$$
$$KVL: \; 12 = 6i + V$$

$$R = \frac{V}{i_s} = 1$$

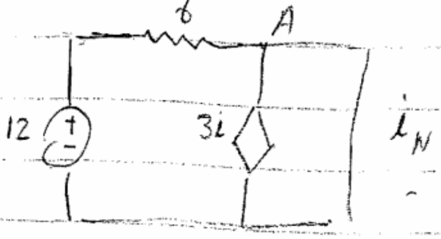


$$12 - 6i - 3(i + 3i) = 0$$
$$12 - 18i = 0 \qquad i = \frac{12}{18}$$
$$V = 3 \times \frac{12}{18} \times 4 = 8\,V$$



روش سوم به دست آوردن Req

$$R_{eq} = \frac{V_T}{i_N}$$

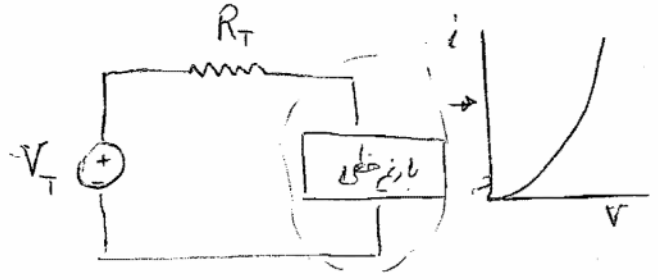


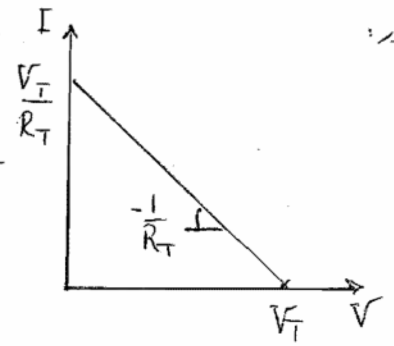
$$KCL: \; i + 3i = i_N = 4i$$
$$\frac{12}{6} = i = 2 \qquad i_N = 8A$$
$$R_{eq} = \frac{8}{8} = 1\Omega$$

قضیه انتقال بیشترین توان:

در یک شبکه مقاومتی خطی برای آنکه بیشترین توان به بار R_L منتقل گردد باید مقدار بار R_L برابر با مقاومت معادل تونن شبکه انتخاب شود. در این شرایط گوییم بار با شبکه تطبیق داده شده است. (البته این بدان معنا نیست که راندمان ماکزیمم است. با کمی دقت مشخص است که در این حالت بازده ٪50 است.)

عناصر غیرخطی در مدار:

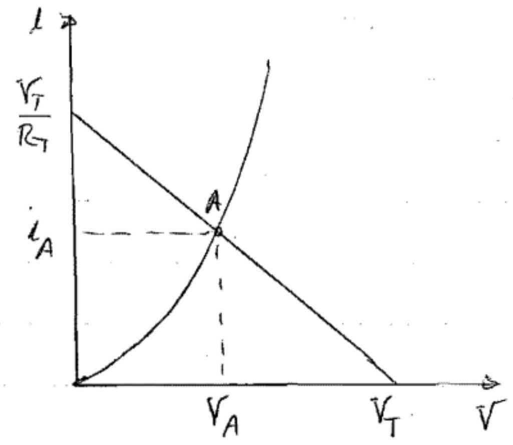




در این معادله

$$V = -R_T i + V_T$$

یکی از روش های ساده‌ی حل عناصر غیرخطی، روش ترسیم و قطع منحنی است.



نقطه کار $A\left|\begin{matrix}V_A\\ i_A\end{matrix}\right.$

فصل ۲: عناصر ذخیره کننده انرژی، خازن و سلف

در این فصل
دو عنصر دیگر را معرفی می‌کنیم که ولتاژ و جریان آن‌ها بر خلاف مقاومت‌ها با هم متناسب نیست بلکه این رابطه مشتقی یا انتگرالی است.

ولتاژ خازن در لحظه t نه تنها به جریان خازن در لحظه t بستگی دارد بلکه به تمام مقادیر جریانی که از لحظه صفر تا t از آن گذشته است بستگی دارد. به عبارت دیگر خازن عنصری حافظه‌دار است. در مورد جریان سلف نیز همین طور.

خازن

دو رسانا که بین آن‌ها عایق باشد یک خازن است.
اگر سطح صفحات خازن سطح A، و فاصله صفحات d فرض کنیم ظرفیت خازن برابر است با

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

گذردهی (ضریب نفوذپذیری الکتریکی) عایق

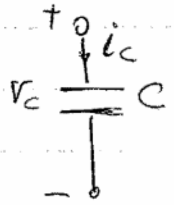
$$\underset{\text{هوا}}{\varepsilon_0} = 8.85\times10^{-12} \qquad \varepsilon = k\,\varepsilon_0$$

ثابت عایق یا دی الکتریک

به ازای یک ولتاژ معین هرچه C بیشتر باشد بار بیشتری در خازن ذخیره می‌شود یعنی داریم $Q = CV$

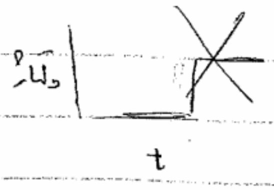
(خازن عکس مقاومت است $(R=\rho\frac{l}{A}$

$$i = \frac{dq(t)}{dt} \rightarrow i_C = C\frac{dv_C}{dt}$$



$$\rightarrow dv_C = \frac{1}{C} i_C\, dt \xrightarrow{\text{انتگرال}} V_C(t) = V_C(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i_C(t')\,dt'$$

ولتاژ دو سر خازن نمی‌تواند به طور ناگهانی جهش نماید.



سوال اول

انرژی ذخیره شده در یک خازن:

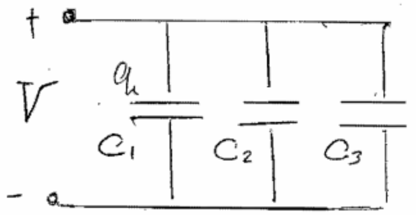
اگر ولتاژ دو سر یک عنصر $V(t)$ و جریان وارد شده به عنصر $i(t)$ در نظر بگیریم عبارت $p(t)=V(t)i(t)$ توان لحظه‌ای وارد شده به عنصر است. پس انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با

$$W_c=\int_0^t V(t')i(t')\,dt' \xrightarrow{i=\frac{dq}{dt}} W_c=\int_0^Q V\,dq \qquad W_c=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}CV^2$$

$$=\frac{1}{2}QV$$

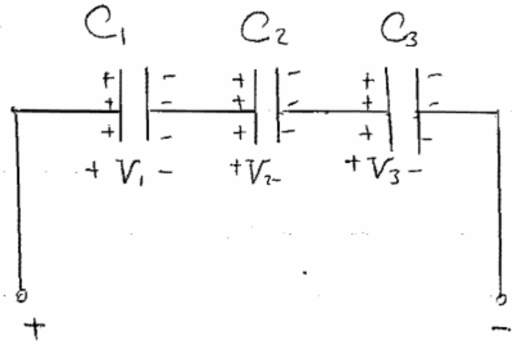
به هم بستن خازن‌ها:

الف) خازن‌های موازی.



$$q_1=C_1V$$
$$q_2=C_2V$$
$$q_3=C_3V$$
$$q_{\text{معادل}}=q_1+q_2+q_3=(C_1+C_2+C_3)V=CV$$
$$C=\sum_{i=1}^{n}C_i$$

ب) خازن‌های سری



$$q_1=q_2=q_3=q$$
$$V_1=\frac{q}{C_1} \qquad V_2=\frac{q}{C_2} \qquad V_C=\frac{q}{C_3}$$
$$V_{\text{معادل}}=V_1+V_2+V_3=q\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}\right)$$
$$\frac{1}{C}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{C_i}$$

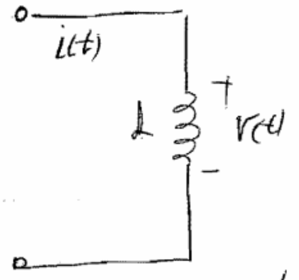
سلف (خودالقا):

سلف معمولاً از پیچیدن یک سیم به شکل حلزونی دور یک هسته به دست می‌آید،

قانون فاراد : $V_L = L\frac{di}{dt} = \frac{d\varphi}{dt}$

L : ضریب خودالقایی یا اندوکتانس (هانری)

سلف در حالت جریان dc یک اتصال کوتاه است (چون $d\varphi$ نداریم ← $V=0$)

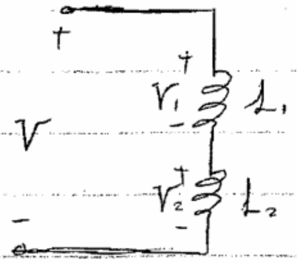


در واقع در سلف $\varphi = Li$ $\varphi = Li$ (معادله ربط) $(Q = CV \leftarrow$

$$V_L = L\frac{di}{dt} \longrightarrow \dots \longrightarrow i(t) = i(0) + \frac{1}{L}\int_0^t V_L(t')\,dt'$$

بهم بستن سلف‌ها :

الف) ترکیب سری :



$$V_1 = L_1\frac{di}{dt} \qquad V_2 = L_2\frac{di}{dt}$$

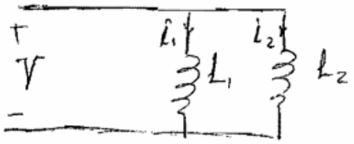
$$V = V_1 + V_2 = L_1\frac{di}{dt} + L_2\frac{di}{dt} = (L_1 + L_2)\frac{di}{dt} = L\frac{di}{dt} \qquad L = \sum_{i=1}^{n} L_i$$

- شبیه به خازن

$$\varphi_1 = L_1 i \qquad \varphi_2 = L_2 i$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = i(L_1 + L_2) = Li \rightarrow$$

ب) ترکیب موازی



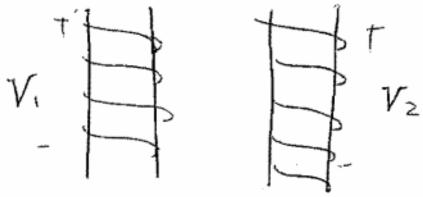
$\varphi_1 = L_1 i_1 \qquad \varphi_2 = L_2 i_2$

$$i = i_1 + i_2 = \frac{\varphi}{L_1} + \frac{\varphi}{L_2} = \varphi\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)$$

$$\frac{1}{L} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{L_i}$$

در کتب به هم بستن دو یا چند سلف به یکدیگر از پدیدهٔ تزویج متقابل (القای متقابل) این سلف‌ها چشم پوشی کرده بودیم.

اما پدیده القای متقابل عبارت است از



$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} \mp M \frac{di_2}{dt}$$

- در شار خلاف جهت

+ در شار هم جهت

$$V_1 = \pm M \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$R = \begin{bmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 \end{bmatrix} \qquad L = \begin{bmatrix} L_1 & L_{12} & L_{13} \\ L_{12} & L_2 & L_{23} \\ L_{13} & L_{23} & L_3 \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix}$$

رابطه جریان سلف با ولتاژ سلف:

$$i_L(t) = i_L(0) + \frac{1}{L}\int_0^t V_L(t')dt'$$

جریان گذرنده از سلف نمی‌تواند به طور ناگهانی جهش داشته باشد.

$V = L\frac{di}{dt} \xrightarrow{i \text{ ثابت}} V = 0$ اتصال کوتاه + [illegible]

$i_C = C\frac{dv}{dt} \xrightarrow{V \text{ ثابت}} i$ صفر . مدار باز *

$$P(t) = v(t)\, i(t)$$

$$W = \int v(t)\, i(t)\, dt \qquad v(t) = \frac{d\varphi}{dt}$$

انرژی که ذخیره شده در سلف:

$$\Rightarrow W = \int i\, d\varphi = \frac{1}{2} i \varphi$$

$$Q \longrightarrow \varphi$$
$$V \longrightarrow I$$
$$C \longrightarrow L$$

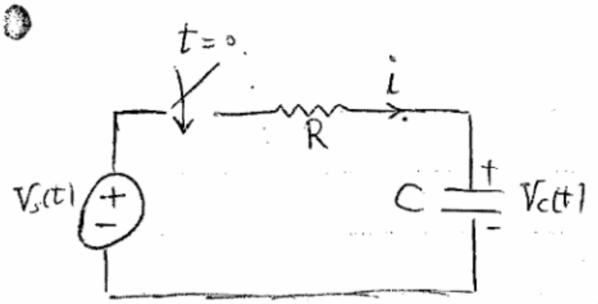
$$= \frac{1}{2} L I^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{\varphi^2}{L}$$

۸۷/۱۲/۱۷

مدارهای مرتبهٔ اوّل:

الف) مدارهای RC:



در لحظهٔ $t=0$ کلید بسته می‌شود. در این مدار پاسخ مورد نظر ولتاژ دو سر خازن $V_c(t)$ است.

اگر در حلقهٔ موجود KVL بنویسیم

$$Ri + V_c(t) = V_s(t)$$

اگر به جای i مقدار آن را که برابر $i_C = C\frac{dv_C}{dt}$ است بنویسیم داریم:

$$RC\frac{dV_C}{dt} + V_C = V_S$$

این یک معادلهٔ درجهٔ اول است (در مدار تنها یک عنصر ذخیره کنندهٔ انرژی وجود دارد) با توجه به اینکه جهت به دست آوردن پاسخ باید انتگرال گرفت و برای آن نیاز به یک مقدار ثابت است، لذا باید شرایط اولیه نیز مشخص باشد.

ابتدا فرض می‌کنیم $V_C(0^-) = 0$

می‌دانیم $V_C(t) = V_h(t) + V_p(t)$

محاسبهٔ پاسخ همگن $V_h(t)$:

$$RC\frac{dV_h}{dt}+V_h=0 \qquad RCm+1=0 \rightarrow m=\frac{-1}{RC}$$

لذا داریم: $V_h(t)=Ae^{-\frac{t}{RC}} \quad t\geq 0$

محاسبهٔ پاسخ خصوصی $V_p(t)$ ، با فرض $V_s(t)=E$

چون سمت راست معادله مقدار ثابت است پس $V_p(t)=E$

در کل داریم

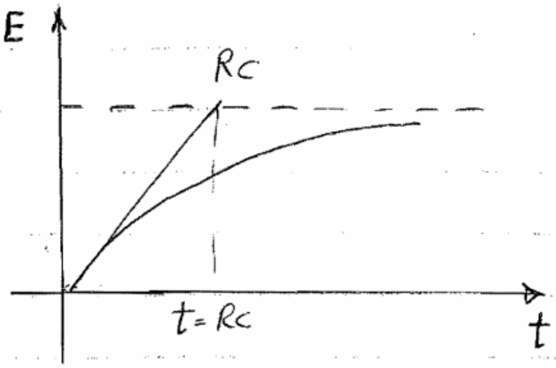
$$V_c(t)=Ae^{-\frac{t}{RC}}+E$$

با توجه به شرایط اولیه مسئله

$$V(0)=0 \longrightarrow Ae^{0}+E=A+E=0 \longrightarrow A=-E$$

بنابراین داریم:

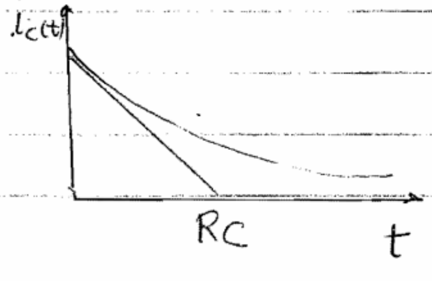
$$V_c(t)=\begin{cases} E\left(1-e^{-\frac{t}{RC}}\right) & t\geq 0 \\ 0 & \end{cases}$$



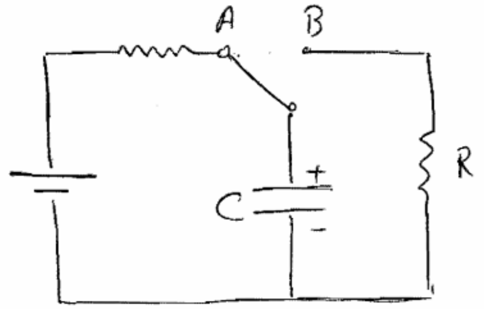
عبارت $\tau=RC$ ثابت زمانی مدار می‌باشد

پس از سه ثابت زمانی مقدار به 95% و پس از پنج ثابت زمانی به 99% حالت نهایی خواهد رسید.

$$i=C\frac{dV}{dt}=\frac{CE}{RC}e^{-\frac{t}{RC}}=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$



ب- خالی شدن خازن در مدار RC :

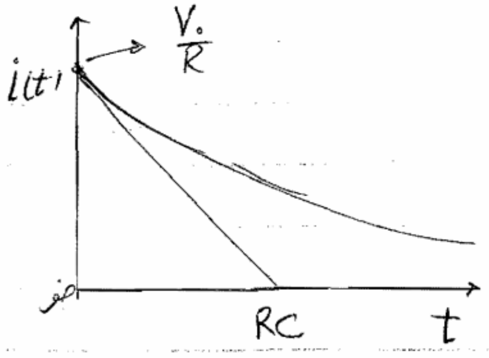


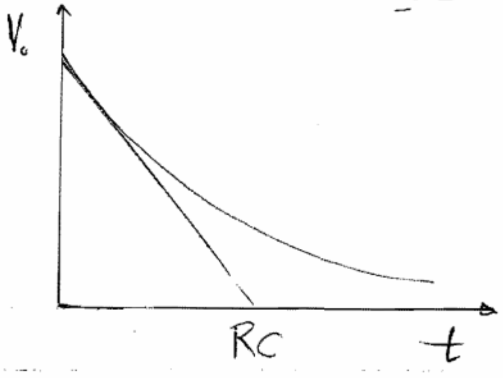
اگر در لحظه $t=0$ کلید از A به B تغییر وضعیت دهد خازن شروع به دشارژ شدن می‌کند.

$$KVL: \; V_C - Ri = 0$$

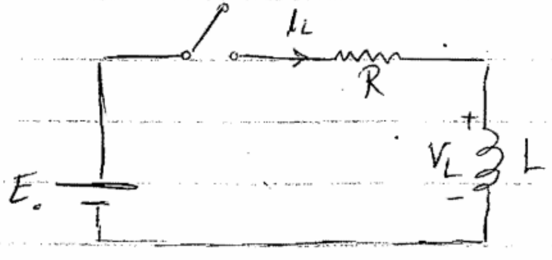
$$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad t \geq 0 \qquad I = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad t \geq 0$$

به پاسخ دشارژ خازن در مدار RC ، پاسخ حالت صفر مدار به دشارژ خازن در مدار RC پاسخ ورودی صفر مدار می‌گویند.





ج- شارژ سلف در مدار RL :



$$iR + E_L = E_0$$

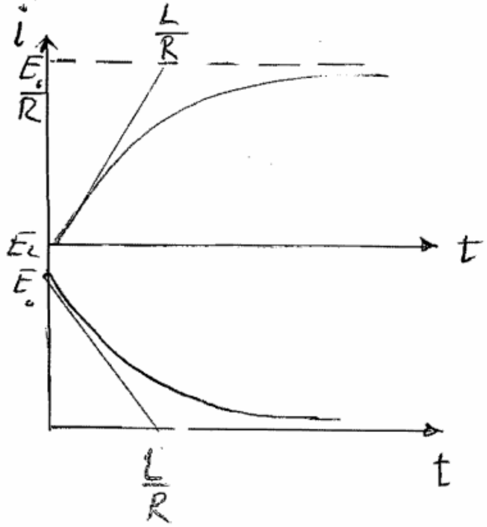
مشتق‌گیری

$$\frac{dE_L}{dt} + R\frac{di}{dt} = 0$$

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

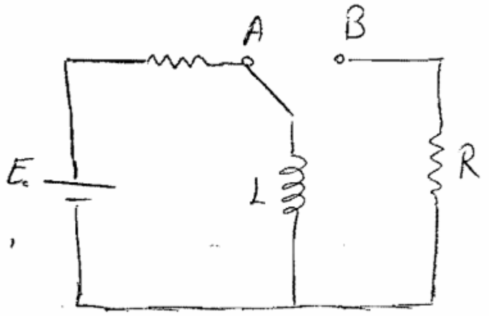
شرایط اولیه $i_0 = 0$

$\frac{dE_L}{dt}+\frac{R}{L}E_L=0$ $E_L=E_0e^{-\frac{Rt}{L}}$ $i=\frac{E_0}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t})$ $t\geq 0$

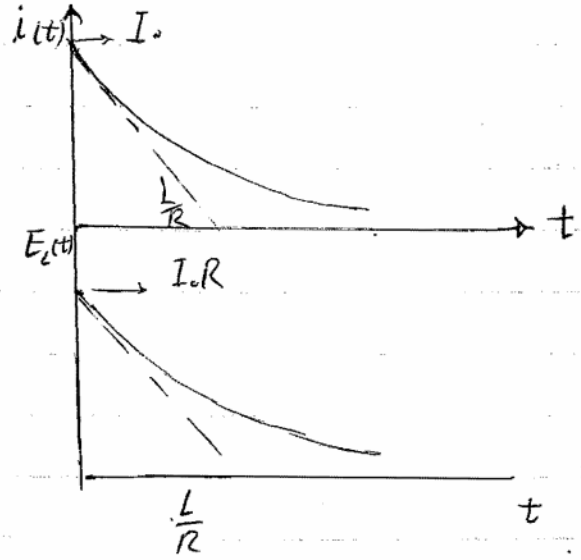


$T=\frac{L}{R}$ ثابت زمانی مدار RL است.

د) دشارژ سلف در مدار RL:



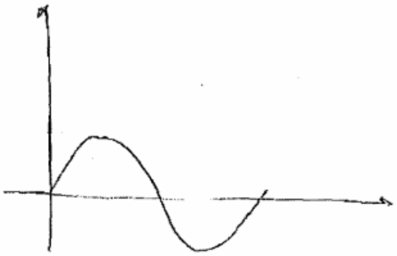
$i=I_0e^{-\frac{Rt}{L}}$ $t\geq 0$
$(i(0)=I_0)$



فصل ۳ تحلیل مدارهای متناوب با فازورها

۱۲،۲

شکل موج و مقدار RMS ، اهمیت شکل موج‌های سینوسی و نقش آنها در علوم و مهندسی کاملاً روشن است. در این فصل با پاسخ حالت پایدار مدارهای خطی به ورودی‌های سینوسی آشنا می‌شویم.



طبق تعریف توان متوسط یک توان متغیر $P(t)$ در فاصله زمانی T برابر است.

$$P_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T P(t)\,d(t)$$

اگر توان الکتریکی در یک مقاومت R به گرما تبدیل شود متوسط برابر است با

$$P_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T R\,i^2(t)\,dt$$

اگر بخواهیم این مقاومت را با یک جریان ثابت I_{RMS} معادل کنیم داریم

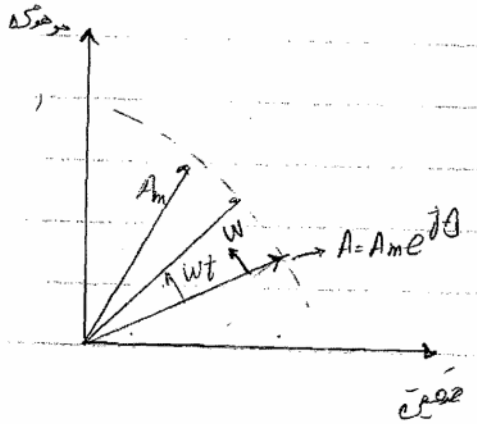
$$\frac{1}{T}\int_0^T R\,i^2(t)\,dt = R I_{RMS}^2$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt}$$

در حالت موج سینوسی ثابت می‌شود،

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

فازورها:

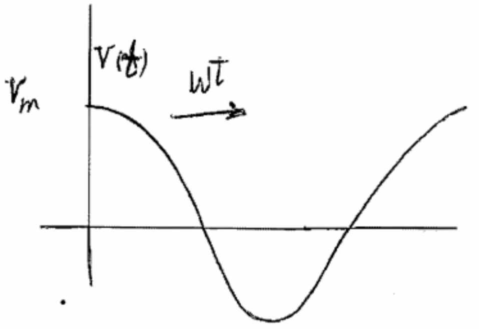


عدد مختلط $A = A_m e^{j\theta}$ را به کمک یک بردار می‌توان نشان داد. چنانچه این بردار با فرکانس زاویه‌ای ω بچرخد، A تابع زمان خواهد بود

$$A(t) = A_m e^{j(\omega t + \theta)}$$

مقدار حقیقی این عبارت برابر است با

$$A_{real} = A_m \cos(\omega t + \theta)$$



روابط فازوری برای اجزا مدار:

مقاومت:

$$v(t) = R\,i(t)$$

$$\mathrm{Re}(V e^{j\omega t}) = R\,\mathrm{Re}(I e^{j\omega t}) = \mathrm{Re}(R\,I e^{j\omega t})$$

$$\underset{\text{فازوری}}{V} = R \underset{\text{فازوری}}{I}$$

سلف:

$$v(t) = L \frac{di(t)}{d(t)}$$

$$\mathrm{Re}(V e^{j\omega t}) = L\frac{d}{dt} \mathrm{Re}(I e^{j\omega t}) = L\,\mathrm{Re}[j\omega I e^{j\omega t}]$$

$$V = (j\omega L) I$$

خازن:

$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}, \quad I = (j\omega C) V \rightarrow V = \frac{1}{j\omega C} I$$

امپدانس و ادمیتانس:

امپدانس برابر است با نسبت فازور ولتاژ V به فازور جریان I $\qquad Z = \frac{V}{I}$

ادمیتانس برابر است با I $\quad V$ $\qquad y = \frac{I}{V} = \frac{1}{Z}$

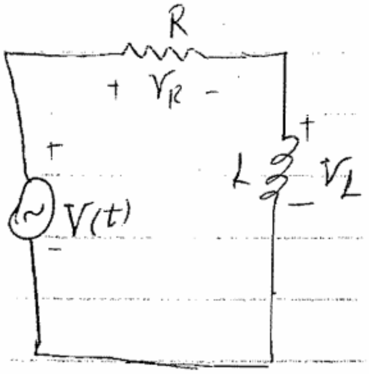
شکل فازوری KVL و KCL : همان معادلات مشابه تعاریف است

به هم بستن امپدانس ها:

الف) سری $\qquad Z_{eq} = \sum_{i=1}^{n} Z_i$

ب) موازی $\qquad \frac{1}{Z_{eq}} = \sum \frac{1}{Z_i} \qquad Y_{eq} = \sum_{i=1}^{n} Y_i$

مدار RL سری:

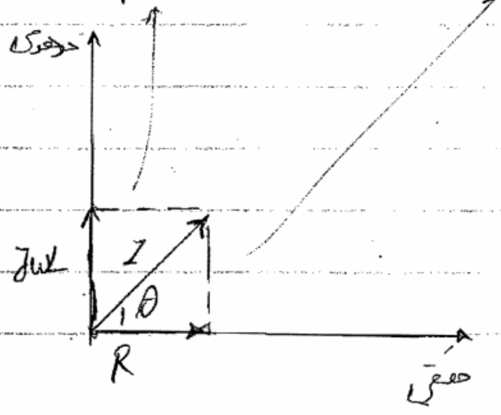


$$Ri + L\frac{di}{dt} = V(t)$$

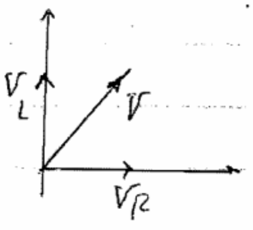
فازوری

$$V = (R + j\omega L)I = ZI \qquad (V = ZI)$$
$$= Z\,tg\,I$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \qquad \theta = \tan^{-1}\frac{\omega L}{R}$$


موهومی
$j\omega L$
Z
θ
R
حقیقی

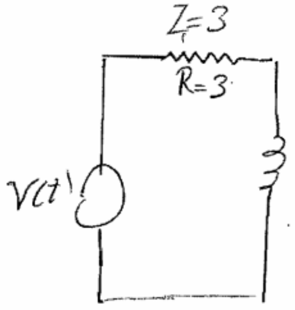
$$V = V_R + V_L$$



$\angle \frac{10\sqrt{2}}{5\sqrt{2}}$

12

مثال، ولتاژ سینوسی $V(t)=141\cos(100\pi t)$ را به دو سر یک مدار RL سری اعمال کرده‌ایم. جریان و توان تلف شده در مقاومت و دیاگرام فازوری ولتاژها را رسم کنید.



$I = \frac{V}{Z} = \frac{10\sqrt{2}\angle}{}$

$Z = j\omega L$

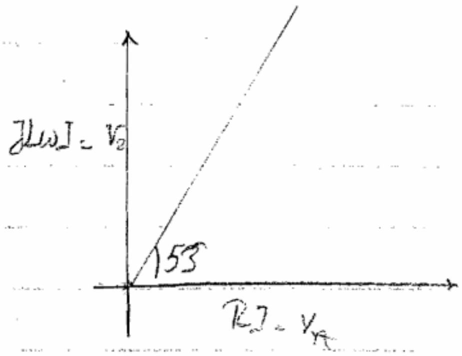
$Z = Z_1 + Z_2 = 3 + j\times 100\pi \times 0.0125 \quad \sqrt{\ } = 5 \rightarrow 53^\circ$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{141\angle 0}{5\angle 53} = 28.2 \quad \angle -53^\circ$$

$i(t) = 28.2\cos(100\pi t - 53^\circ) \qquad P = RI_{rms}^2 \qquad I_{rms} = \frac{28.2}{\sqrt{2}}$

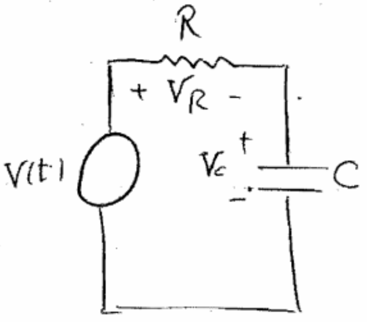
$\rightarrow P = 3\left(\frac{28.2}{\sqrt{2}}\right)^2 = 1200\ W$

$\theta = \tan^{-1}\frac{L\omega}{R} = \tan^{-1}\frac{4}{3} = 53$



۹۱/۱/۱۵

مدار RC سری:



$V = V_R + V_C$

$$\begin{cases} V_R = RI \\ V_C = \frac{1}{j\omega C} I \end{cases}$$

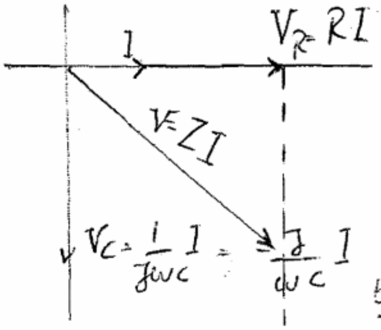
Z

$V = RI + \frac{1}{j\omega C} I = \left(R + \frac{1}{j\omega C}\right) I$

سری $Z = Z_1 + Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$

$0.44 + 0.335i$

دیاگرام فازوری


I
$V_R = RI$
$V = ZI$
$V_C = \frac{1}{j\omega C} I = \frac{-j}{\omega C} I$

$0.8j + 0.6$

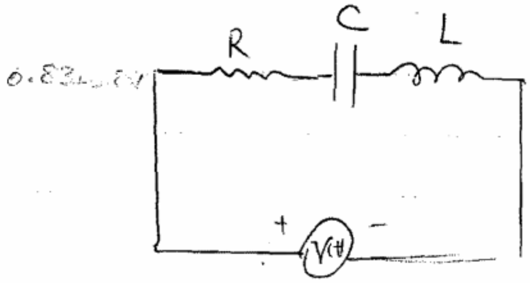
$$\frac{1}{0.6+0.8j} + \frac{1}{5j} = \frac{5j + 0.8j + 0.6}{5j(0.6+0.8j)}$$

$$\frac{5.8j + 0.6}{3j - 4} \times \frac{3j+4}{3j+4} = \frac{-17.4 + 23.2j + 1.8j + 2.4}{-25}$$

$$\frac{15 - 25j}{25} \qquad -15 + 25j$$

مدار RLC.

$\frac{3}{5} - j$


R
C
L
0.83∠-53
+
V(t)
-

سری $Z = R + \frac{1}{j\omega C} + j\omega L$

$$V = ZI = \left[R + j\left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)\right] I$$

$\frac{5}{j}$ $\quad$ $\boxed{-5j}$

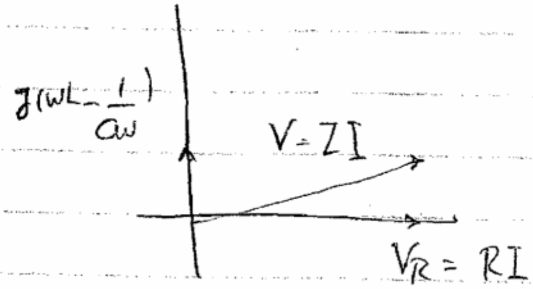
$$Z = Z_1 \angle \theta$$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad \theta = tg^{-1} \frac{L\omega - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

I. اگر $L\omega > \frac{1}{C\omega}$ اثر سلف بیشتر بود و ولتاژ از جریان جلوتر است.

II. —

[illegible]


$j(\omega L - \frac{1}{C\omega})$
$V = ZI$
$V_R = RI$

در اینجا $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ در این حالت مدار خازنی بود و اثر سلف و خازن با یکدیگر حذف شده است بنابراین V و I با هم همفازند در این حالت تشدید مدار گفته می‌شود.

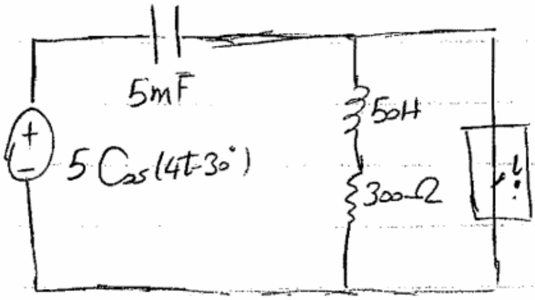
$$L\omega = \frac{1}{C\omega} \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

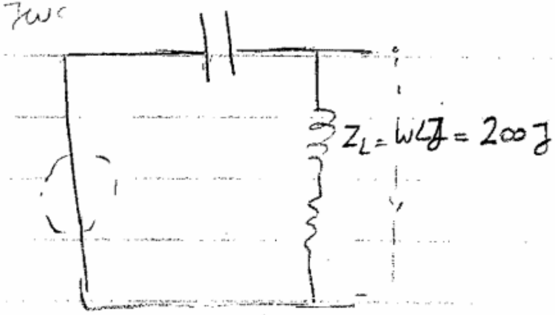
تحلیل مدارها در حالت پایدار سینوسی:

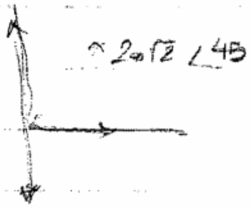
$200\sqrt{2}j \qquad \frac{1}{200\sqrt{2}j} + \frac{1}{}$

مثال: مدار معادل نرتن را از دو سر بار در شکل زیر به دست آورید.

$+\frac{1}{j\omega C} \qquad Z_C = -50j$


5mF
50H
300Ω
5 Cos(4t-30°)
بار


$Z_L = \omega L j = 200j$

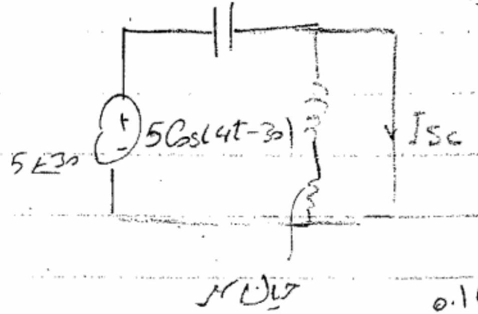


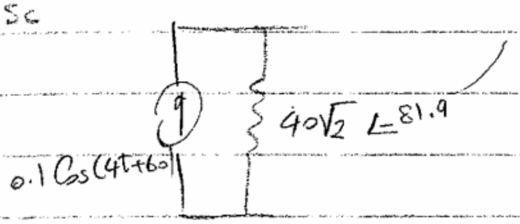
$(200 + 200j) \parallel (-50j)$

$Z_{eq} = 40\sqrt{2}\angle -81.9 \ \Omega$

برای به دست آوردن I_N باید جریان اتصال کوتاه را حساب کنیم:

$V = ZI \qquad i = 0.1\angle 60$


5∠30
5Cos(4t-30)
I_{sc}
جریان N


0.1Cos(4t+60)
$40\sqrt{2}\angle 81.9$

توان در مدارها که حالت سینوسی که

- توان لحظه‌ای برابر است با:

$$P(t) = V(t)\,i(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \varphi_V)\cos(\omega t + \varphi_I)$$

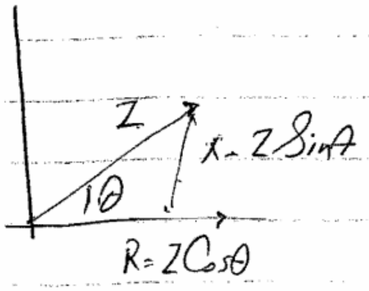
$$= \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\underbrace{\varphi_V - \varphi_I}_{\theta}) + \frac{1}{2} V_m I_m \cos(2\omega t + \varphi_V + \varphi_I)$$

مقدار متوسط را بگیریم، چون مقدار متوسط تابع کسینوسی صفر است داریم:

$$P_{av} = \frac{1}{2} V_m I_m \cos\theta = V_{rms} I_{rms} \cos\theta$$

$$= \frac{V_{rms}^2}{Z} \cos\theta = I_{rms}^2 Z \cos\theta$$

مثلث امپدانس

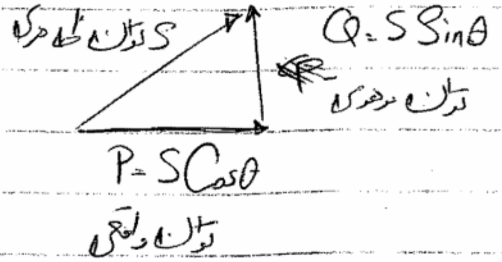

Z
θ
X = Z Sinθ
R = Z Cosθ

توان ظاهری مختلط که

$I = I_1 \angle\theta \quad I^* = I_1 \angle -\theta$

$$S = V_{rms} I_{rms}^* = \frac{V_{rms}^2}{Z} = I_{rms}^2 Z$$

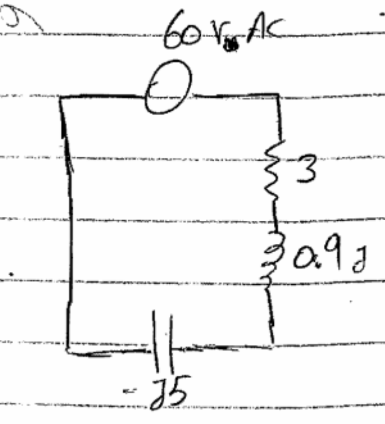
لذا شبیه مثلث امپدانس، مثلث توان تعریف می‌شود.


S توان ظاهری
Q = S Sinθ
توان موهومی
P = S Cosθ
توان واقعی

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$\cos\theta = PF$ ضریب توان

مثال: توان حقیقی (اکتیو) و توان راکتیو (موهومی) را به دست آورید. منبع rms است


60 V AC
3
0.9j
-j5

$$I = \frac{60\angle 0}{3 + (9-5)j} = 12 \angle -53.13$$

$$P = I^2 R = 432$$

$$Q = I^2 (\underbrace{Z_L + Z_C}_{4j}) = 576j$$

راه دوم:

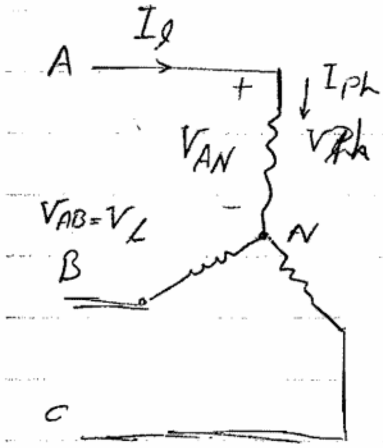
$$S = ZI^2 = 432 + 576\hat{j}$$

$$P = S\cos\theta = \mathrm{Real}(Z) = 432$$

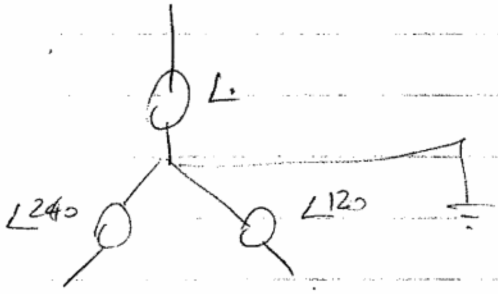
$$Q = S\sin\theta = 576$$

مدار سه فاز:

اتصال ستاره:



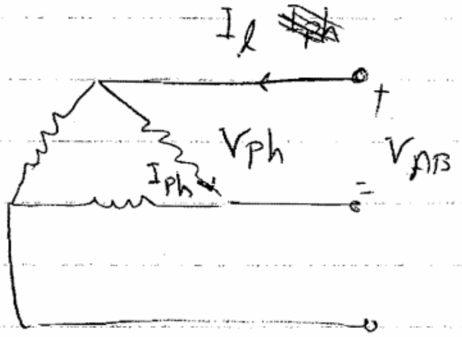
A
I_l
+
I_{ph}
V_{AN}
V_{ph}
−
$V_{AB}=V_L$
B
N
C



$\angle 0$
$\angle 240$
$\angle 120$

در اتصال ستاره ولتاژ خط $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ فاز است و $V_{ab} = \sqrt{3}\, V_{ph} \angle -150^\circ$

جریان خط با جریان فاز برابر است.



I_l ~~I_{ph}~~
+
V_{ph}
V_{AB}
I_{ph}
−

در حالت مثلث ولتاژ خط با ولتاژ فاز برابر است

اما جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فاز است.

توان در سیستم سه فاز:

$$P_a(t) = V_{ph} I_{ph} \cos\theta + V_{ph} I_{ph} \cos(2\omega t + \theta)$$

فاز a

$$P_b(t) = V_{ph} I_{ph} \cos\theta + V_{ph} I_{ph} \cos(2\omega t - 120^\circ)$$

$$P_c(t) = \text{〃} \quad \text{〃} + V_{ph} I_{ph} \cos(2\omega t + 120^\circ)$$

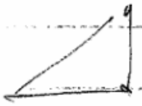
$$P_{3ph} = P_{ph\,a} + P_{ph\,b} + P_{ph\,c}$$

لحظه‌ای

جمع توان های تک تک $= 3 V_{ph} I_{ph} \cos\theta$

اگر بخواهیم برحسب V_l ، I_l بیان کنیم ،

$$P_{3ph} = \sqrt{3} V_l I_l \cos\theta$$

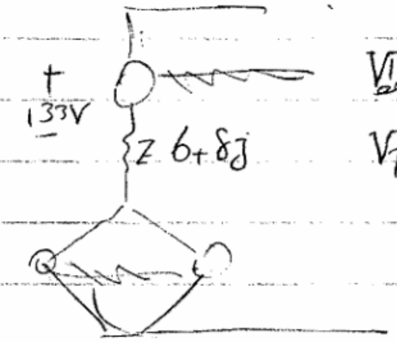


یک مثلث توان مشابه تکفاز وجود دارد. S_{3ph} و Q_{3ph}

مثال،

10

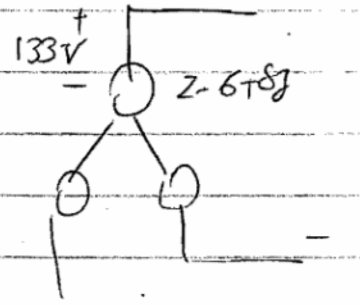
یک سیستم سه فاز متعادل از سه امپدانس $Z=6+8j$ که به صورت ستاره بسته شده اند تشکیل شده است. ولتاژ خط $230V$ است. جریان خط و توان مصرف شده هر فاز را به دست آورید.



$V_{خط} = 230V$

$V_{ph} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 133$

$I_{ph} =$



$I_{ph} = \frac{V_{ph}}{Z} = \frac{133}{10\angle 53} = 13.3\angle -53$

$P_{ph} = R I_{ph}^2 = 6 \times 13.3^2 = 1067w$

فصل چهارم مدارهای الکترومغناطیسی

دو قانون بنیادی علم الکترومغناطیس قانون آمپر و قانون فاراده می‌باشند.

قانون فاراده: $e = -\frac{d\varphi}{dt}$

جهت جریان القایی (یا ولتاژ القایی) طوری است که با تغییر شار مخالفت می‌کند.

برای N حلقه داریم: $e = -N\frac{d\varphi}{dt}$

شار دور $\lambda = N\varphi \rightarrow e = -\frac{d\lambda}{dt}$

ارتباط شار یک سیم‌پیچ و جریان آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$\varphi = Li \xrightarrow{\text{در حالت کلی}} \lambda = Li$

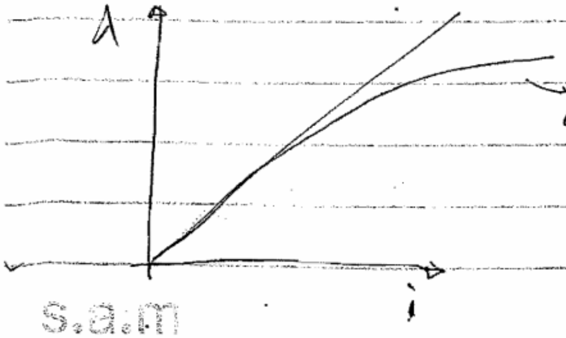
L ضریب خودالقایی سیم‌پیچ

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

ضریب القای متقابل یا اندوکتانس متقابل نیز تعریف می‌شود. M

$$V_2 = M\frac{di_1}{dt} \qquad \begin{cases} V_1 = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt} \\ V_2 = M\frac{di_1}{dt} , L\frac{di_2}{dt} \end{cases}$$

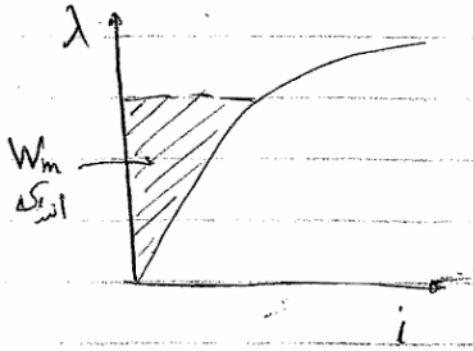
در حالت کلی در مدارها که رابطه L یک عدد ثابت نیست بلکه با تغییر شار تغییر می‌کند (اشباع می‌شود)



s.a.m

انرژی ذخیره شده در سلف برابر است با:

$$W=\int ei\,dt=\int\frac{d\lambda}{dt}i\,dt=\int i\,d\lambda$$



متمم انرژی یا کوانرژی: سطح زیر منحنی ~~λ~~ i است.
متمم انرژی

$$W'_m=\int\lambda\,di=\lambda i-W_m$$

در حالت خطی متمم انرژی با انرژی برابرند.

$d\lambda=6\,di\,(2i+1)$

$B=\mu H$

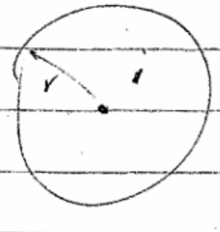
$Hl=I$

قانون آمپر
میدان مغناطیسی H
چگالی شار مغناطیسی $B=\mu H$

- قانون آمپر

$$\oint H\,dl=\sum i$$

به عنوان مثال یک دایره به شعاع r داریم

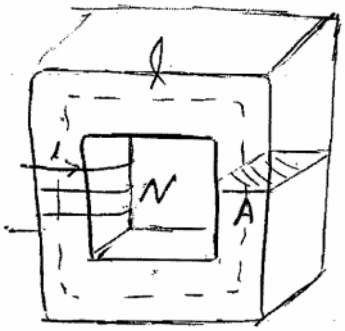


$$H(2\pi r)=i \qquad H=\frac{i}{2\pi r}$$

اگر N رشته سیم با جریان i داشته باشیم سمت راست می‌شود Ni در حالت کلی سمت راست رابطه نیروی محرکه مغناطیسی است mmf که با F نشان داده می‌شود، لذا داریم.

$$F=Ni \qquad \oint H\,dl=F \qquad Hl=F=Ni$$

مدارهای مغناطیسی:



$\varphi = B \cdot A$

$H \cdot l = Ni \rightarrow \frac{B}{\mu} l = Ni = F$

$\frac{\varphi}{A\mu} l = Ni = F \rightarrow \left(\frac{l}{\mu A}\right)\varphi = Ni = F$, mmf

مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس)

جریان = شار الکتریکی

$Ri = V$

مقاومت الکتریکی

نیروی محرکه الکتریکی emf

$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{l}{\sigma A}$

مقاومت

رسانایی

نفوذپذیری

تذکر ۱: ممکن است فاصله هوایی یا قطعات مختلف رلوکتانس به صورت سری یا موازی در مدار دیده شوند. در این صورت شبیه مدار الکتریکی عمل می‌شود.

μ_0 نسبی

$\mu_{\text{آهن}} = 6000\mu_0$

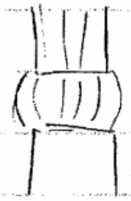
$\frac{3}{3x-1} = 2x$

$\frac{3}{3x-1} = 2x+1$

$\frac{3}{3x-1}$

$\frac{3}{2x+1}$

تذکر ۲: کج شدگی، در فاصله هوایی شار شکفته می‌شود



$(a+g)(b+g) = A_{\text{شکفتگی}}$

$A = ab$

مثال کتاب:

$2x+1$

$6x \times 3 - 3$

$2x+1$

$\frac{3}{2x+1} = 3x-1$

$3x-1 = \frac{3}{2x+1}$

$10 - 3$

$5x - \frac{3}{4x}$

$2x-1 = 9 - 3x$

$3 - \frac{3}{2x+1} = x$

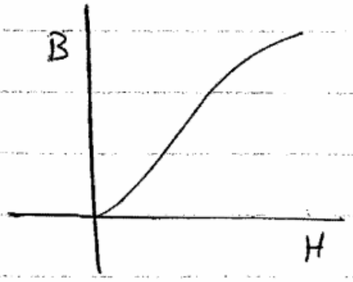
$10 - 3x$

$15 - \frac{3}{2x}$

s.a.m

۱،۲۲

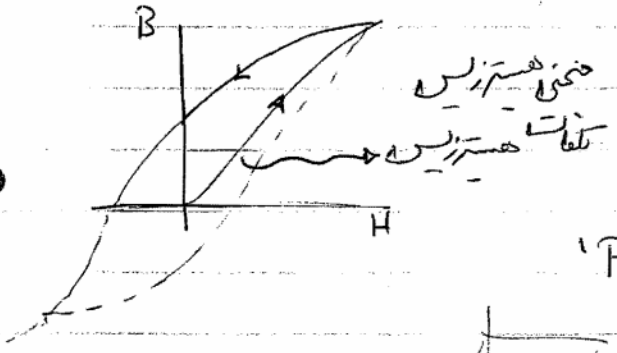
خواص مغناطیسی منحنی B-H



$B = \mu H$

مثال، ۱۵-۱۵ کتاب

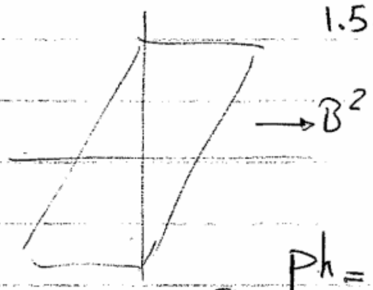
هیسترزیس،



ثابت شود که

1) $P_h \propto B^n$

$1.5 < n < 2.5$



تلفات هیسترزیس

2) $P_h \propto \underset{\text{فرکانس}}{f}$

$P_h = k_h f B^n$

جریان‌های گردابی (فوکو)

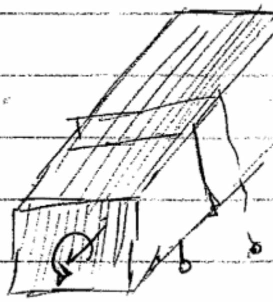
جریان متغیر ← شار متغیر ایجاد می‌کند $\frac{d\phi}{dt}$ و ولتاژ القا شده جریان گردابی (فوکو) پدید می‌آید.

جهت کنترل این پدیده از هسته با:

۱- مقاومت الکتریکی بالا

۲- ورقه ورقه شده (لایه‌ای)

استفاده می‌شود.



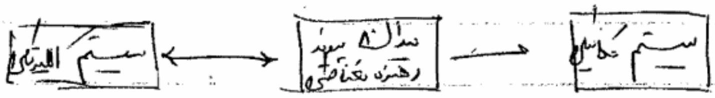
s.a.m

$$P_e = K_e f^2 B^2$$ تلفات فوکو

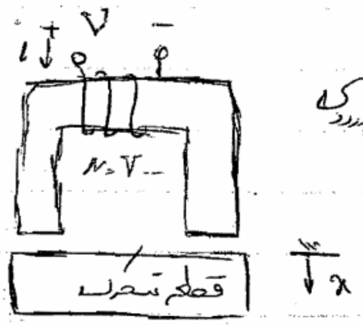
تلفات هسته $= P_c = P_e + P_h + \dots$

تبدیل انرژی الکترومکانیکی:

انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی با حضور واسطه‌ای میدان مغناطیسی تبدیل می‌گردد و بالعکس

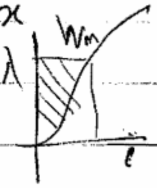


نیروی تولیدی چقدر است؟



کار مکانیکی انجام شده + انرژی ذخیره شده در میدان = انرژی الکتریکی ورودی

$$(ei)dt = dW_m + f_e\,dx$$



$$f_e\,dx = i\,d\lambda - dW_m$$

$$f_e = \frac{i\,d\lambda - dW_m}{dx} \xrightarrow[\text{ثابت } i]{} \frac{\partial}{\partial x}\overset{\text{کمکی}}{(i\lambda - W_m)} = \frac{\partial}{\partial x} W'_m$$

در حالت حرکت آرام $(i = cte)$ نیرو برابر است با مشتق شبه انرژی نسبت به مکان

$$F_e = \frac{\partial W'_m}{\partial x}$$ i ثابت

در حالت سریع $(\lambda = cte)$.

$$f_e = \frac{i\,d\lambda - dW_m}{dx} \xrightarrow[\substack{\lambda = cte \\ d\lambda = 0}]{} -\frac{dW_m}{dx}$$

برابر با منفی مشتق انرژی نسبت به مکان

$$* \quad F_e = -\frac{\partial W_m}{\partial x} \quad *$$

S.a.m

$$W'_m = W_m = \frac{1}{2}R\varphi^2 = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\lambda i$$

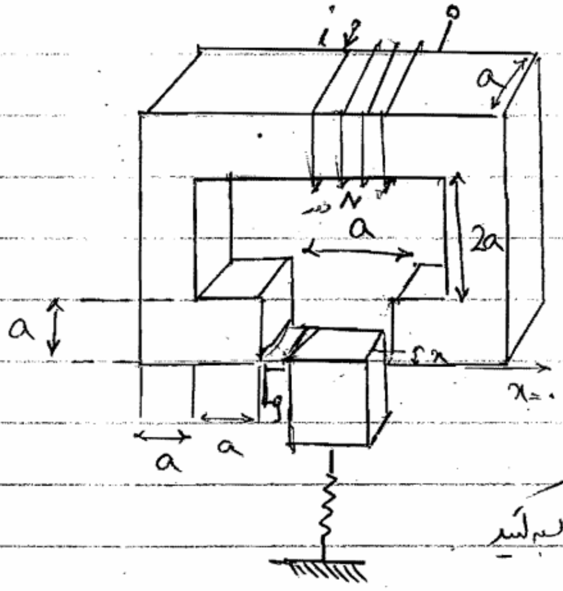
برای حالت $i = cte$ در $W'_m = \frac{1}{2}Li^2$

$$\frac{\partial W'_m}{\partial x} = \frac{1}{2}i^2\frac{dL(x)}{dx}$$

برای حالت $\lambda = cte$ از $W_m = \frac{1}{2}R\varphi^2$

$$f_e = \frac{-\partial W_m}{\partial x} = -\frac{1}{2}\varphi^2\frac{\partial R(x)}{\partial x}$$

سوال امتحانی



مثال: ۱۵-۲۱

ثابت فنر $K = 1N/m$

$a = 0.01m$ $l_g = 0.001m$

$\mu_r = \infty$ شکستگی نداریم $f_e = ?$

mmf را نیز برای آن تقریباً کاملاً داخل هوایی حساب کنید

$$f_e = \frac{\partial W'_m}{\partial x} \rightarrow W'_m = \frac{1}{2}Li^2 \rightarrow L = \frac{N^2}{R} \rightarrow$$

فاصله هوایی $R_g = \frac{l}{\mu_0 A} = \frac{2l_g}{4\pi\times10^{-7}\times ax} \rightarrow L = \frac{N^2}{R} = \frac{N^2}{2l_g}4\pi\times10^{-7}\,ax$

$$W'_m = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\frac{N^2}{2l_g}\times\mu_0(ax)\times i^2$$

$$F = \frac{\partial W'_m}{\partial x} = \frac{1}{4}\frac{\mu_0 a}{l_g}(Ni)^2$$

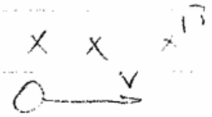
$f_k = kx = 1\cdot x = x \qquad f_k = f \Rightarrow x = \frac{1}{4}\frac{\mu_0 a}{l_g}(Ni)^2$

$0.01 = \frac{1}{4}\times\frac{4\pi\times10^{-7} a}{l_g}\underbrace{(Ni)^2}_{mmf} \longrightarrow Ni = 56.42$

۸۸/۱/۲۵ الله فصل ۴

عمل موتوری : بر بار در حال حرکت در یک میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود

$f = q\vec{V}\times\vec{B}$



یک رسانا حامل جریان در میدان مغناطیسی B قرار دارد

$f = i\vec{l}\times\vec{B} \qquad (f = \underbrace{q\times\frac{1}{t}}_{i}\times B) \qquad f = Bli\sin\lambda$

زاویه بین بردارهای $\vec{l}$, $\vec{B}$

عمل ژنراتوری : $e = \frac{d\varphi}{dt} \longrightarrow e = Blv \qquad (e = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{Blx}{dt}$

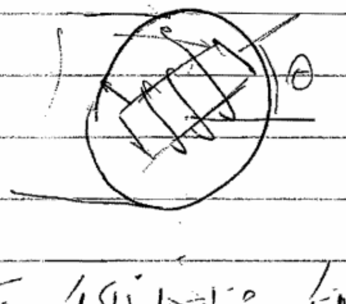
حرکت چرخشی :

$F = -\frac{\partial W_m}{\underset{\text{طول}}{\partial x}} \qquad \text{گشتاور}\ T = -\frac{\partial W_m}{\underset{\text{زاویه}}{\partial \theta}}$

مثلاً

$T = -\frac{\partial W_m}{\partial\theta} \quad (\lambda = cte$ حرکت سریع

$T = \frac{\partial W'_m}{\partial\theta} \quad (i = cte$ حرکت آهسته)



موتورهای الکتریکی و ژنراتورها دارای یک قسمت چرخان به اسم روتور و یک قسمت ثابت به اسم استاتور می‌باشند

S.a.m

یک سیستم مغناطیسی دو کرکره داریم

$$\begin{cases} \lambda_1 = L_1 i_1 + M i_2 \\ \lambda_2 = M i_1 + L_2 i_2 \end{cases}$$

$$W = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} M i_1 i_2 + \frac{1}{2} M i_1 i_2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2$$

$$= \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

$$T = \frac{dW'}{d\theta} = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{dL_1}{d\theta} + \frac{1}{2} i_2 \frac{dL_2}{d\theta} + i_1 i_2 \frac{dM}{d\theta}$$

شکل ۲۴-۱۵

فصل ۵ ترانسفورماتور

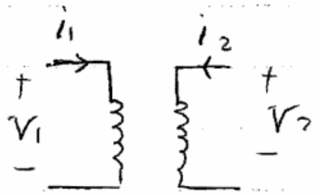
از یک نیروگاه تا محل مصرف معمولاً در چندین مرحله از ترانسفورماتور استفاده می‌شود. ترانسفورماتورها قادر به افزایش و کاهش ولتاژ است.

$$V_1 = N_1 \frac{d\varphi}{dt}$$

$$V_2 = N_2 \frac{d\varphi}{dt}$$

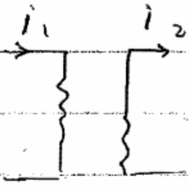
$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \longrightarrow$$ نسبت تبدیل ترانس

نیروی محرکه $F = N_1 i_1 = N_2 i_2 \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1}$



اما اگر فرض کنیم

$$N_1 i_1 = N_2 i_2 \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



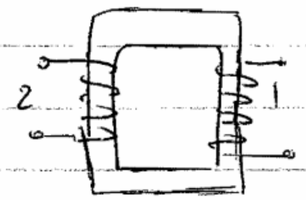
$$E = 4.44\, \overset{\text{فرکانس}}{f}\, \underset{\text{تعداد دور}}{N}\, \varphi \longrightarrow$$ مؤثر $$e = \frac{d\lambda}{dt}$$ ولتاژ

ساختمان ترانس

ترانسفورماتور از یک هسته آهنی و دو سیم پیچ با نام‌های اولیه و ثانویه ساخته شده است. هسته تلفات فوکو و هیسترزیس می‌باشد.

$$P_h = k_h f B^2 \qquad P_k = k_f f^2 B^2$$

سه نوع هسته در ترانس کاربرد دارند.



حفاظت سیم پیچ :

$$P_{cu} = \underbrace{R_1 I_1^2}_{P_{cu}} + \underbrace{R_2 I_2^2}_{P_{cu}}$$

پس

سیم پیچ اولیه   سیم پیچ ثانویه

خنک کردن ترانس :

تلفات آهن (هسته) و تلفات مس (سیم پیچ) باعث گرم شدن ترانس می شود.

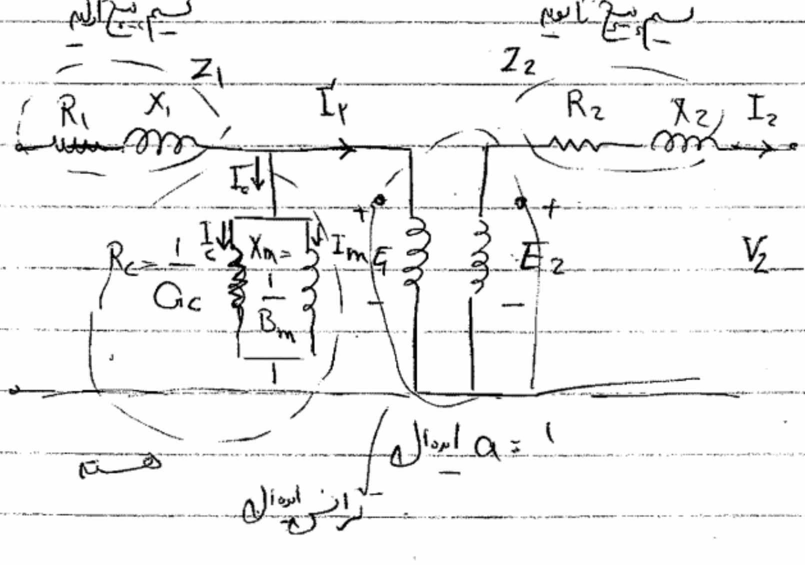
لذا باید ترانس خنک شود

الف) ترانسفورماتورهای خشک با هوا خنک می شوند

ب) 〃 روغنی - روغن 〃

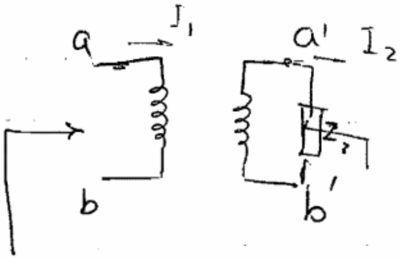
۸۸/۱/۲۹

مدل ترانسفورماتور


سیم پیچ اولیه
سیم پیچ ثانویه
Z_1
Z_2
R_1
X_1
I_φ
R_2
X_2
I_2
I_c
I_m
$R_c = \frac{1}{G_c}$
$X_m = \frac{1}{B_m}$
E_1
E_2
V_2
+
−
هسته
ایده آل $a = 1$
ترانس ایده آل

در ترانس واقعی $a = \frac{N_1}{N_2}$

انتقال امپدانس



$a'b'$ درسمت $Z=Z_1$

ab درسمت $Z=a^2Z_1$

$$a=\frac{N_1}{N_2}=10 \qquad 100kV/10kV$$

$a^2=100$

اگر مقاومت 1 اهم در سمت 10kV داریم یعنی مقاومت 100Ω در سمت 100kV داریم.

$$Z=\frac{V}{I} \Rightarrow a'b' \text{ سمت } Z=\frac{V_2}{I_2}=Z_1$$

مقاومت با ضریب a^2 منتقل می‌شود

$$ab \text{ سمت } Z=\frac{V_1}{I_1}=\frac{aV_2}{\frac{1}{a}I_2}=a^2Z_1$$

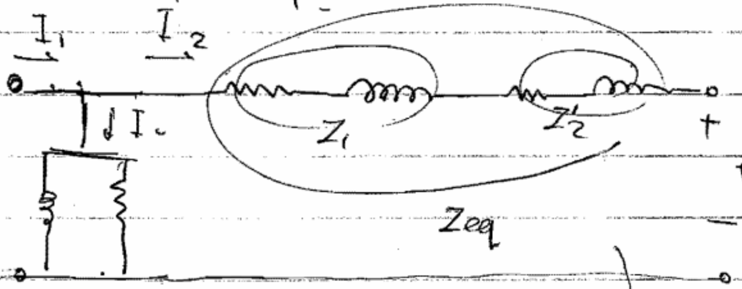
انتقال ولتاژ و جریان: ولتاژ با ضریب a و جریان با ضریب $\frac{1}{a}$ منتقل می‌شود.

از مرحله بعد ترانس ایده‌آل را حذف کنیم $\}\} \rightarrow$

$R'_2=a^2R_2 \qquad V'_2=aV_2$

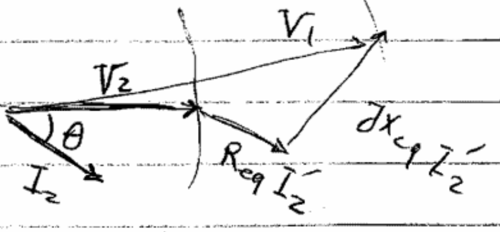
$X'_2=a^2X_2 \qquad I'_2=\frac{1}{a}I_2$

مدار معادل تقریبی ترانس: حال همه را به ابتدای مدار منتقل می‌کنیم



آنگاه Z_1 با Z'_2 برابر است

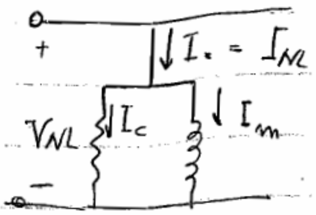
نمودار برداری:



محاسبه پارامترهای مدار معادل

به کمک دو آزمایش مدار باز و اتصال کوتاه پارامترهای بالا را به شرح زیر بدست می‌آوریم

الف) آزمایش مدار باز یا بی‌باری



معمولاً این آزمایش با ولتاژ نامی از سمت فشار ضعیف (یعنی که فشار قوی مدار باز است) انجام می‌شود

جریان بی‌باری که همان جریان هسته است و لذا تلفات بی‌باری همان تلفات هسته می‌باشد

به کمک ولت‌متر، آمپرمتر و وات‌متر، ولتاژ و جریان و توان بی‌باری را داریم، V_{NL}, I_{NL}, P_{NL}

$$P_{NL}, V_{NL} \longrightarrow R_c = \frac{V_{NL}^2}{P_{NL}}$$

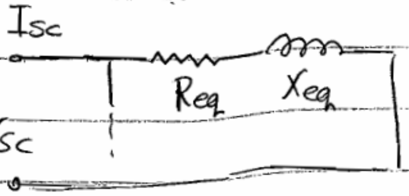
$$Z_c = \frac{V_{NL}}{I_{NL}}$$

$$\Longrightarrow X_m = \sqrt{Z_c^2 - R_c^2}$$

[illegible]

حرارتی

ب) آزمایش اتصال کوتاه



این آزمایش معمولاً در جریان نامی که در سمت کم جریان است (یعنی فشار بالا، به طوری که فشار ضعیف اتصال کوتاه می‌شود) انجام می‌شود.

با داشتن V_{sc}، I_{sc}، P_{sc} داریم،

$$P_{sc}, I_{sc} \longrightarrow R_x = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

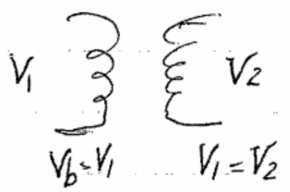
$$Z = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$\Longrightarrow X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

تلفات اتصال کوتاه برابر تلفات سیم پیچ ها در حالت بارداری است

کلی سازی کمیت ها ، PU

$P_b = V_b I_b$ P_b , i_b , V_b $R_b = \frac{V_b}{i_b}$



تماما پارامترها را بر جنس تقسیم می کنیم → تعادل نسبی

یک ترانس ثابت + ولتاژها و جریان های کاهش

$$V_{pu} = 1 \xrightarrow{\text{ولتاژ افت}} V_{pu} = 0.97$$
$$i_{pu} = 1$$
$$P_{pu} = 1$$

بازده ترانس

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \underbrace{P_{cu}}_{\substack{\text{تلفات مسی} \\ R_1 i_1^2 + R_2 i_2^2}} + P_c}$$

$$P_c \rightarrow P_e + P_h$$

از آزمایش بی باری و اتصال کوتاه یک ترانس 10KVA 450/120V نتایج زیر حاصل شده است

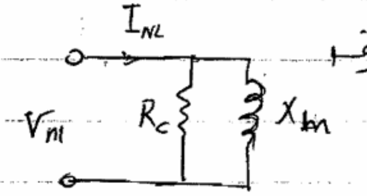
آزمایش بی باری $P_{NL} = 80W$ $I_{NL} = 4.2A$ $V_{NL} = 120V$ ولتاژ به سمت فشار ضعیف اعمال شده

اتصال کوتاه $P_{sc} = 120W$ $I_{sc} = 22.2$ $V_{sc} = 9.65V$ سمت فشار ضعیف اتصال کوتاه شده

الف ا پارامترهای مدار معادل ترانس

ب ا بازده در حالتی که $\cos\varphi = 0.8$ ، حالت بار کامل ، 50% بار کامل

S.a.m



به دست آوردن پارامترهایی که از آزمایش بی‌باری از سمت فشار ضعیف نگاه می‌کنم

$$R_c=\frac{V^2}{P_{NL}}=\frac{120^2}{80}=180\Omega$$

$G_c = 39$

$X_n = \sqrt{Z_c^2-R_c^2}$ — $Z_c=\frac{V}{I}=\frac{120}{4.2}=28.6$

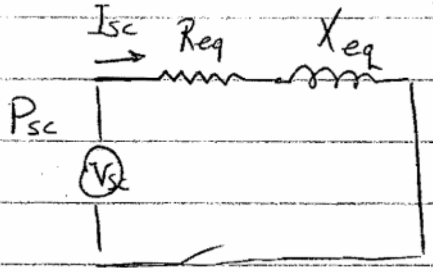
برای المان سری

$$\left.\begin{array}{l} I_c=\frac{V_{NL}}{R_c} \\ I_{NL} \end{array}\right\} \Rightarrow I_m=\sqrt{I_{NL}^2-I_c^2} \Rightarrow X_m=\frac{V_{NL}}{I_m}$$

$$I_c=\frac{V_{NL}}{R_c}=\frac{120}{180}=0.66$$

$$I_m=\sqrt{4.2^2-0.066^2}=4.1 \Rightarrow X_m=\frac{120}{4.1}=29\Omega$$

- آزمایش اتصال کوتاه

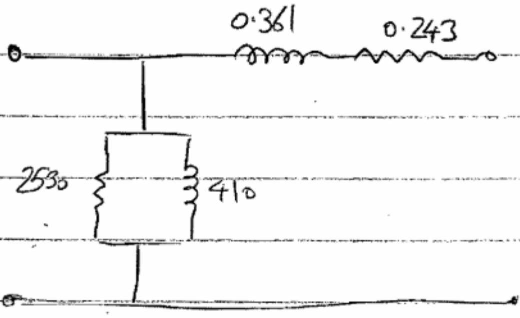


$$R_{eq}=\frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}=\frac{~~9.65~~\ 120}{22.2^2}=0.243\ \Omega$$

$$Z_{eq}=\frac{V_{sc}}{I_{sc}}=\frac{9.65}{22.2}=0.435$$

$$X_{eq}=\sqrt{Z^2-R^2}=0.361$$

تمام پارامترها از سمت فشار قوی دیده شود



$$R'_c=R_c\times a^2=180\left(\frac{450}{120}\right)^2=2530$$

$$X'_m=X_m\times a^2=29\left(\frac{450}{120}\right)^2=408$$

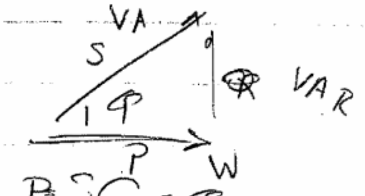
410

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{cu} + \underset{\text{Fe هسته}}{P_c}}$$

P_c : توان آزمایش بی‌باری ، تلفات هسته $= 80W$

P_{cu} : توان آزمایش اتصال کوتاه ، تلفات سیم پیچ $= 120W$
(در ترانسفورماتور ~~اتصال~~ ترانس در بار نامی کار می‌کنیم)

$$\eta = \frac{10\times10^3 \times 0.8}{10\times10^3\times0.8 + 80 + 120} = 0.976 = 97\%$$



$P = S\cos\varphi$

بازده :

$$\eta = \frac{0.5\times10\times10^3\times0.8}{0.5\times10\times10^3\times0.8 + 80 + 120\times\frac{1}{4}} = 0.973$$ بار نیم

۸۸/۲/۱

بازده ماکزیمم :

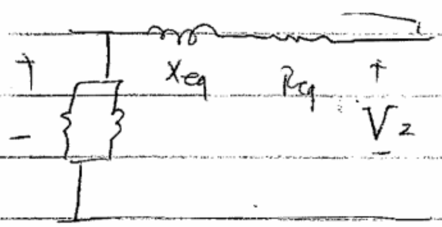
با توجه به رابطه بازده :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{cu} + P_{Fe}} = \frac{VI\cos\varphi}{VI\cos\varphi + RI^2 + P_{Fe}}$$

اثبات می‌شود که زمانی که بازده ماکزیمم است که $RI^2 = P_{Fe}$ و این به این معنی است که تلفات مس (تلفات متغیر با بار) با تلفات آهن (تلفات ثابت بار) برابر باشد.

درصد تنظیم ولتاژ : همانطور که بیان شد ولتاژ خروجی ترانس واقعی کمتر از ترانس ایده‌آل است. این اختلاف با پارامتری به نام درصد تنظیم ولتاژ مطرح می‌شود.

$$\varepsilon = \frac{V_{2NL} - V_{2FL}}{V_{2FL}}$$



s.a.m

می توان اثبات کرد رابطه تقریبی زیر برای درصد تنظیم صحیح است.

$$\mathcal{E} = I_2 R_{eq} \cos\varphi + I_2 X_{eq} \sin\varphi$$

در شرایط بار max

مثال ۱) یک ترانس تکفاز ، 500 KVA ، 2200/1500 V ، 50 HZ در 75٪ بار بازدهی را $\cos\varphi = 1$ حداکثر بوده و برابر 97٪ می باشد. اگر امپدانس پریونیته ترانس $Z_{pu} =$ ~~10%~~ 0.1 درصد تنظیم ولتاژ ترانس ($\mathcal{E}$) را در بار نامی و ضریب توان 0.8 محاسبه کنید

در سیستم پریونیت چون $I_2 = 1$ است

$$\mathcal{E} = I_2 R_{eq} \cos\varphi + I_2 X_{eq} \sin\varphi$$
$$\mathcal{E} = R_{eq} \cos\varphi + X_{eq} \sin\varphi$$

باید R_p و X_p را حساب کنیم

R را محاسبه: بازده حداکثر → تلفات هسته [illegible] تلفات مس

بازده $\eta = 97\%$ → تلفات $= 3\%$

تلفات مس $= 1.5\%$

بازده max در بار 75٪ اتفاق افتاده → $I = 0.75$

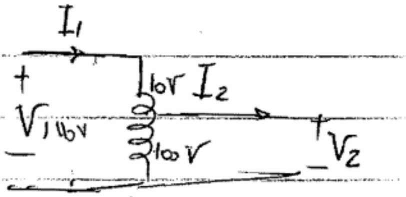
تلفات مس $= P_{cu} = RI^2$

$$0.015 = R \times 0.75^2 \rightarrow 0.026$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{0.1^2 - 0.026^2} = 0.096\ \Omega$$

$$\mathcal{E} = 0.026 \times 0.8 + 0.096 \times 0.6 = 0.078$$

اتوترانسفورماتور: اتوترانسفورماتور عبارت است از ترانسفورماتوری که فقط یک سیم پیچ دارد که قسمتی از آن به سیم پیچ اولیه و قسمتی به ثانویه متصل است



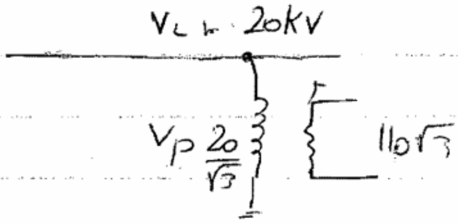
اما عیب عمده آن این است که مدار فشار قوی و مدار فشار ضعیف باهم اتصال الکتریکی پیدا می کنند.

۸۸/۲/۵

ترانس های اندازه گیری: به صورت یک سنسور اندازه گیری جریان یا ولتاژ جهت اهداف حفاظتی، کنترلی و اندازه گیری می باشد.

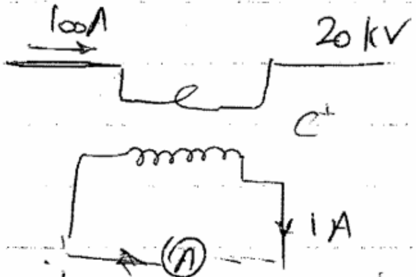
ترانس اندازه گیری ولتاژ (PT یا CVT) دارای دقت بالایی در اندازه گیری ولتاژ می باشد و به صورت موازی به شبکه متصل می گردند.

ولتاژ ثانویه عموما $110/\sqrt{3}$ و $100/\sqrt{3}$ می باشد



ترانس اندازه گیری جریان CT با دقت بالایی جریان را اندازه گیری می کند و به صورت سری به شبکه متصل شده است.

جریان ثانویه عموما 1A یا 5A است



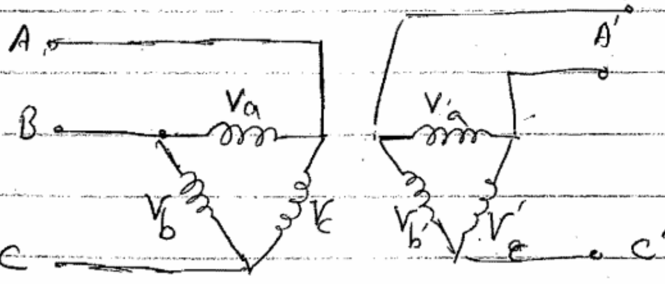
نکته مهم! ثانویه CT نباید مدار باز رها شود ← القای زیاد ← هسته به شدت داغ می شود.
جریان اولیه 100A است، جریان ثانویه حتما باید 1A باشد. اگر مدار باز باشد چه می کند

ترانسفورماتور سه فاز:

ترانسفورماتورها به طور معمول سه فاز می باشند که در این صورت دارای سه سیم پیچ اولیه و سه سیم پیچ ثانویه اند که روی هسته ای با سه ساق قرار گرفته اند

اولیه و ثانویه که می توانند به صورت مثلث یا ستاره بسته شوند پس داریم:

۱- ترانس مثلث - مثلث



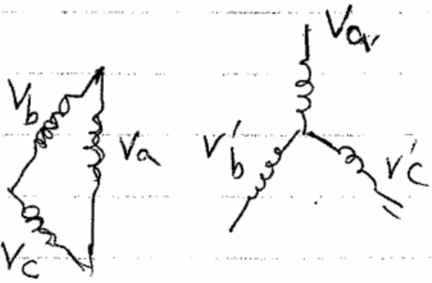
$$\frac{N_1}{N_2} = a \Rightarrow \frac{V_a}{V_a'} = a$$

نسبت تبدیل ولتاژ سیم پیچ ها a

$$\frac{V_{AB}}{V'_{AB}} = \frac{V_a}{V'_a} = a \quad , \quad S_{\text{سه فاز}} = S_{a\,\text{تک فاز}} + S_{b\,\text{تک فاز}} + S_{c\,\text{تک فاز}} = 3S_{\text{تکفاز}} = 3V_{ph}I_{ph}$$

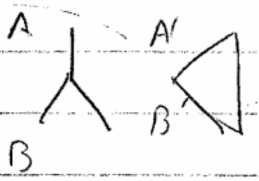
$$\sqrt{3}\,V_l I_l$$

۲- ترانس مثلث به ستاره



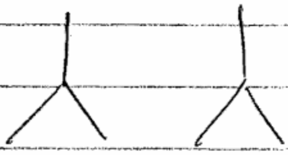
$$\frac{V_a}{V_{a'}} = a = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{V_{AB}}{V_{A'B'}} = \frac{V_a}{\sqrt{3}\,V_{a'}} = \frac{1}{\sqrt{3}}a$$

۳- ترانس ستاره به مثلث



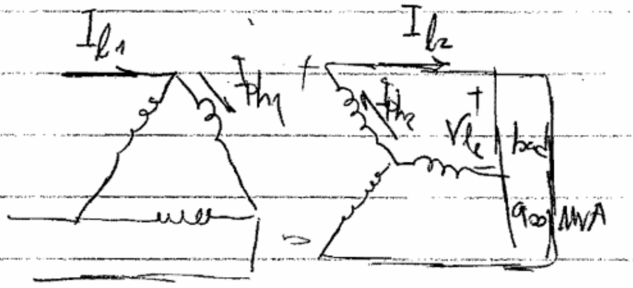
$$\frac{V_{AB}}{V_{A'B'}} = \sqrt{3}\,a$$

۴- ترانس ستاره به ستاره



$$\frac{V_{AB}}{V_{A'B'}} = a$$

مثال سه ترانس تکفاز با مقادیر نامی 13.2k/80kV, 40MVA به صورت مثلث- ستاره به خط 13.2kV
وصل شده. اگر بار 90 MVA باشد
مقادیر زیر را بدست آورید.
الف) ولتاژ خط ثانویه
ب) جریان سیم پیچ های ترانس
ج) جریان های خطوط در دو طرف



الف)

$V_{l} = 13.2\ kV \rightarrow$ اتصال مثلث $\rightarrow V_{Ph} = 13.2kV$

$V_{ph_2} = 80kV$

$\frac{13.2}{80}$ ترانس $\rightarrow$ اتصال ثانویه ستاره است $\rightarrow V_{l} = \sqrt{3} \times 80 = 138\ kV$

نسبت تبدیل ترانس مثلث ستاره $= \frac{V_{l_2}}{V_{l_1}} = \frac{\sqrt{3}}{a}$

$$V_{l_2} = 13.2 \times \frac{1}{\frac{13.2}{80}} \times \sqrt{3} = 138kV$$

ب)

$I_{Ph_1} = I_{Ph_2} = ?$ $\quad S_{\text{سه فاز}} = 90MVA \rightarrow S_{\text{تکفاز}} = 30MVA$

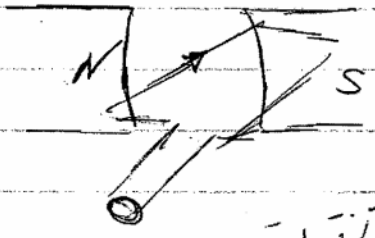
$S_{\text{تکفاز}} = 30 = V_{Rc} I_{Rc} \Rightarrow I_{Ph_1} = \frac{30 \times 10^6}{13.2 \times 10^3} = 2272$

$S_{ph_2} = 30 = V_{Pl} I_{Ph} \rightarrow I_{Ph_2} = \frac{30 \times 10^6}{80 \times 10^6} = 375A \Rightarrow I_{l_2} = I_{Ph_2} = 375A$

S.a.m

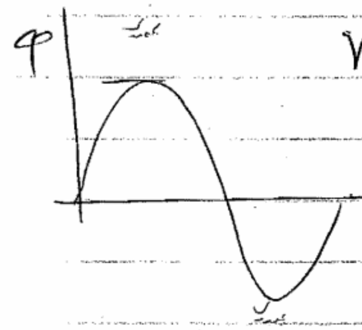
فصل ۶ - ماشین های DC:

اساس کار ژنراتورهای DC:



ولتاژ به علت قطع سیم های رسانا توسط خطوط شار تولید که قطب های N و S تولید می شود.

حداکثر ولتاژ زمانی رخ می دهد که سیم به صورت افقی قرار گرفته است



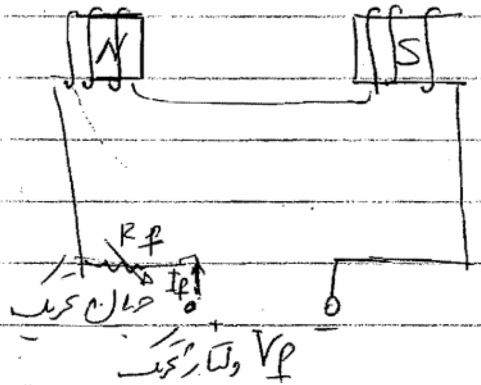
$$V = \frac{d\varphi}{dt}$$

سیستم

* استاتور یا سیم پیچ تحریک ساکن و تولید کننده شار است
روتور یا آرمیچر که بخش متحرک را دارا می باشد.

تحریک: در واقع همان تولید کننده شار است که در ماشین های DC ساکن بوده و در روی بدنه قرار گرفته است.

سیم پیچ تحریک دور قطب ها نصب شده اند:



آرمیچر:

روتور ماشین است که در آن سیم پیچی دوار نصب گردیده و در حالت ژنراتوری در آن ولتاژ القا می شود

S.a.m

φ شار مغناطیسی یک قطب
Z تعداد سیم های آرمیچر
N سرعت ~~بر حسب~~ آرمیچر دور بر دقیقه (دور)

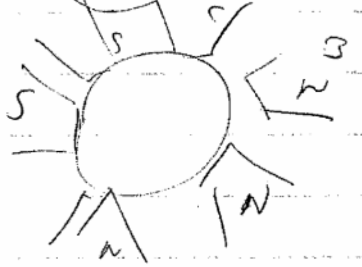
$$e=\cancel{\frac{d\lambda}{dt}}\quad \frac{\Delta\lambda}{\Delta t}=\frac{N}{60}\times\overset{\lambda}{(2\varphi)}$$

(زمان ثانیه است s)

$$\frac{1}{\Delta T}=f$$

P تعداد قطب ها (زوج قطب)
a تعداد مسیرهای موازی (در سیم پیچی نوع حلقوی $a=P$ و در سیم پیچی نوع موجی $a=2$)

$$E=\frac{P}{a}\times\frac{NZ\varphi}{60}=\overset{K}{\frac{PZ}{60a}}\times\varphi\times N \qquad E=K\varphi N$$

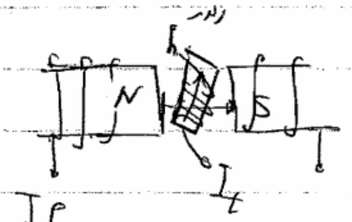


۲۹,۸

معادله نیروی محرکه القائی (ژنراتور) $E=K\varphi N$

ثابت ماشین $K=\frac{1}{60}\times\frac{Z}{a}\times P$

واکنش آرمیچر (عکس العمل آرمیچر)
واکنش آرمیچر عبارت است از تأثیر میدان مغناطیسی آرمیچر بر میدان قطب ها



۱- صفحه خنثی را جابجا می کند
۲- سبب اشباع شار می شود

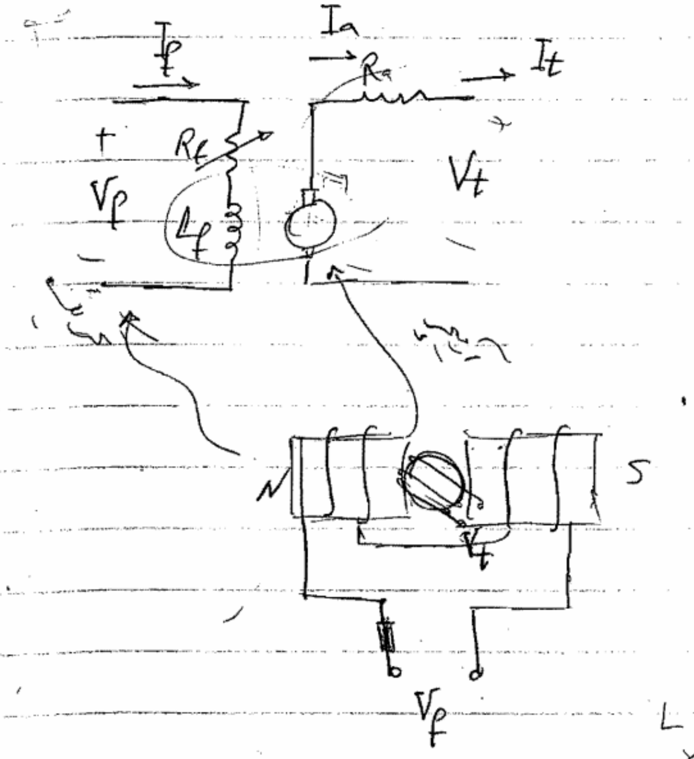
کموتاسیون: در هنگام حرکت آرمیچر قسمتی از سیم پیچ آرمیچر که توسط جاروبک اتصال کوتاه می شود. در این حالت جریان سیم پیچ در حال تغییر است. این پدیده را کموتاسیون می گویند

s.a.m

انواع ژنراتورهای DC،
برحسب تحریک آنها:

۱- تحریک جداگانه   ۲- تحریک موازی   ۳- تحریک سری   ۴- تحریک مختلط

۱- تحریک جداگانه یا مستقل:



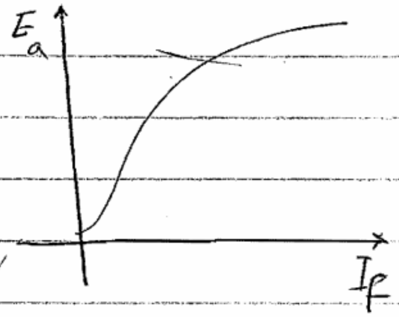
I_f
I_a
R_a
I_t
+
R_f
V_f
L_f
V_t
−
N
S
V_t
V_f

$$I_f = \frac{V_f}{R_f}$$

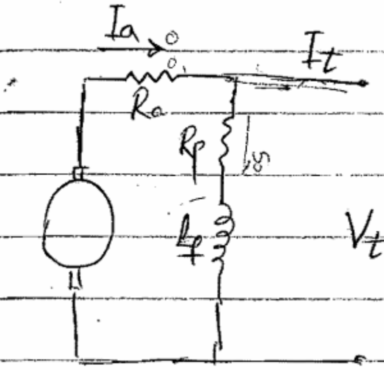
$$V_t = E_a - R_a \boxed{I_a} = I_t$$

$$E = K\varphi N$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} \frac{N_1}{N_2} \longrightarrow \frac{I_{f_1}}{I_{f_2}}$$



تحریک موازی



I_a
I_t
R_a
R_f
I_f
L_f
V_t

$$\begin{cases} V_t = E_a - R_a I_a \\ I_a = I_f + I_t \\ V_t = R_f I_f \end{cases}$$

$$\begin{cases} E = K\varphi N \\ T = K\varphi I_a \end{cases}$$

مثال یک ژنراتور dc که جریان 450 آمپر را با ولتاژ 230 ولت تحویل می‌دهد،
مقاومت سیم پیچ شنت (R_f) و آرمیچر به ترتیب 50 اهم و 0.03 اهم است، نیروی محرکه الکتریکی را

V_t ، I_t ، E_0 ، R_a ، R_f

حل شکل بالا

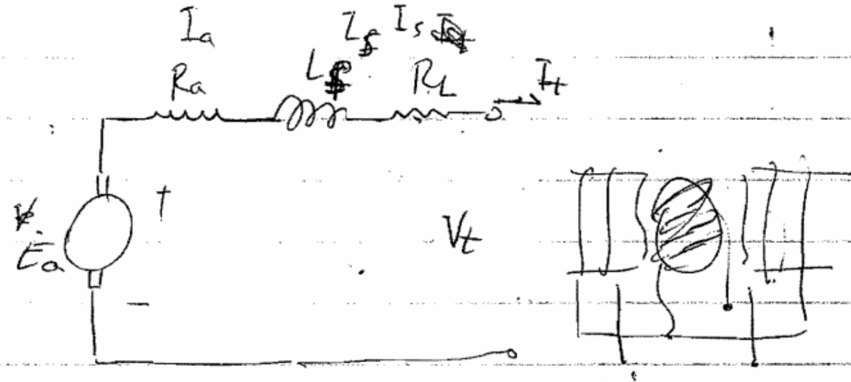
$V_t = R_f I_f \rightarrow 230 = 50 \times I_f \quad I_f = 4.6A$

$I_a = I_f + I_t \rightarrow I_a = 454.6\,A$

$E = V_t + R_a I_a = 230 + 0.03 \times 454.6 = 243.6$

$E = V_t + R_a I_a$ 230

تحریک سری



I_s اینجا مثل آرمیچر است

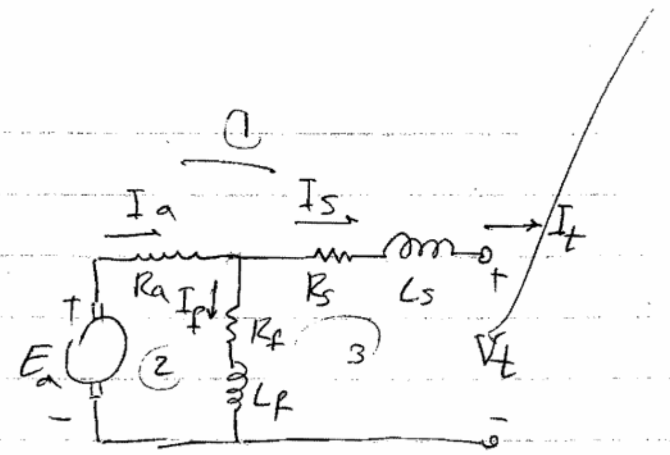
$I_t = I_s = I_a \therefore E_a = V_t + (R_a + R_s) I_t \rightarrow V_t = E_a - (R_a + R_s) I_t$

تحریک کمپوند (مختلط) هم سری وجود دارد هم موازی، بسته به اینکه یکدیگر را تقویت می‌کنند یا تضعیف می‌کنند،

۱ـ کمپوند اضافی
۲ـ ״ نقصانی (سری که موازی را تضعیف می‌کند)
همچنین شنت می‌تواند به آرمیچر نزدیک یا دور باشد
۱ـ کمپوند کوتاه
۲ـ کمپوند بلند (شنت دور است)

S.a.in

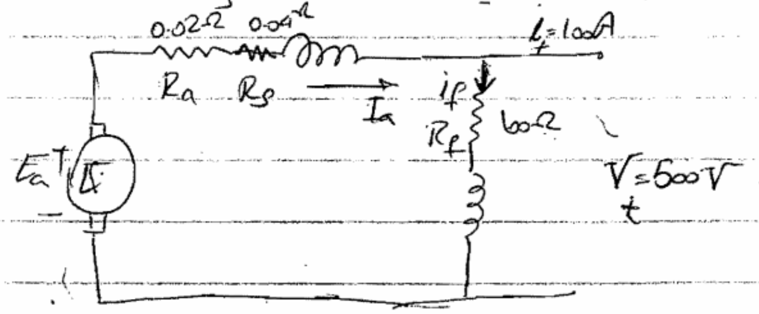
کمپوند اضافی شنت کوتاه:


①
I_a
I_s
I_t
R_a
I_f
R_f
R_s
L_s
L_f
E_a
②
3
V_t
+
-

$$KCL: I_a = I_t + I_f \quad (I_s = I_t)$$

$$KVL \begin{cases} V_t = E_a - R_a I_a - R_s I_s \\ E_a = R_a I_a + R_f I_f \\ R_f I_f = R_s I_s + V_t \end{cases}$$

مثال: یک مولد کمپوند با اتصال شنت بلند جریان 100 آمپر را به ولتاژ 500 ولت به مصرف کننده می‌دهد. اگر مقاومت آرمیچر 0.02 اهم و مقاومت سیم پیچ سری 0.04 اهم و مقاومت سیم پیچ موازی 100 اهم باشد. نیروی محرکه الکتریکی را محاسبه کنید. افت ولتاژ در هر یک از جاروها یک ولت در نظر بگیرید. از عکس العمل آرمیچر صرف نظر نمایید.


0.02Ω
0.04Ω
R_a
R_s
I_a
$i_t = 100A$
i_f
R_f
100Ω
E_a
$V_t = 500V$

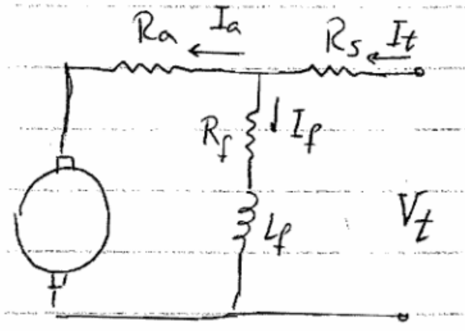
$$500V = 100\Omega \times i_f \longrightarrow i_f = 5A$$

$$i_a = i_f + i_t = 105A$$

$$E_a = 500 + (0.02 \times 105 + 0.04 \times 105) = 506.3$$

$$506.3 + 2 = 508.3$$

مثال، موتور سری $200V$, $500rpm$, $R_a=0.57\Omega$ $I_t=30A$, $I_a=I_t$



$$\begin{cases} E=k\varphi \\ T=k\varphi I_a \end{cases}$$

$200-0.57\times3$

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\times\frac{N_1}{N_2}=\frac{500}{200} \qquad \frac{185}{E_2}=\frac{5}{3}\rightarrow E=111$$

$$E_1=V_t-R_aI_a=200-0.5\times30=185$$

$$E_1=V_t-R_aI_a-R_sI_s \qquad 111=200-0.5\times30-R_s\times20$$

$$R_s=2.46\Omega$$

ب) $E_2=V_t-R_aI_a-R_sI_t=200-5\times0.5-2.95\times15=$

$$=155.6V$$

$$\frac{E_3}{E_1}=\frac{N_3}{N_1} \qquad \frac{155.6}{185}=\frac{N_3}{500}\rightarrow N_3=420\Omega$$

S.A.R

فصل ۷ موتورهای AC

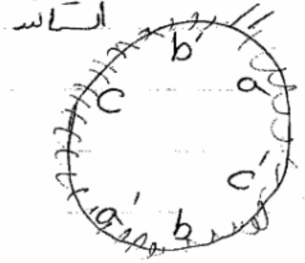
ساختمان موتور آسنکرون یا القایی سه فاز دارای دو بخش اصلی استاتور (ثابت) و روتور (بخش گردان) است

روتور :

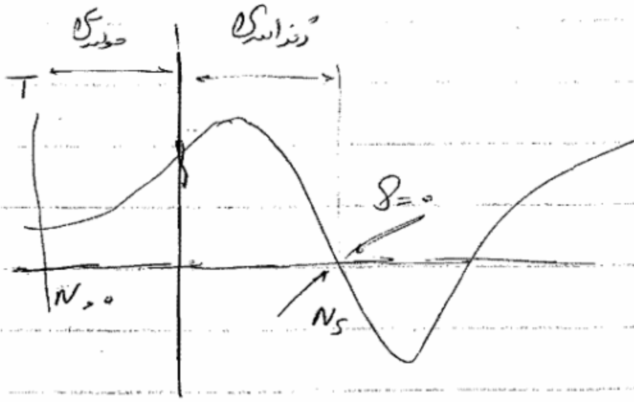
الف) قفس سنجابی

ب) روتور سیم پیچی شده امکان اتصال مقاومت به روتور وجود دارد.

میدان گردان



$n_s = \frac{120f}{P}$



لغزش $= \frac{n_s-n}{n_s} = \frac{1500-1450}{1500} = 0.03 = 3\%$

$S=1 \leftarrow n=0$ در حالت استارت

سرعت سنکرون $\leftarrow n=n$ در حالت سنکرون

ژنراتوری $n>n_s$

موتوری $n<n_s$

$f_r = s f_s$

مثال) یک موتور 6 قطب با روتور سیم پیچی شده به یک منبع سه فاز ۵۰ هرتز متصل است. فرکانس جریان روتور را بدست آورید. (Hz)

$P=6 \quad n_s = \frac{120f}{P} \quad n_s = \frac{120\times50}{6}$

$f=50 \quad n=0 \quad 1000$

الف) در حالت سکون 50 Hz

ب) موتور با 500 دور در جهت میدان گردان بچرخد 25 $\quad S = \frac{n_s}{} \quad \frac{1000-500}{1000}$

ج) " " 200 دور " " " "

" " 500 " خلاف " "

s.a.m

فرکانس جریان استاتور $= \frac{120 f_s}{P}$ $f_s = 50 Hz$

n_s سرعت سنکرون میدان استاتور

n_r سرعت روتور

n'_r سرعت میدان مغناطیسی روتور $f_r = S f_s = ?$

درحالت سکون :

$n_r = 0$ $S = \frac{n_s - 0}{n_s} = 1$

ا) درحالت سکون مشابه ترانس است)

$f_r = S f_s = f_s = 50 Hz$

ب) $n = 500$

$n_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000$

$S = \frac{1000 - 500}{1000} = 0.5$ موتوری $f = 0.5 \times 50 = 25 Hz$

ج) $n = 2000$

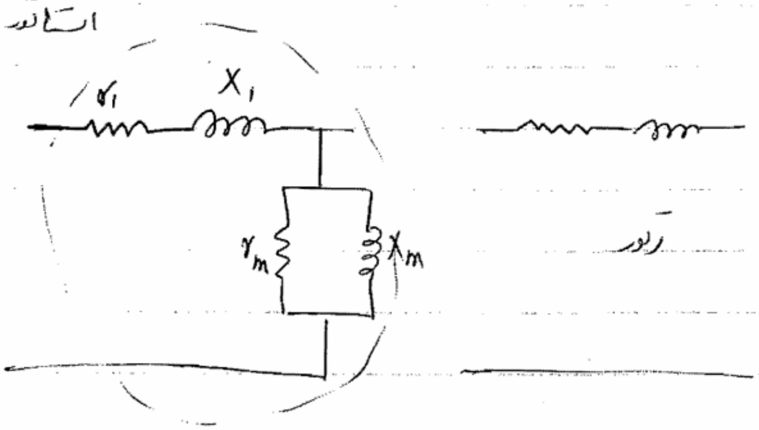
$S = \frac{1000 - 2000}{1000} = -1$ ژنراتوری

د) $f_r = -1 \times 50 = -50 Hz$

$S = \frac{1000 - (-500)}{1000} = 1.5 > 1$ ترمزی

$f = 1.5 \times 50 = 75 Hz$

مدار معادل موتور القایی

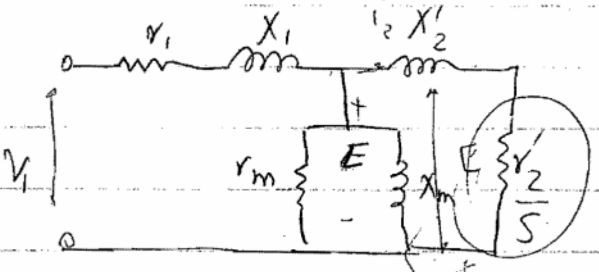

استاتور
r_1
X_1
r_m
X_m
روتور

فرکانس: f فرکانس sf

$E_1 \xrightarrow{\text{نسبت تعداد دور}} E_2$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

مدار معادل مشابه به مدار معادل ترانس است. اما جهت انتقال علاوه بر نسبت $\frac{N_1}{N_2}$ نسبت اختلاف فرکانس $S = \frac{f_2}{f_1}$ نیز وجود دارد؛


r_1
X_1
i_2
X_2'
V_1
r_m
E
+
-
X_m
E
$\frac{r_2'}{S}$

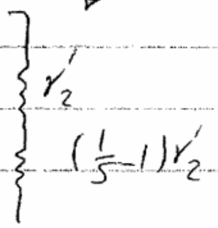
اندوکتانس مکانیکی است

$$E_2 = (r_2 + X_2) i_2 = (r_2 + jL_2 \omega_2) i_2$$

بر S تقسیم کرده ایم

$$E_2' = \left(\frac{r_2}{S} + X_2'\right) i_2'$$

توان فاصله هوایی : P_g ← مربوط به این بخش


r_2'
$(\frac{1}{S}-1) r_2'$

توان مکانیکی $P_m = (1-S) P_g = P_g - P_r$

تلفات روتور $P_r = S P_g$

تلفات استاتور $P_1 = R_1 i_1^2$

$$i_2 = \frac{E_2'}{X_2' + \frac{r_2}{S}}$$

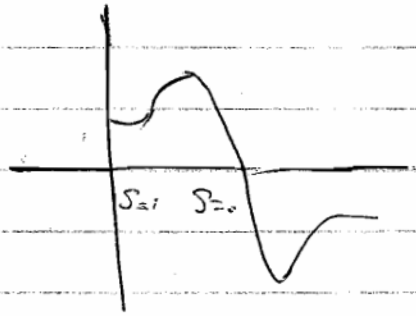
S.a.m

گشتاور $T = \frac{3 \times P_m}{\omega_r} = \frac{3 \times (1-S) P_g}{(1-S) \omega_s} = \frac{3 \times P_s}{\omega_s}$

سرعت روتور

$$P_g = ? = i'^2 \left(\frac{r'_2}{S}\right) = \frac{\overset{= E_1}{E'_2}}{x'_2 + \frac{r'_2}{S}} \overset{x \frac{r'_2}{S}}{\wedge} = \frac{V_t}{(x_1 + x'_2) + (r_1 + \frac{r'_2}{S})} \times \frac{r'_2}{S}$$

$$T = \frac{3}{\omega_1} \left(\frac{V_t^2}{(x_1 + x'_2)^2 + (r_1 + \frac{r'_2}{S})^2} \right) \frac{r'_2}{S}$$



راه اندازی موتور القایی:

۱- کاهش ولتاژ در زمان راه اندازی : به کمک اتوترانس یا اتصال ستاره به مثلث

$$i'_2 = \frac{V_t}{\sqrt{(x_1 + x'_2)^2 + (r_1 + r'_2)^2}} \downarrow$$

۲- استفاده از روتور قفس دوبل

در زمان راه اندازی فرکانس بالاست و طبق اثر پوستی جریان از لایه بیرونی عبور کرده لذا نیز مقاومت زیاد بالا رفته و جریان کم می شود.

۳- استفاده از قفس عمیق [illegible]

۴- استفاده از مقاومت راه انداز در [illegible] القایی سیم پیچی شده.

● بازده و تلفات

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out}+P_r+P_1+P_{Fe}} \qquad P_{at} = P_{in}$$

توان ناخالص

$P_{out} = P_{in} - P_{rot}$ تلفات اصطکاک

ظاهری
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out}+P_{rot}+P_1+(P_{Fe}+P_{at})}$$

به دلیل اینکه عملاً تغییرات درک می‌باشد جهت به دست آمدن بازده کار کم تلفات رتور را با جمله

ما تقریباً تلفات را داریم $P_r = P_1 + P_{Fe} + P_{ext}$

۸۸,۲,۲۶

موتور القایی سه فاز ۶ قطب، $220V$، $60Hz$، $10hp$، مدار معادل در طرف استاتور با پارامترهای زیر است

$R_s = 0.344\Omega \qquad R'_r = 0.147$

$X_s = 0.498\Omega \qquad X'_2 = 0.2248 \qquad X_m = 12.6$

$n_s = \frac{120 \times 60}{6}$

تلفات گردشی و تلفات آهن تقریباً 262W است و ثابت فرض می‌شود. برای لغزش 2.8٪ مقادیر زیر را به دست آورید. (هر اسب 746 وات است)

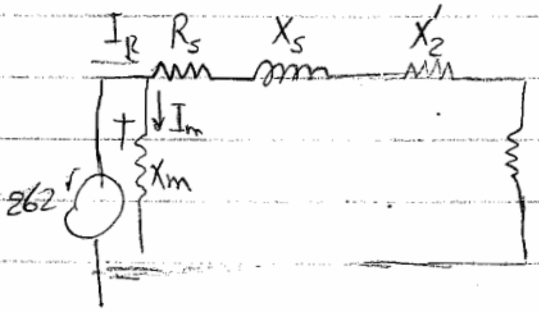
$0.28 = \frac{1200 - n}{1200}$

الف) جریان و ضریب توان خط

ب) گشتاور و توان حرکتی

ج) بازده

$\frac{220}{\sqrt{3}} = 127$



$$I_R = \frac{127}{0.244+5.25+j0.722} = 25.52 \angle 7.4$$

$$I_m = \frac{127}{j \times 12.6} = -j10.8$$

$$I_L = 22.32 - j(2.88 + 10.08) = 25.82 \angle -30.1 \qquad \cos(-30.1) = 0.865$$

s.a.m

$\underset{\text{فاصله هوایی}}{P_g} = 3 \times I_R^2 \times \frac{R_2'}{S} = 7988$, $P_M = (1-S)P_g = 7764$ W

تلفات چرخشی $= 262$ W

$P_{out} = P_m - \underset{\text{تلفات}}{P} = 7502$W $\qquad T = \frac{P_{out}}{W_n}$

سنکرون $n_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{\cancel{6}} = 1200$, $S = 2.8\%$

$n_m = (1-S)\,1200 = 1166$ Rpm $\qquad W = \frac{2\pi n_m}{60} = 122.1\ \frac{Rad}{S}$ زاویه‌ای

$\rightarrow T = \frac{7502}{122.1} = 61.4$ N.m

تلفات روتور $= P_g - P_M = SP_g = 224$W $\qquad$ تلفات استاتور $= 3RI^2 =$ [illegible]

$\eta = \frac{7502}{1174 + 7502} = 86.5\%$

جمع تلفات

s.a.m

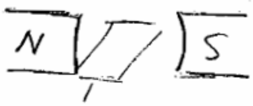
فصل هشتم دستگاه‌های اندازه‌گیری

کلاس دستگاه: دستگاه‌های اندازه‌گیری برحسب دقت خود درجه‌بندی می‌شود، مثلاً دارای کلاس‌های 0.5 ، 1 ، 1.5 و غیره می‌باشند. این اعداد بیانگر حداکثر درصد خطای که دستگاه در دمای 20°C و شرایط استاندارد است.

گسترش حدود سنجش:
برای بالا بردن حدود سنجش در جریان dc از مقاومت‌های موازی (شنت) و سری و در جریان ac که متناوب است از ترانس اندازه‌گیری جریان و ولتاژ استفاده می‌شود.

۸۸،۲،۲۹

۱- دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان: ص ۸ فصل ۱۴



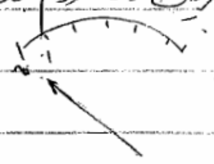
بین دو قطب آهن‌ربا هسته‌ای استوانه‌ای قرار گرفته که حول محور خود قابل گردش است. در روی هسته یک قاب از سیم پیچی نازک قرار گرفته. گشتاور هسته از نیروی الکترومغناطیسی متناسب با جریان است.

$T = KI$ الکترومغناطیسی

$T = k_1 \alpha$ از جهت فنری $\longrightarrow I = K'\alpha$

زاویه

برای اندازه‌گیری جریان dc و ولتاژ dc به کار می‌رود

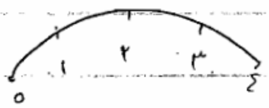


۲- دستگاه اندازه‌گیری با آهن نرم گردان:

دارای آهن نرمی که از آهن ربایی باشد می‌تواند حرکت دورانی داشته باشد سیم پیچی روی بدنه ثابت است.

الکترومغناطیسی $T = KI^2$ $T = k_1 \alpha$

فنری: $I^2 = K\alpha$



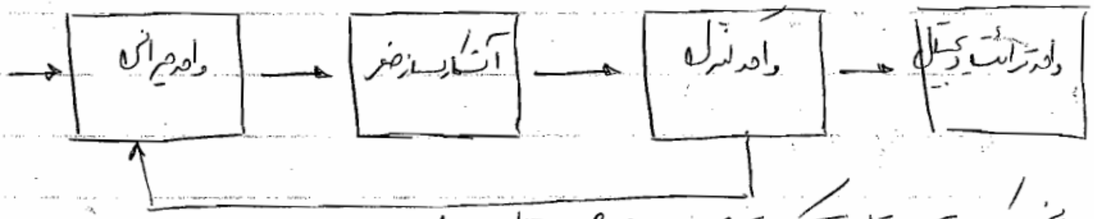
۳- دستگاه اندازه‌گیری گردان الکترودینامیکی:

شبیه دستگاه قاب گردان است. با این تفاوت که هر دو بخش ترکیب خارجی اعمال شده و لذا حاصلضرب ولتاژ و جریان را که همان توان باشد اندازه‌گیری می‌نماید. (مثلاً ولتاژ به سر آن جریان به سیم پیچ)

۴_ دستگاه اندازه‌گیری القایی
مشابه موتور القایی عمل می‌نماید.

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال:

بلوک دیاگرام یک ولت‌متر دیجیتالی به شکل زیر است.



_ واحد جبرانی یک پتانسیومتر است که ولتاژ V_{st} را با ولتاژ مورد نظر V_x معادل می‌سازد.

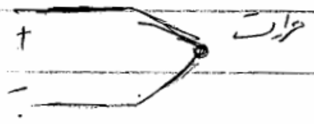
_ آشکارساز صفر، اختلاف بین ولتاژ اندازه‌گیری شده و ولتاژ استاندارد را نشان می‌دهد. $\Delta V = V_x - V_{st}$

_ واحد کنترل، سبب می‌شود مقدار ΔV کنترل شده و به سمت صفر میل نماید.

_ نمایش اعداد دیجیتالی به صورت دیود نوری یا لامپ حبابی انجام می‌یابد.

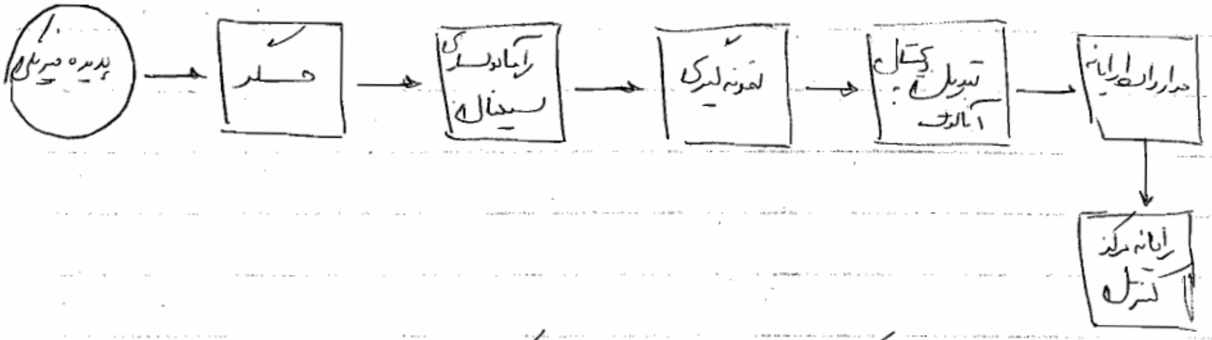
سیستم‌های اندازه‌گیری و مبدل‌ها:
در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی نیاز به سنجش پاره‌ای کمیات فیزیکی مانند نیرو، کشش، درجه حرارت، فشار و شار ضروری است. این اندازه‌گیری‌ها توسط دستگاه‌هایی به نام حسگرها یا سنسورها یا مبدل‌ها انجام می‌شود که قابلیت تبدیل کمیت فیزیکی به کمیت الکتریکی را دارند.

اندازه‌گیری درجه حرارت:
دو حسگر معروف جهت اندازه‌گیری درجه حرارت وجود دارد.
الف) ترموکوپل: از اتصال دو فلز غیرمشابه ساخته می‌شود که در اثر حرارت ولتاژ ایجاد می‌کند.



ب) حسگر مقاومتی ۱) RTD: بر مبنای تغییر مقاومت خود بر اثر تغییر درجه حرارت کار می‌کنند. (مثل PT 100)

noise:

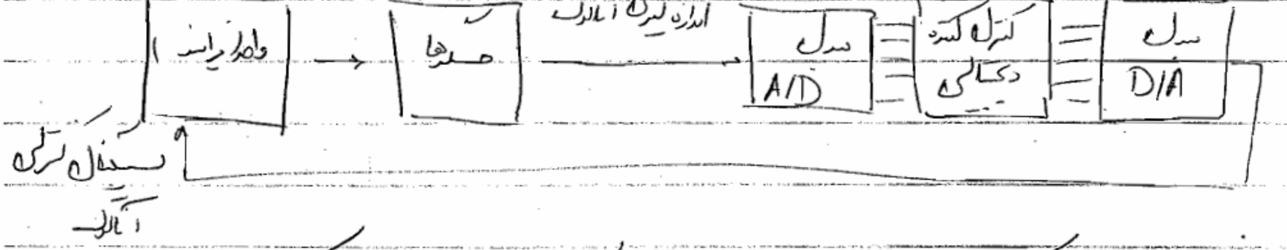

۱. پدیده فیزیکی
حسگر
آماده‌سازی سیگنال
نمونه‌گیری
تبدیل آنالوگ به دیجیتال
مدار واسط رایانه
رایانه مرکز کنترل

نویز: به معنای هر سیگنال ناخواسته‌ای است که با اندازه‌گیری تداخل نماید.
نویز یک پدیده غیرقابل اجتناب در همه اندازه‌گیری‌هاست.

روش‌های کاهش نویز:
۱- سیم‌کشی صحیح و زمین کردن مناسب
۲- شیلد کردن shielding (مثل کابل آنتن تلویزیون)
۳- استفاده از زوج سیم تابیده (کابل‌های دیتا I&C)

تبدیل آنالوگ به دیجیتال A/D و دیجیتال به آنالوگ D/A

برای بهره‌گیری از قابلیت‌های رایانه‌ها باید سیگنال‌ها را از قطعات و ابزارهای خارجی به رایانه و بالعکس منتقل کرد. لذا نیاز به تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال و برعکس می‌باشد.

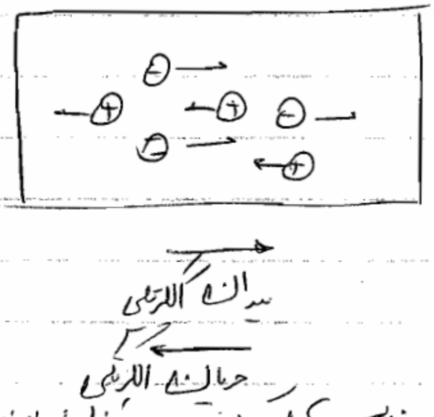

واحد فرایند
حسگرها
اندازه‌گیری آنالوگ
مبدل A/D
کنترل‌کننده دیجیتالی
مبدل D/A
سیگنال کنترلی آنالوگ

مبدل دیجیتال به آنالوگ یک عبارت دودویی را به یک ولتاژ یا جریان تبدیل می‌کند.

۸۸،۳،۲

فصل ۸هم مبانی الکترونیک

قطعات الکترونیکی بر پایه نیمه رساناها استوارند. نیمه رساناها دارای دو نوع حامل بار هستند حفره ها و الکترون های آزاد. که وقتی نیمه رساناها تحت تأثیر میدان الکتریکی خارجی قرار می گیرد و در جهت مخالف حرکت می کنند و سبب برقراری جریان الکتریکی در راستای میدان می گردند.

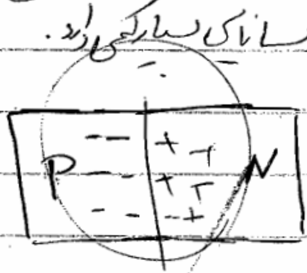


قطعاتی که نیمه رساناها به ندرت از نیمه رساناهای خالص یا ذاتی ساخته می گردد. عموماً فرایند ناخالص سازی به کار گرفته می شود. ناخالص سازی که با اضافه کردن ناخالصی به ساختمان بلوری نیمه رسانا انجام می گردد.

نیمه رساناهایی که ناخالصی آن عناصر دهنده هستند، جریان وابسته از طریق الکترون های آزاد برقرار می کنند و بنابراین نیمه رساناهای نوع n نامیده می شوند.
اگر عناصر پذیرنده به عنوان ناخالصی به کار روند حاملین اکثریت بار مثبت حفره ها هستند. نیمه رساناهای نوع P

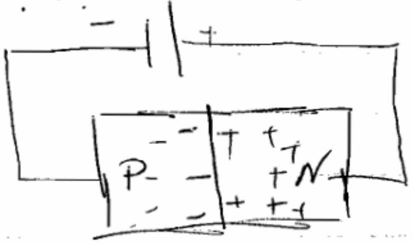
پیوند P-n در دیود نیمه رسانا:

سنگ بنای تمام قطعات نیمه رساناها یک پیوند pn است که در آن دو نوع نیمه رسانای نوع n و P کنار یکدیگر قرار داده می شوند. وقتی چنین پیوندی تشکیل می گردد الکترون ها و حفره ها از محل پیوند گذشته و به طرف دیگر می روند. هر ناحیه ای خالی از بار حامل آزاد ایجاد می شود که رسانایی بسیار کمی دارد.



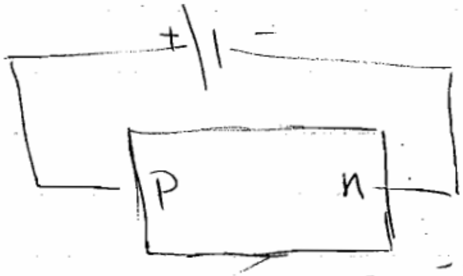
در شکل یک بار منفی در سمت چپ پیوند و تعدادی الکترون آزاد است و در سمت راست بار مثبت و کمی بار آزاد وجود دارد.

اعمال اختلاف پتانسیل از N به P:

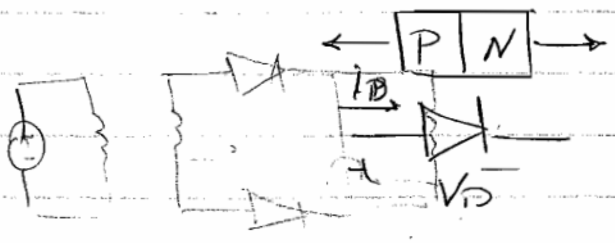


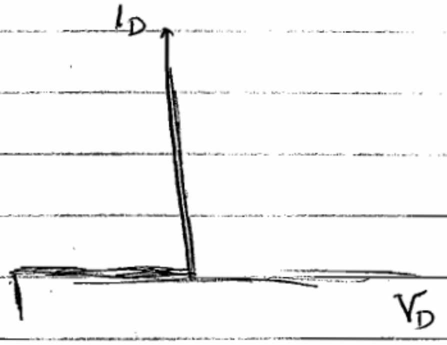
در این حالت ناحیه خالی از بار را تقویت نموده‌ایم لذا جریان عبوری از این پیوند کم خواهد شد.

اعمال اختلاف پتانسیل از P به N:



باعث می‌شود که ناحیه خالی از بار کم شود و جریان قابل توجهی بتواند از پیوند عبور کند.
اتصال P-N یک دیود است.

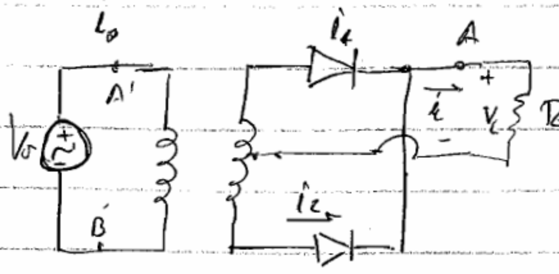


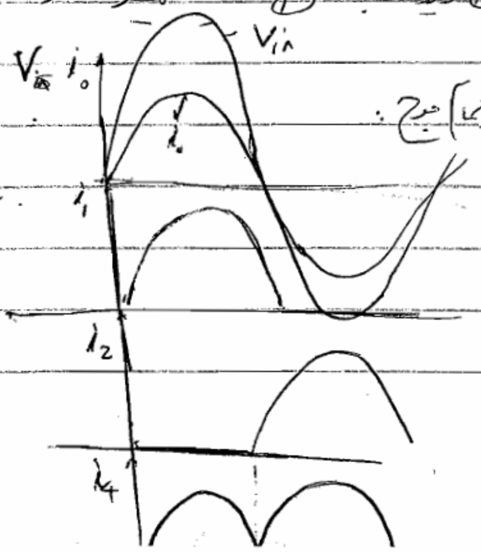


مدارهای کاربردی دیود:

ویژگی غیرخطی دیود، بخصوص خاصیت یکسوسازی آن، دیود را بسیار پرکاربرد می‌سازد.

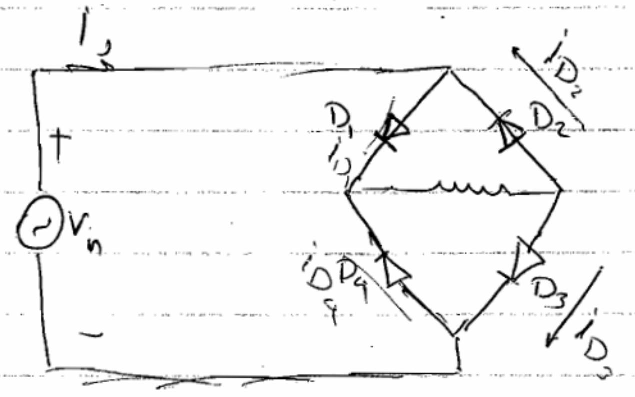
یکسوساز تمام موج:

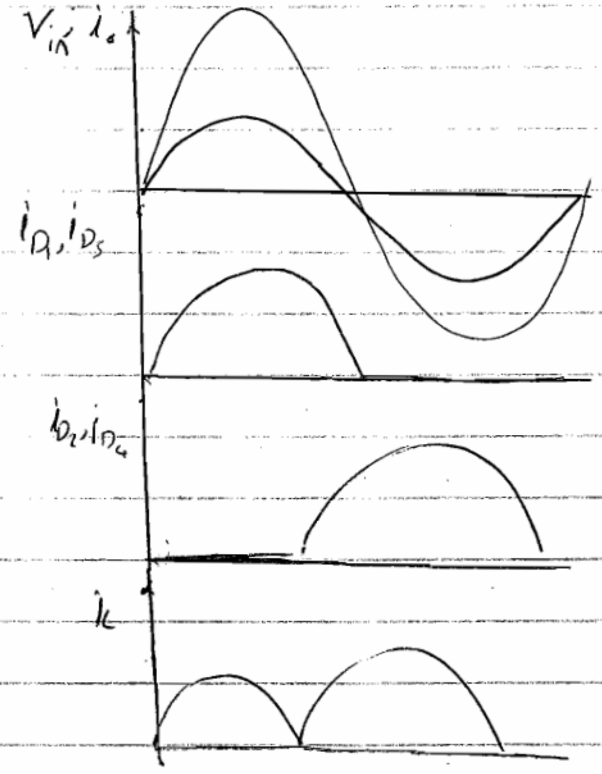




S.G.IR

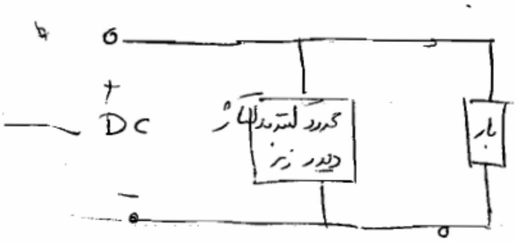
ب- یکسوساز پل


i_d
+
V_{in}
−
D_1
i_{D_1}
D_2
i_{D_2}
D_3
i_{D_3}
D_4
i_{D_4}



کاربرد دیود:

منابع تغذیه DC در یکسوکننده و کلیدها. در مدار برش قطع - کاربرد داشته در این زمینه دیود زنر است. دیودهای زنر برخلاف دیودهای عادی در شکست $V = z$ دیودها کار می‌کنند



ناحیه ای که دیود زنر جهت محدودکننده ولتاژ به کار گرفته می شود ، ناحیه شکست معروف است. این ناحیه از یک ولتاژ معین به بالا اتصال کوتاه می شود و اجازه نمی دهد جریان به بار برسد و حفاظت می کند

دیودهای نوری

یکی از ویژگی های مواد نیمه رسانا که در سیستم های اندازه گیری (سنسورها) نیز به کار برده می شوند ، پاسخ آن ها به انرژی نور است . در دیودهای که از نوع دیودهای نوری ، وقتی نور به ناحیه تهی یک پیوند PN می رسد سبب می شود که براساس پدیده فوتوالکتریک ، یونیزه شدن نوری ، زوج های الکترون - حفره ایجاد گردد

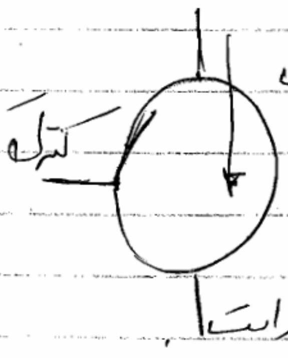
کاربرد ۱- سلول های خورشیدی
۲- LED ها یا دیودهای تابش نور

ترانزیستور:

ترانزیستور یک قطعه نیمه رسانای سه پایه است که دو کاربرد در طراحی مدارهای الکترونیکی را انجام می دهد:

۱- تقویت
۲- کلیدزنی

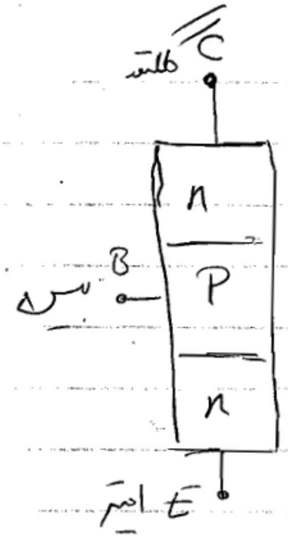
و از آن دو نوع معروف است:
الف) ترانزیستورهای BJT یا پیوند دوقطبی
ب ـــ " ـــ FET یا اثر میدان

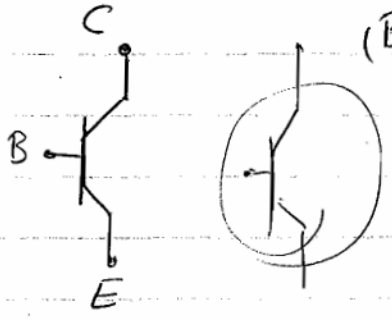


BJT ها قطعه کنترل شونده توسط جریان است اما FET قطعه کنترل شونده با ولتاژ است.

* تحلیل مدارهای شامل ترانزیستور از مدل های منبع جریان کنترل شده توسط جریان یا ولتاژ استفاده می شود.

ترانزیستورهای دوقطبی (BJT)





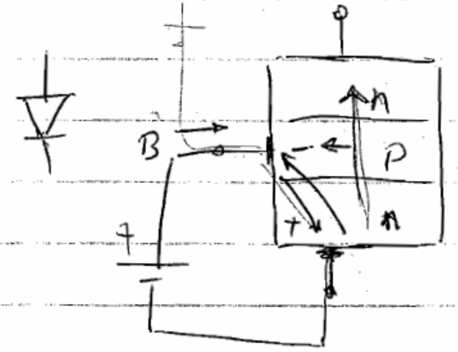
می‌توانیم ترانزیستور pnp را نیز متصور باشیم،

نحوه کار BJT ، npn را می‌توان با بررسی دو دیود pn پشت به پشت توصیف کرد.

پیوند بیس - امیتر وقتی که بایاس مستقیم است، تقریباً مانند دیود عمل می‌کند

بنابراین وقتی کلکتور باز و پیوند BE بایاس مستقیم است می‌توان عبور جریان حاصل از حرکت الکترون‌ها از بیس به امیتر در نظر داشت.

حامل‌های بار



اکنون فرض می‌کنیم پیوند بیس ~~[illegible]~~ کلکتور (CB) را طوری وصل کنیم که بایاس معکوس شود.
در این حالت الکترون‌هایی که از امیتر به علت بایاس مستقیم پیوند BE خارج گشته به ناحیه باریک بیس می‌رسند و پس از آنکه تعداد اندکی با بازترکیب از بین می‌روند، تعداد قابل توجهی با جذب شدن توسط کلکتور خارج می‌شوند.

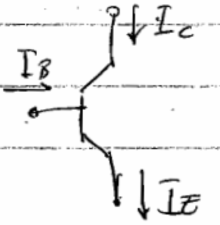
β ضریب = $\frac{I_C \text{ جریان تا}}{I_B \text{ تا}}$

در واقع جریان کلکتور توسط جریان B کنترل می‌شود

$I_C = \beta I_B$

β می‌تواند بین 20 تا 200 باشد.

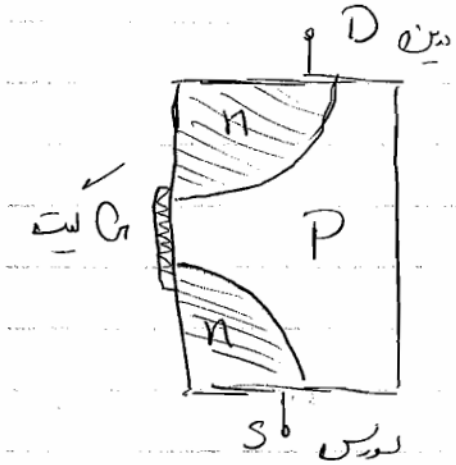
$I_E = I_B + I_C$

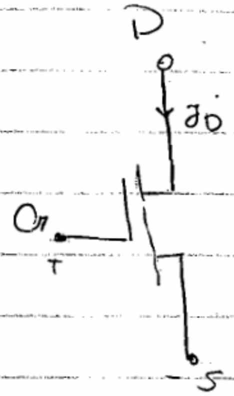


- ترانزیستور اثر میدان (FET)

نحوه کار MOSFET یا ترانزیستور در [illegible] کانال n :

مفهومی که مبنای کار ترانزیستورهای اثر میدانی یا FET است. آن است که پهنای کانال هدایت الکترون در یک نیمه رسانا را با به کار بردن یک میدان الکتریکی خارجی تغییر داد.





دو ناحیه n^+ (جاهایی که n زیاد یا الکترون ها زیاد) در دو طرف گیت قرار دارد و به "درین" و "سورس" معروف اند. می توان با اعمال یک ولتاژ مثبت به گیت، یک میدان الکتریکی بین گیت و سطح نیمه رسانا ایجاد کرد. اثر میدان الکتریکی، که قدرت آن بستگی به ولتاژ گیت دارد، آن است که حامل های مثبت را از سطح مقطع نیمه رسانا دور کند.

بنابراین در یک لایه باریک بین ناحیه های n^+، ماده نوع p وارونه شده، حامل بار نوع n را برای رسانایی در اختیار می گذارد. این لایه، کانال هدایت است که پهنای آن با تغییر میدان الکتریکی کنترل می شود.

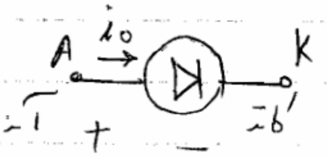
$$i_D = k V_{GS}$$

فصل دهم: الکترونیک قدرت

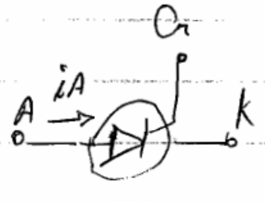
یکی از مهمترین کاربردهای قطعات الکترونیک قدرت ایجاد و کنترل جریان و ولتاژ مورد نیاز بارهای الکتریکی است.

برخی قطعات الکترونیک قدرت

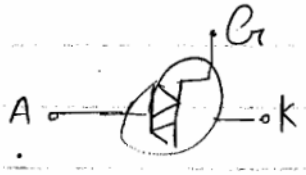
۱- دیود



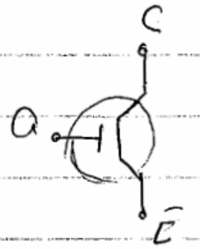
۲- تایریستور



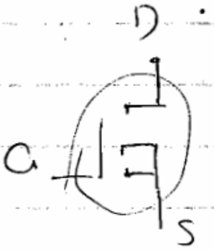
۳- تریاک



۴- ترانزیستور دوقطبی (IGBT)



۵- ترانزیستور MOSFET،



تایریستور: عملکرد تایریستور مشابه دیود قدرت است و دارای یک مسیر اضافه به نام گیت (G) برای کنترل جریان هدایت می‌باشد. تایریستور به محض اعمال جریان کافی به سر مربوطه گیت با شرط آنکه ولتاژ آند (A) بزرگتر از ولتاژ کاتد (K) باشد یعنی ($V_{AK} > 0$) شروع به هدایت می‌کند

تریاک

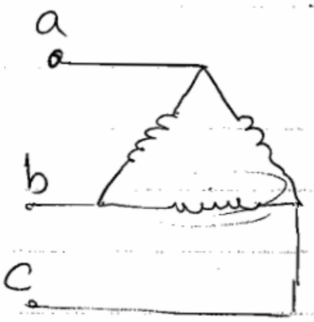
شامل دو تا تریستور و یک گیت است. گیت سبب کنترل جریان در هر یک از جهت‌ها می‌شود. در واقع تریاک همان تایریستور دو جهته می‌باشد

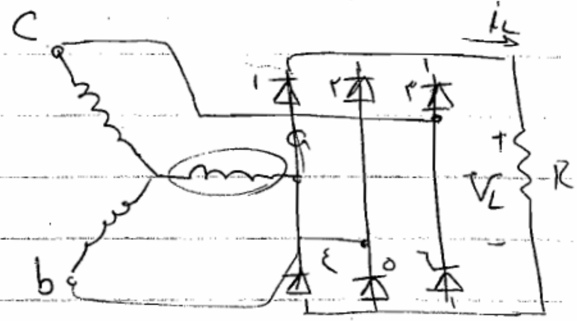
ترانزیستور قدرت، ترانزیستورهای قدرت کنترل شده ولتاژی می‌باشند

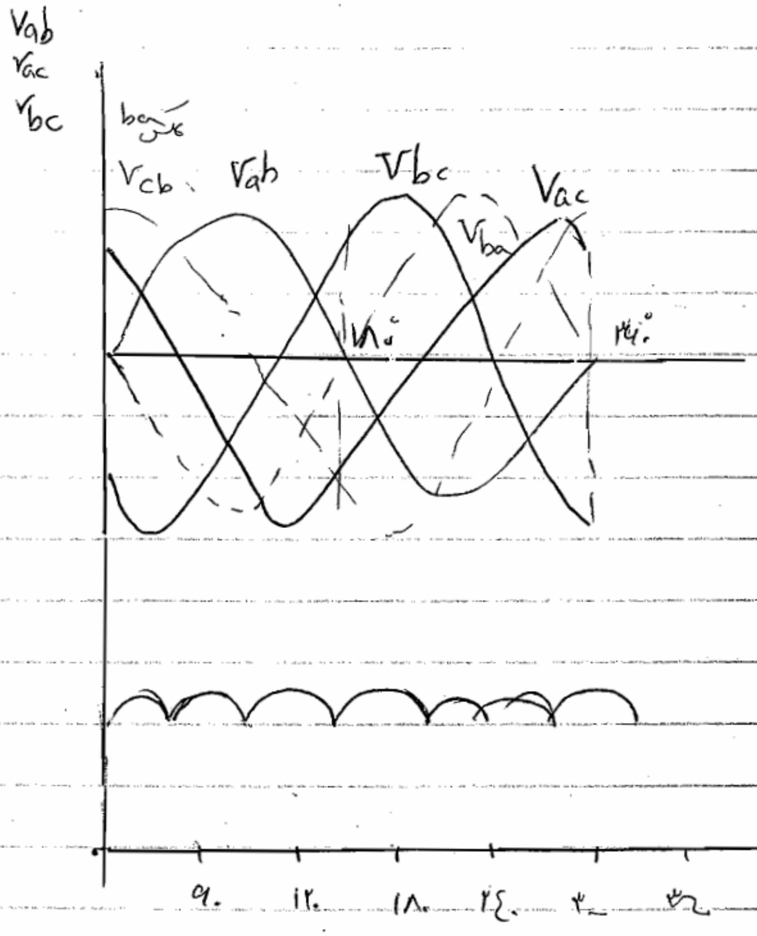
ترانزیستورهای MOSFET، از نظر سرعت نسبت به IGBTها سریع‌تر می‌باشند

کاربردها:

یکسوکننده های سه فاز:

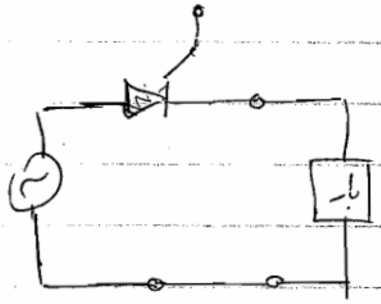



C
b
a
i_L
۱
۲
۳
۴
۵
۶
+
V_L
-
R

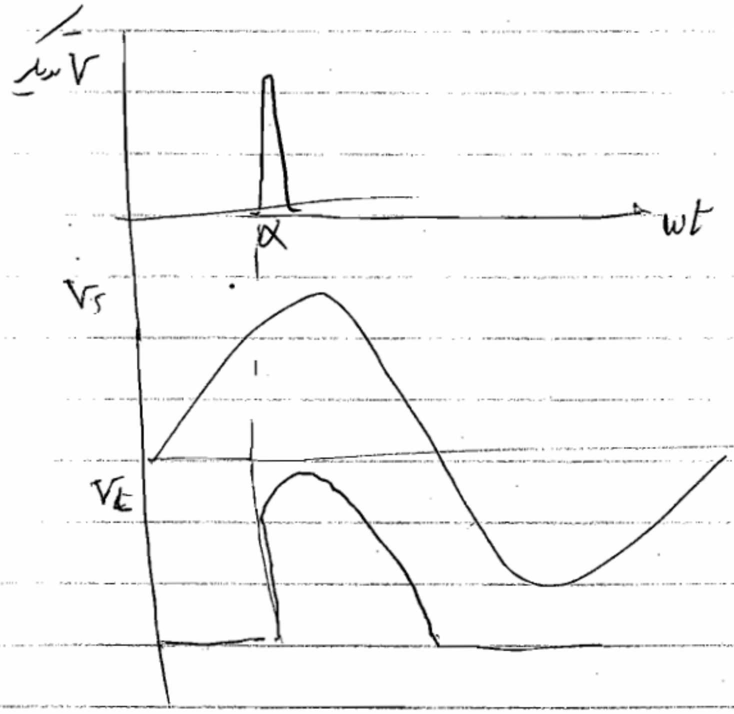


کنترل ادوات الکترونیک قدرت:

معمولاً همه‌ی کلیدها را ایده‌آل در نظر می‌گیریم.



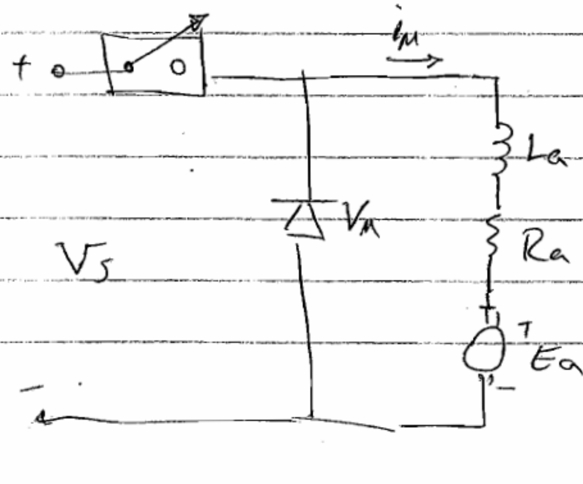
به گیت ولتاژ تریگر در زمان $t=\tau$ اعمال شد که ولتاژ V تریگر می‌تواند یک پالس کوچک باشد که توسط یک مدار فرمان به دست آمده است. در $t=\tau$ لحظه تایریستور شروع به هدایت می‌کند و عمل هدایت تا زمان [illegible] خود (تا زمانی که ولتاژ تریستور مثبت است) ادامه می‌یابد

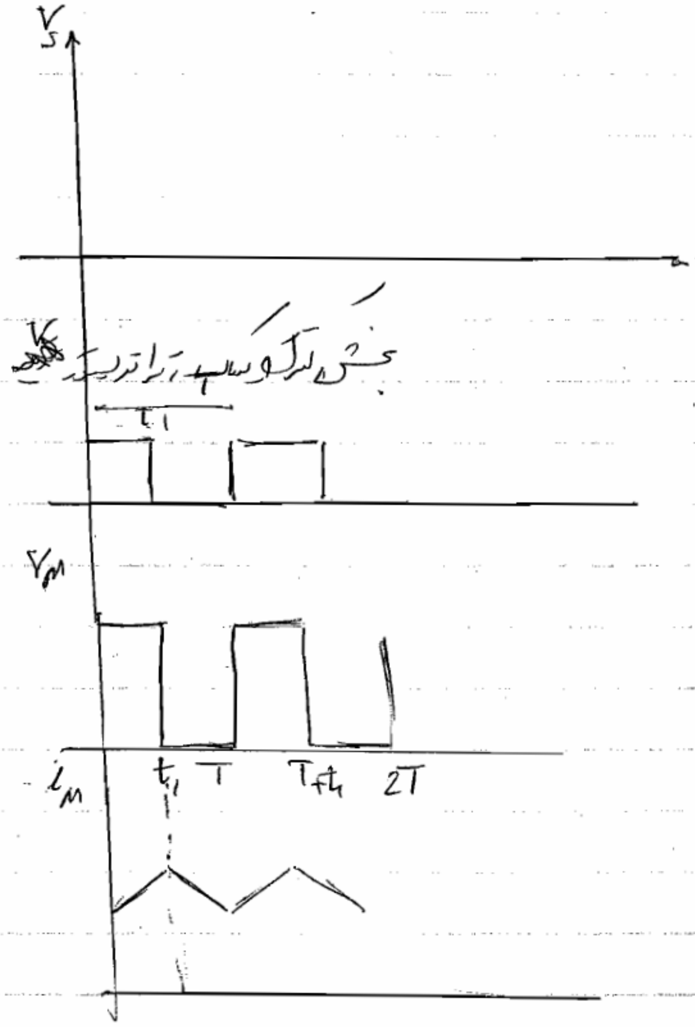


درایوها یا محرک درایوهای الکتریکی

همانطور که بیان شد کاربرد مهم ادوات الکترونیک قدرت که در زمینه درایوها می‌باشد

۱ـ برشگرها (مبدل‌های DC_DC)





مقدار متوسط ولتاژ خروجی برابر است با

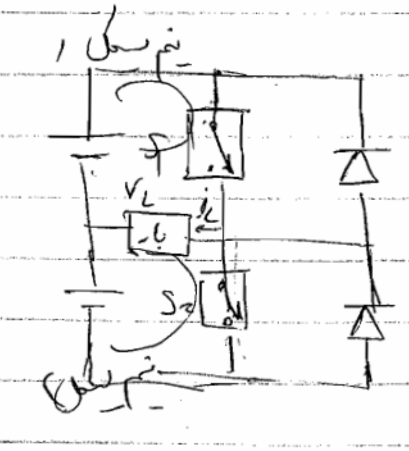
$$V_M = \left(\frac{t_1}{T}\right) V_1 = \delta V_1$$

دوره عملکرد

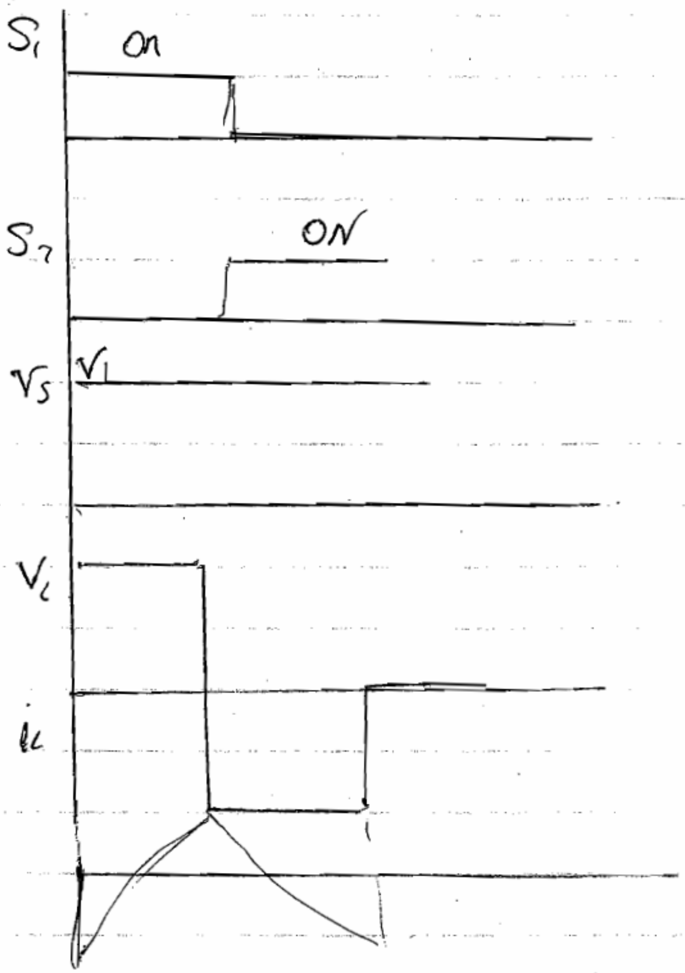
۲ _ اینورترها (مبدل‌های DC به AC)

محرک‌هایی که سرعت متغیر دارند درایوهای AC که به یک منبع ولتاژ سه فاز با فرکانس متغیر و ولتاژ متغیر نیاز دارند. این منابع توسط ادوات الکترونیک قدرت (اینورترها) تأمین می‌شوند.

اینورتر منبع ولتاژ نیم پل



s.a.m


S1
on
S2
ON
Vs
V1
VL
iL

فصل یازدهم ؛ مدارهای منطقی

مدارهای منطقی اساس کار رایانه‌های الکتریکی و دیجیتالی را تشکیل می‌دهند که براساس سیستم اعداد دودویی (باینری) و جبر بول می‌باشند.

سیستم اعداد دودویی یک انتخاب طبیعی برای کامپیوترها و رفتار مدارهایی است که در یکی از دو حالت روشن یا خاموش (یعنی 0 یا 1) و یا شبیه آن کار می‌کنند. بیت‌های دودویی و ترانزیستورها از این نمونه‌ها می‌باشند.

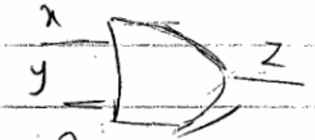
جبر بول، ریاضیات مربوط به اعداد باینری است که ریاضیات منطقی می‌باشد. چنانکه جبر بول بر پایه جمع منطقی یا (OR ، + ، V) و ضرب منطقی یا AND یا X یا ∧ ؛ تکیه دا

OR

x	y	$Z=x+y$
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	1	1

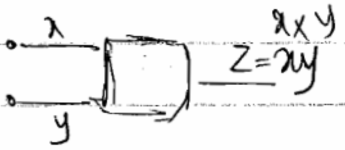
جدول درستی

یک بیت 1 باشد Z هم 1 است



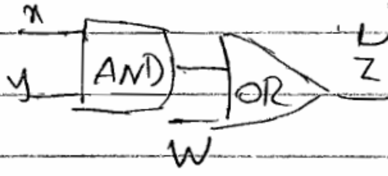
گیت OR

AND

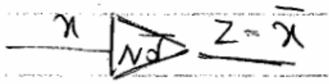


x	y	$Z=x\times y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

مثال



x	y	w	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



x	$\overline{x}$
0	1
1	0

قواعد جبر بولی :

$0 + x = x \qquad 0 \cdot x = 0$

$1 + x = 1 \qquad 1 \cdot x = x$

$x + x = x \qquad x \cdot x = x$

$x + \overline{x} = 1 \qquad x \cdot \overline{x} = 0$

جابجایی

$x + y = y + x \qquad x \cdot y = y \cdot x$

شرکت پذیری $x + (y + z) = (x + y) + z \qquad x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$

خاصیت پخشی $x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$

خاصیت جذب $x + x \cdot y = x \qquad x \cdot (x + y) = x$

قضیه دمرگان $\overline{(x + y)} = \overline{x} \cdot \overline{y} \qquad \overline{(x \cdot y)} = \overline{x} \cdot \overline{y}$

مثال ۱ تابعی تعیین کنید که جدول درستی آن بصورت زیر باشد

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$

$A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC \rightarrow A$

$\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A$

$\bar{A}C(\bar{B}+B)$

در نیمه پایین جدول A=1 ← y=1

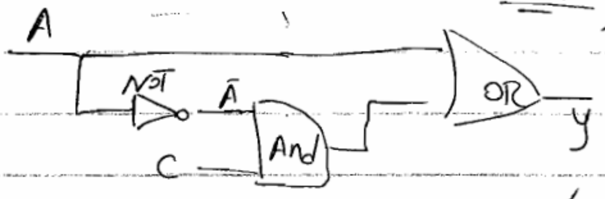
$A(\underbrace{\bar{B}\bar{C}+\bar{B}C}_{\bar{B}(\bar{C}+C)} + \underbrace{B\bar{C}+BC}_{B(\bar{C}+C)}) = A$

(1)

~~$\bar{A}(C+A$~~

$\bar{A}C(\bar{B}+B) + A = \bar{A}C + A \rightarrow A + C$

ثابت می شود



امتحان پایان ترم

نقشه یا جدول کارنو:

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	
0	0	0	1	

۱۶ ردیف

AB \ CD	00	01	11	10
00	۱	۲	۴	۳
01				
11				
10				

قوانین جدول کارنو جهت بدست آوردن ساده‌ترین جواب

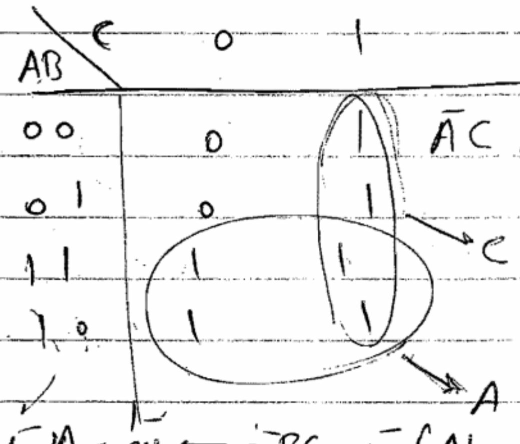
۱ـ سلول‌هایی که تنها به شکلی جدا واقعند باید به کار روند زیرا ساده سازی آنها ممکن نیست

۲ـ تمام سلول‌هایی که تنها با یک سلول مجاورند ۱ هستند به صورت زیر جدول‌هایی که دو سلولی مشخص می‌کنیم

۳ـ زیر جدول‌های چهار سلولی، هشت سلولی، ۱۶ سلولی در نظر گرفته می‌کنیم

٤ـ ساده‌ترین عبارت با جمع کردن کمترین تعداد بزرگترین زیر جدول‌ها بدست می‌آید.

مثال حل



AB \ C	0	1
00	0	1
01	0	1
11	1	1
10	1	1

(A ثابت، BC تغییر ← فقط به A بستگی دارد)

$A+C$

۲ تا یک ۱ با هم جمع می‌شود	
۴	۲
۸	۳
۱۶	٤

$\bar{a}b\bar{c}d + ab\bar{c}d$

$a\bar{c}d(b+\bar{b})$

۳،۱۶

شرایط بی‌تفاوتی:

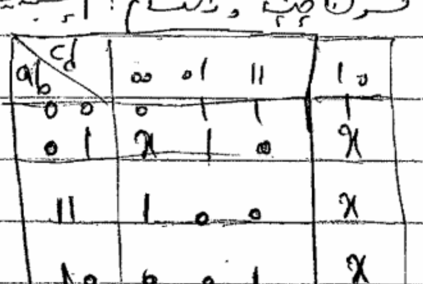
یک روش دیگر ساده سازی که در این جدول هنگامی به کار می‌رود که مقدار تابعی که قرار است ساده سازی شود بتواند ۱ یا ۰ باشد. هرگاه پر کردن محلی از نقشه با ۱ یا ۰ مهم نباشد به آن بی‌تفاوت گفته شده و با X نشان داده می‌شود. در این صورت بسته به اینکه کدام حالت ساده‌تر است حالت بی‌تفاوت را ۰ یا ۱ انتخاب می‌کنیم.

مثال به جدول روبرو مثال زیر را ساده می‌کنیم.

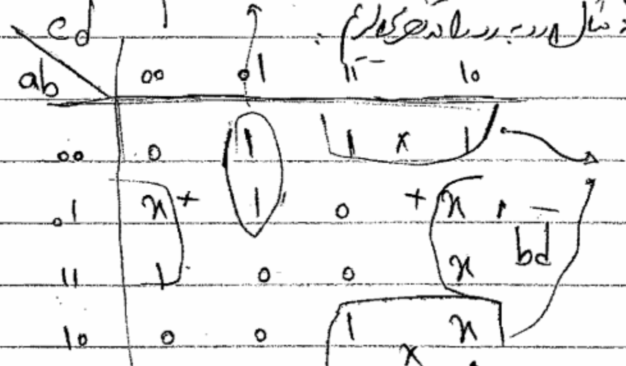
نقطه اول و آخر هم همسایه‌اند

ستون چپ و راست هم همسایه

$\bar{a}\bar{c}d$



ab \ cd	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	x	1	0	x
11	1	0	0	x
10	0	0	1	x



$y = \bar{a}\bar{c}d + \bar{b}c + bd$

فصل دوازدهم   سیستم‌های دیجیتالی و ریزپردازنده‌ها

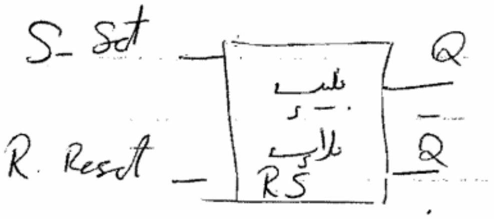
واحدهای منطقی فلیپ فلاپ:

ابزار بنیادی که برای ذخیره یک بیت اطلاعات در یک مدار منطقی فلیپ - فلاپ نامیده می‌شود. دو ویژگی مهم اصلی آن عبارت است از:

۱- فلیپ - فلاپ قطعه‌ای با دو حالت پایدار است. به این معنی که در یکی از دو حالت پایدار ۰ یا ۱ باقی می‌ماند تا آنکه شرایط مناسب سبب شود تا حالت جابجا گردد. (عنصر حافظه)

۲- فلیپ - فلاپ دو خروجی دارد که یکی مکمل دیگری است.

مقدار Q حالت فلیپ - فلاپ نامیده می‌شود.

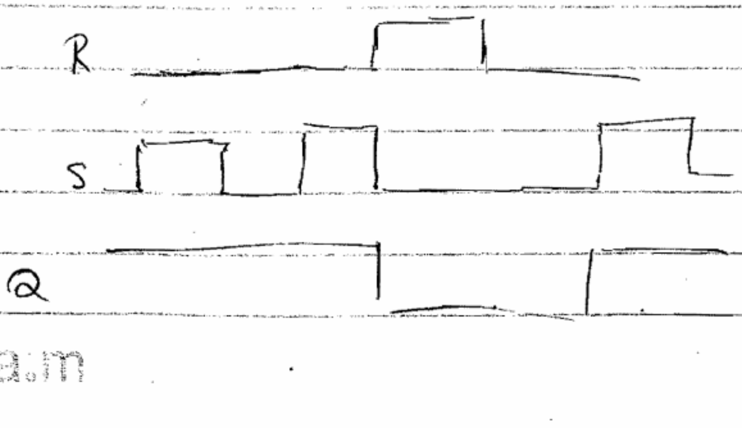


۱- وقتی $R=S=0$ فلیپ فلاپ در حالت فعلی باقی می‌ماند.

۲- وقتی $R=0$، $S=1$ " " راه‌اندازی شده و به حالت ۱ می‌رود.
۳- " " $R=1$، $S=0$ " " Reset شده به حالت ۰ می‌رسد.

خروجی یک فلیپ فلاپ برای سری ورودی‌های زیر کدام است:

R	0	0	0	1	0	0	0
S	1	0	1	0	0	1	0
Q	1	1	1	0	0	1	1



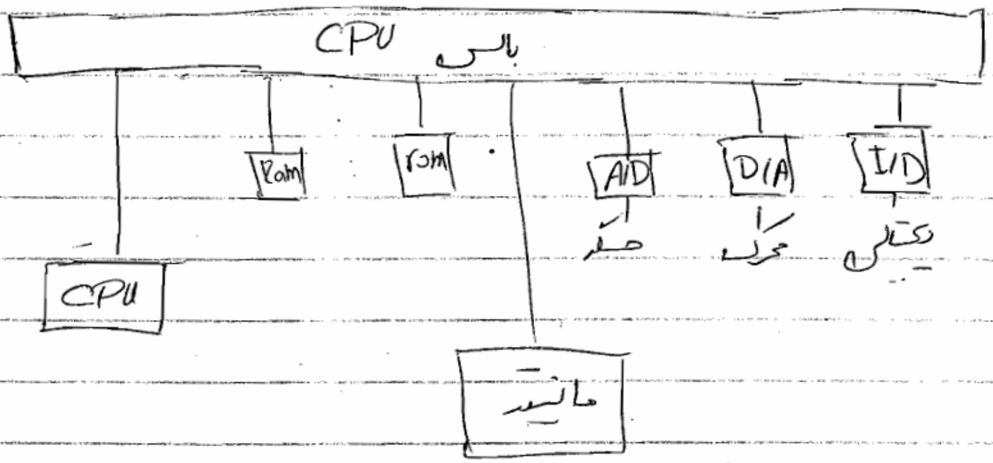
s.a.m

ریزرایانه‌ها:

- ریزرایانه تراشه‌هایی می‌باشند که با انجام محاسبات، سیگنال‌هایی از حسگرهای مختلف که پارامترهای خود را اندازه‌گیری می‌کنند به نمایشگرهای کنترل شده، دستگاه‌های کنترلی و یا جهت ذخیره ارسال نمایند

- ریزرایانه به سادگی قابل برنامه‌ریزی است و انعطاف‌پذیری بالای هر گونه تغییر یا تنظیم ~~[illegible]~~ در اندازه‌گیری یا فرایند کنترل یا کالیبراسیون دارد.

- ثبت، ذخیره و نگهداری فعالیت‌های انجام شده توسط ریزرایانه به سادگی انجام می‌شود.



CPU پردازش را در محل هر بسته پردازش داده‌ها، هماهنگی کارهای مختلف یکی که سیستم را بر عهده دارد.

هر یک از اجزاء ماژول‌های ریزرایانه به باس CPU متصل اند.

ریزپردازنده‌ها:

در حد میلیون‌ها پیوندها هستند اما مصارف صنعتی زیادی دارند.

بسته به اینکه ریزپردازنده می‌تواند 8 بیتی، 16 بیتی یا 32 بیتی باشد. در واحد عملیاتی اصلی در یک ریزپردازنده عبارتند از:

- واحد کنترل: انتقال داده‌ها را کنترل می‌کند

S.B.M

واحد محاسبه منطقی، محاسبات را انجام می‌دهد.

مبدل و کنترل‌گرها!

یک [illegible] کنترلی هستند که جهت اتصال یک سیستم به سایر دستگاه‌ها مانند صفحه‌ها، دوربین عکاسی، ماشین حساب و ... به کار می‌روند.

بخش پردازشگر مرکزی I/O که یک کنترل‌گر دارند. تعداد مسائل استاندارد که معمولاً در کنار یک پردازنده کار یک [illegible] می‌کنند.