

مدارهای الکتریکی 1:

مفروضات مطالب:

← آشنایی با اجزاء مدار الکتریکی

← تحلیل مدارهای ساده

← قوانین KVL, KCL

← روش های تحلیل نره و مس

← مدارهای تقسیم جریان و تقسیم ولتاژ

← معادل های تونین و نورون

← قضیه جمع آثار

← تحلیل مدارهای مرتبه اول RC و RL

← تحلیل مدارهای مرتبه دوم RLC

← تعقیب انرژی های علیا

← سیستم های چند فاز

متغیرهای مدار:

$$q(t) = \int_{t_0}^t i(t) dt$$

1. بار الکتریکی: کمیتی دو طرفه است که می تواند مثبت یا منفی باشد

← $q(t)$ بار الکتریکی متغیر با زمان

← Q بار الکتریکی نا متغیر با زمان

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

← A

2. جریان الکتریکی: جهت تغییر بار الکتریکی در واحد زمان

← $i(t)$

← I

3. ولتاژ الکتریکی: انرژی لازم برای جابجایی بار الکتریکی از پتانسیل صفر به پتانسیل V ولتاژ بار (انرژی) = ولتاژ بار

$v(t) = \frac{dw}{dq}$
voltage

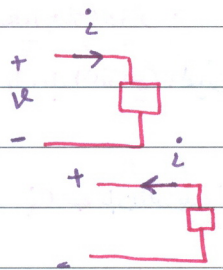
4. توان الکتریکی: آهنگ تغییر انرژی در واحد زمان است.
 $p(t) = \frac{dw(t)}{dt}$

$p(t) = \frac{dw(t)}{dt} = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} =$
w v(t) i(t)

$p(t) = v(t) \cdot i(t)$

- عناصر الکتریکی تولید می کنند و عناصری که توان مصرف می کنند

- عناصر passive: عناصری که توان مصرفی آنها مثبت است
- عناصر Active: عناصری که توان مصرفی آنها منفی است



در جریان مثبت وارد باید مثبت عنصری شود آن عنصر passive است

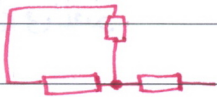
در جریان مثبت وارد باید منفی عنصری شود آن عنصر active است

اصل بقای توان: مجموع توان های تولید شده در عناصر Active برابر است با مجموع توان های مصرفی شده در عناصر passive

- عناصر الکتریکی:
- 1. مقاومت
 - 2. خازن
 - 3. سلف
- قطع برای دو سر دارد و باید جابجایی بین تغییرهای اساسی آن فراهم است.



اتصال عناصر الکتریکی به صورت دلفواه به هم **سُرد** می دهد.



ددار: یک سبک الکتریکی با حداقل یک سریسیم است.

لره: محل اتصال دو یا چند عنصر الکتریکی را لره می نامند.

ساخت: هر عنصر الکتریکی و لره های دوسر آن شامل ساخت می دهند.

سیر: مجموعه ای از لره ها و عناصر می شود به نحوی که از هیچ لره یا عنصری دوبار عبور نکنیم، یک سریسیم شامل **حلقه** می دهد.

عناصر $\rightarrow$ تغییر دهنده بارزان

عناصر $\rightarrow$ حقیقی / غیر حقیقی

عناصر $\rightarrow$ فشرده: ابعاد $\ll$ طول موج کاری / گسترده: ابعاد $\gg$ طول موج کاری

R (اهم Ω)

1. مقاومت الکتریکی:



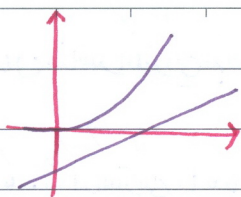
اگر یعنی $\rightarrow$ مقاومت خط راستی باشد از دید مقادیر عبور کند به آن مقاومت حقیقی گویند.

قانون اهم: نسبت ولتاژ دوسر مقاومت به جریان عبوری از آن برابر ضریب آن مقاومت است.

در سبب سلفی $\rightarrow$ یک مقاومت حقیقی در طول زمان ثابت باشد $\leftarrow$ مقاومت **LTI** (حقیقی تغییر پذیر بارزان)



مقاومت حقیقی تغییر پذیر بارزان **LT**



۱-۷ مقاومت یا خنثی با سُر دل از عبد العزیز بن محمد
این مقاومت را غیر خنثی می نامند.

[illegible]

Example:

۱) $v(t) = 100 i(t)$ (LTI) خطی و غیر زمان ناپایدار

2) $v(t) = 100 \cos^2(t^3) i(t)$ (LT) خالی تغییر پذیر بازمان

3) $v(t) = i^2(t) + i(t)$ (NLTI) غير خطي تفسير رياضي

4) غیر خطی تحسین در باران (NLT) $v(t) = I_0 t i(t) + L_n i(t)$

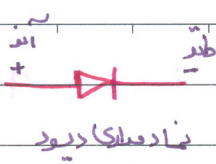
$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

معادله‌ی حلقه‌ای: $\frac{v(t)}{i(t)} = R$

$$\left\{ \begin{array}{l} p(t) = Ri^2(t) \\ p(t) = \frac{v^2(t)}{R} \end{array} \right\} > 0$$

passive

✓ $R < 0 \Rightarrow p = Ri^2(t) = \frac{v^2(t)}{R} < 0 \rightarrow$ مقادير Active



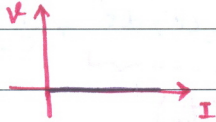
مسئله جریان ولتاژ دیوالتی :

$I_{sc} =$ هر مقدار افرازی

$V_{sc} = 0$

$R_{sc} = 0$

اتصال کوتاه :



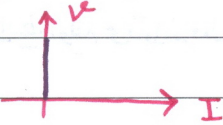
اتصال کوتاه

$V_{oc} =$ هر مقدار افرازی

$R_{oc} = \infty$

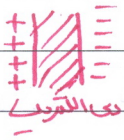
$I_{oc} = 0$

مدار باز :



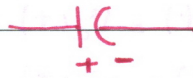
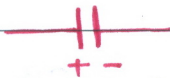
مدار باز

رئیس $V = \frac{1}{R} G$ هدایت الکتریکی یا رسانندگی عکس مقاومت است.



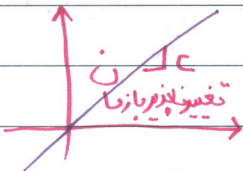
$C = \epsilon \frac{A}{d}$
 ← ضریب ظرفیت الکتریکی
 ← مساحت سطح
 ← فاصله صفحات

2. خازن الکتریکی :



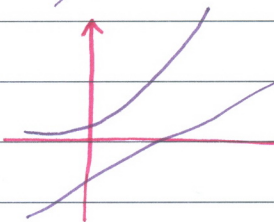
خازن و درای خازن

رئیس مسئله 9.4 خازن از میدان دزد و خطی صاف با شیب آن خازن خطی کوئید و اگر متعلق با شیب و از میدان دزد به آن خازن غیر خطی می گویند.



$q(t) = C v(t)$

رابطه حالت برخازن :



$q(t) = C(t) \cdot v(t)$

تغییرپذیر با زمان

$q(t) = f(v(t))$

غیر خطی تغییرپذیر با زمان

$q(t) = f(v(t), t)$

غیر خطی تغییرپذیر با زمان

خازن حثی تغییر یافته پیرازمان LTI : $q(t) = C \cdot v_c(t)$

مشتق نسبت به زمان

$$\frac{dq(t)}{dt} = C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt} \Rightarrow i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow v_c(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_c(t') \cdot dt' = \frac{1}{C} \underbrace{\int_{-\infty}^t i_c(t') dt'}_{v_c(t_0)} + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_c(t') dt'$$

$$\Rightarrow v_c(t) = \underbrace{v_c(t_0)}_{\text{شرایط اولیه}} + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_c(t') dt'$$

خازن با شرایط اولیه می تواند قبل شروع خازن بدون شرایط اولیه + منبع ولتاژی به اندازه شرایط اولیه (اس)

$$\frac{C}{1-C} v_c(t_0)$$

خازن حثی تغییر یافته پیرازمان LT : $q(t) = C(t) \cdot v_c(t)$

مشتق نسبت به زمان

$$\frac{dq(t)}{dt} = i_c(t) = \frac{dC(t)}{dt} \cdot v_c(t) + \frac{dv_c(t)}{dt} \cdot C(t)$$

خازن حثی تغییر یافته پیرازمان $\Rightarrow p(t) = v_c(t) i_c(t)$

$$p(t) = v_c(t) \cdot \frac{dv_c(t)}{dt} = C v_c(t) \cdot \frac{dv_c(t)}{dt}$$

$$w(t) = \int_{t_0}^t C \cdot v_c(t) \frac{dv_c(t)}{dt} \cdot dt \Rightarrow w(t) = \int_{t_0}^t C v_c(t) \cdot dv_c(t)$$

$$\Rightarrow w(t) = \frac{1}{2} C (v_c^2(t) - v_c^2(t_0))$$

$$\checkmark v_c(t_0) = 0 \Rightarrow w(t) = \frac{1}{2} C v_c^2(t)$$

توانیم محم حاصل بر خازن ها :

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

(1) اگر ثابت $v_c(t) = \text{const}$ $\rightarrow i_c(t) = 0$

در حضور منابع DC (سپ از مدت طولانی) خازن ها به خازن های دارای بار خواهند بود.

$$v_c(0^-) = v_c(0^+)$$

(2) ولتاژ خازن پیوسته است و جهش ناگهانی ندارد.

(3) زمان سلف جویانی از خازن عبور نمی کند می تواند مقدار محدودی انرژی روی صفحات خازن ذخیره کند

$$\rightarrow i_L(t)$$

مقادیر

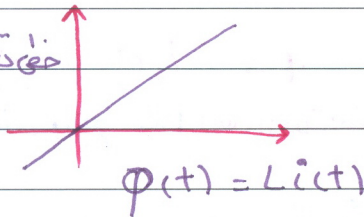
3. سلف :

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$$

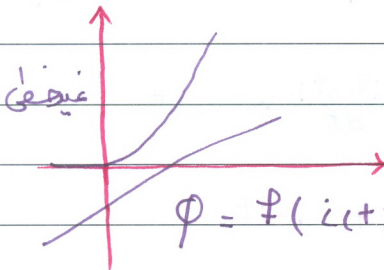
μ : مقدار سلف
 N : تعداد سلف
 A : سطح مقطع
 l : طول سلف
 L : سلف

واحد : هانری

خازن غیر پایدار



$$LT : \phi(t) = L(t) \cdot i(t)$$



$$NLT : \phi(t) = f(i(t), t)$$

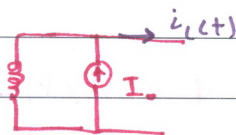
NLTI

سلف همی تغییر پذیر باشد

LTI :

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

$$\phi(t) = L i(t) \xrightarrow{\frac{d\phi(t)}{dt}} = v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$



در ابتدا $i_L(t_0) = I_0$ (میدان اولیه) باشد داریم :

منبع جریان با اندازه I_0 + سلف بدون شرایط اولیه = سلف با شرایط اولیه

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t v_L(t') dt' \Rightarrow \underbrace{\frac{1}{L} \int_{-\infty}^{t_0} v_L(t') dt'}_{I_0} + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v_L(t') dt'$$

$$\Rightarrow i_L(t) = i_L(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v_L(t') dt'$$

توضیح مهم حالت بد سلف ها :

$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$v_L(t) = 0 \quad \Leftarrow \quad i_L(t) = \text{اندازه ثابت} \quad (1)$$

در حضور منابع DC (یعنی از حدت طولانی) سلف ها به منزله اتصال کوتاه خواهند بود

$$i_L(0^-) = i_L(0^+) \quad (2) \text{ جریان سلف پیوسته است و جهش ناگهانی ندارد.}$$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \Rightarrow p(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \times i_L(t)$$

$$w(t) = \int_{t_0}^t p_L(t) dt = \int_{t_0}^t L \frac{di_L}{dt} \times i_L(t) \cdot dt$$

$$\Rightarrow w_L(t) = \int_{t_0}^t L i_L(t) di_L(t) \Rightarrow$$

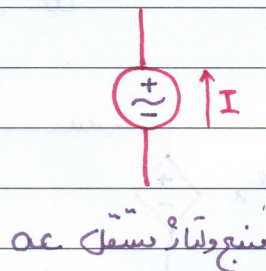
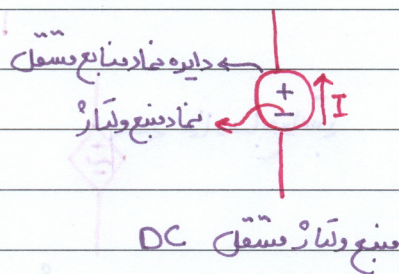
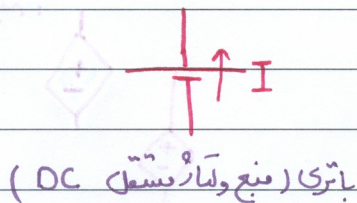
$$W(t) = \frac{1}{2} L (i_L^2(t) - i_L^2(t_0))$$

(3) در سلف‌ها می‌توان همواره مقدار محدودی انرژی ذخیره کرد حتی اگر ولتاژ روی سلف صفر باشد.

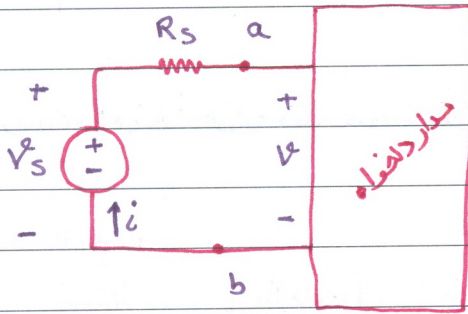
منابع انرژی الکتریکی:

$\left. \begin{array}{l} \text{منبع ولتاژ} \\ \text{منبع جریان} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{منابع ایده‌آل} \\ \text{منابع واقعی} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{منابع مستقل} \\ \text{منابع وابسته} \end{array} \right.$

1. منبع ولتاژ ایده‌آل مستقل: منبع ولتاژ مستقل منبعی است که مستقل از جریان عبوری از آن و مستقل از عناصر دیگری که در آن قرار می‌گیرد، همواره مقداری مشخص ولتاژ تولید خواهد کرد.
منبع ولتاژ ایده‌آل منبعی است که تمام ولتاژ تولید شده توسط آن عیناً بدون اتلاف ولتاژ مقدار دلخواه مستقل خواهد شد.



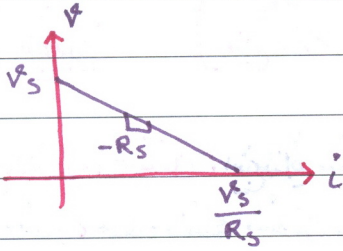
2. منبع ولتاژ مستقل واقعی:



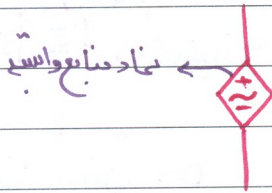
$$-V_s + R_s i + V = 0$$

$$V = V_s - R_s i$$

منبع ولتاژ مستقل ایده‌آل
 ولتاژ منبع
 افت ولتاژ
 ولتاژ واقعی
 به مدار افزوده از طرف منبع
 درجه‌بندی متوسط
 منبع ولتاژ واقعی



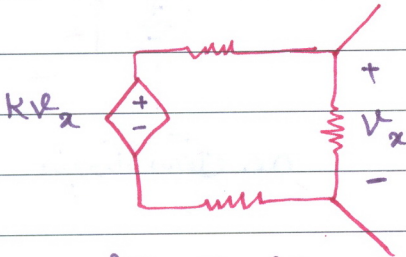
3. منبع ولتاژ وابسته:



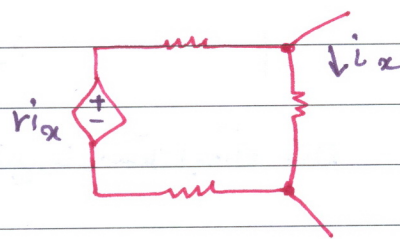
منبع ولتاژ وابسته AC



منبع ولتاژ وابسته DC



منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ
 (منبع ولتاژ کنترل شده توسط ولتاژ)



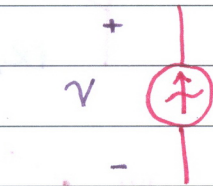
منبع ولتاژ وابسته به جریان
 (منبع ولتاژ کنترل شده توسط جریان)

* منبع ولتاژ صفر همسبسته معادلات اتصال کوتاه بود

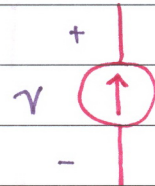


* دوسری منبع ولتاژ ایده آل را همزن می توان اتصال کوتاه کرد. (KVL نقض می شود)

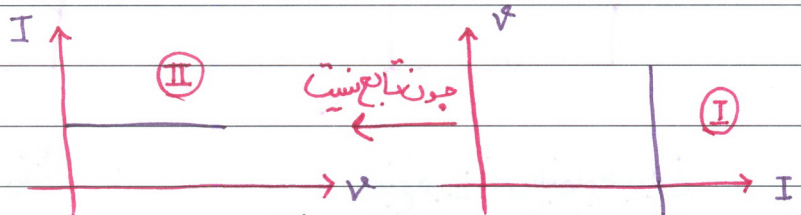
4. منبع جریان مستقل ایده آل: منبع جریان مستقل منبع جریانی است که مستقل از ولتاژ و جریان و مستقل از تمام عناصر مدار است که داخل آن قرار می گیرد. همواره مقدار مشخصی جریان تولید می کند. منبع جریان ایده آل منبعی است که تمام جریان تولید شده توسط آن به مدار دلفوازه بدون افت جریان مستقل خواهد شد.



منبع جریان AC مستقل



منبع جریان DC مستقل



I خودار ولتاژ جریان منبع جریان مستقل ایده آل

II خودار جریان - ولتاژ منبع جریان مستقل ایده آل

5. منبع جریان مستقل واقعی:

$$I_s = I + \frac{V}{R_p}$$

این جریان تولید شده توسط منبع

$$I = I_s - \frac{V}{R_p}$$

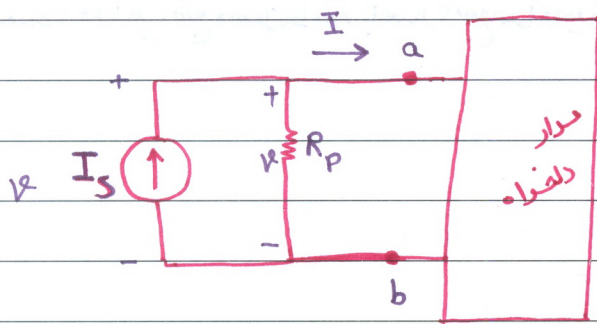
جریان دلفوازه

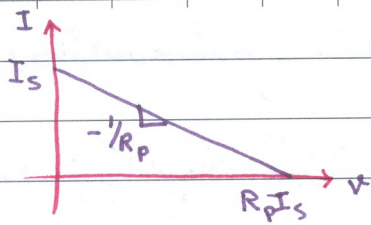
افت جریان روی

منبع جریان به مدار دلسیره

مقاومت داخلی منبع

* در رابطه ولتاژ - جریان حالت به منابع جریان واقعی





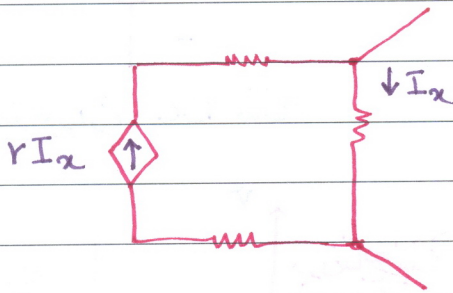
6. منبع جریان وابسته: منبعی است که جریان تولید شده توسط آن وابسته به ولتاژ یا جریان یکی از عناصر مدار خواهد بود.



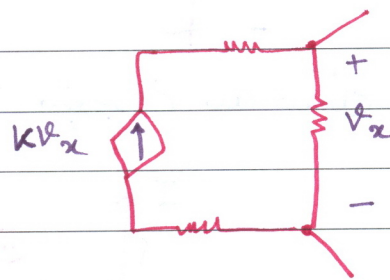
منبع جریان وابسته AC



منبع جریان وابسته DC



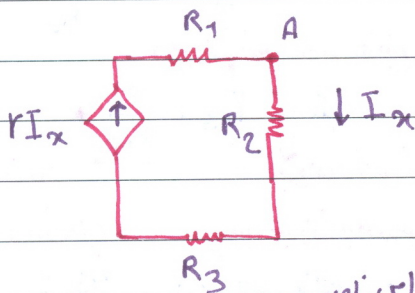
منبع جریان وابسته به جریان



منبع جریان وابسته به ولتاژ

* منابع جریان صفر هم به عنوان مدار باز خواهد بود

← اندواری فقط منبع مستقل وابسته با سگال منبع تولید کننده یا الکترو خواهد بود



KCL (A):

$$rI_x - I_x = 0$$

$$I_x (r - 1) = 0$$

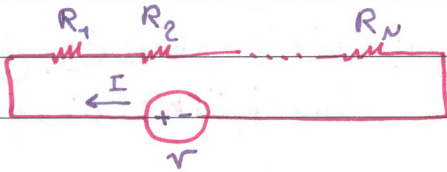
$$I_x = 0$$

* اندواری فقط منابع وابسته با سگال در انضوت ولتاژ و جریان تمام عناصر

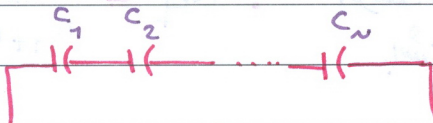
مدار باز و سگال است

تقلیل مدارهای ساده:

1. عناصر سری: عناصری هستند که از یک سر به هم متصل شده باشند و از هر آنها جریان یکسان عبور کند.

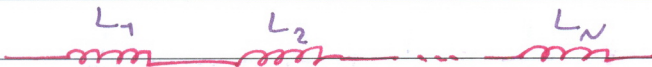


مقاومت‌های R_1 تا R_N به هم سری هستند $\Rightarrow R_{eq} = \sum_{k=1}^N R_k$



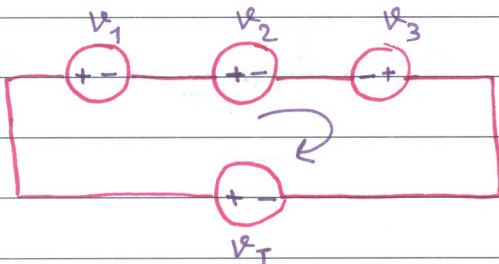
خازن‌های C_1 تا C_N به هم سری هستند $\Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N}$

در نقطه دو خازن سری با هم $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

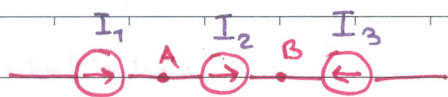


سلف‌های L_1 تا L_N به هم سری هستند $\Rightarrow L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots + L_N$

حاصل سری چند منبع ولتاژ



KVL: $-v_T + v_1 + v_2 - v_3 = 0$
 $v_T = v_1 + v_2 - v_3$



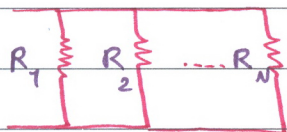
حاصل سری چند منبع جریان :

$$KCL (A) : I_1 = I_2$$

$$KCL (B) : I_2 + I_3 = 0 \rightarrow I_2 = -I_3$$

* چند منبع جریان را فقط در صورتی می توان با هم سری کرد که توسط تمام آنها با هم برابر باشد در غیر این صورت KCL نقض می شود

2. عناصر موازی: عناصری هستند که از دو سر به هم متصلند و همی ولتاژ یکسانی دارند.

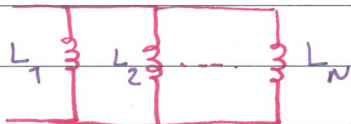


انفقا دو مقاومت موازی باشند

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

مقاومت های $R_1, R_2, \dots, R_N$ با هم موازی هستند

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

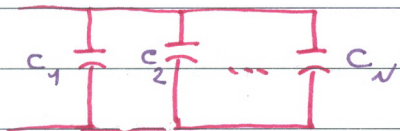


انفقا دو سلف موازی است با هم

$$L_{eq} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

سلف های $L_1, L_2, \dots, L_N$ با هم موازی هستند

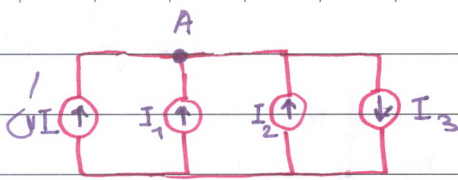
$$\Rightarrow \frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_N}$$



مقاومت های $C_1, C_2, \dots, C_N$ با هم موازی هستند

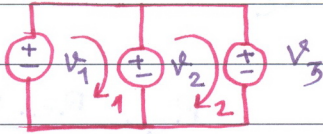
$$\Rightarrow C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

منابع جریان موازی:



$$KCL(A) : I' + I_1 + I_2 = I_3 \Rightarrow I' = I_3 - I_1 - I_2$$

منابع ولتاژ موازی:



$$KVL(1) : -V_1 + V_2 = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$$

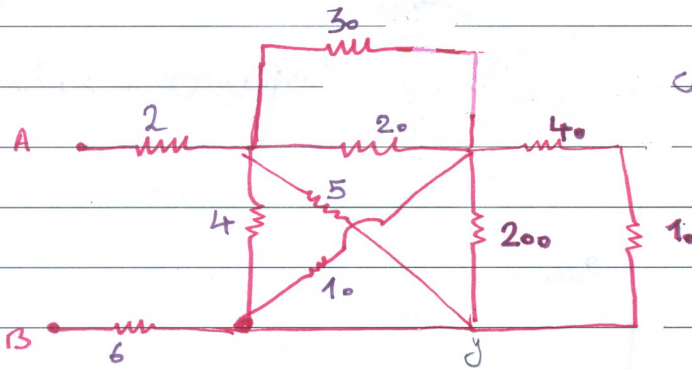
$$KVL(2) : -V_2 + V_3 = 0 \Rightarrow V_2 = V_3$$

$$\Rightarrow V_1 = V_2 = V_3$$

* چند منبع ولتاژ تنها در صورتی با هم موازی می شوند که ولتاژ تمام آنها با هم برابر باشد در غیر این صورت قانون KVL نقض می شود.

Example: در مثال زیر مقاوت معادل

را از دو سر A و B بیست آورید.



$$(1\Omega + 4\Omega) \parallel 2\Omega = 4\Omega$$

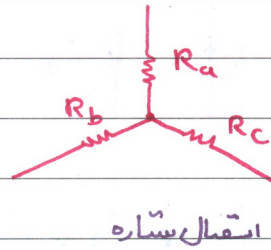
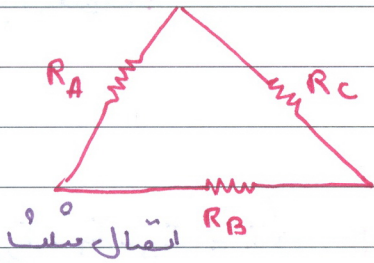
$$(4\Omega \parallel 1\Omega) = 8\Omega$$

$$4\Omega \parallel 5\Omega = 2\Omega$$

$$(8\Omega + (2\Omega \parallel 3\Omega)) \parallel 2\Omega = 2\Omega$$

$$2\Omega + 2\Omega + 6\Omega = 10\Omega$$

انتقالات مثلث و ستاره:



تبدیل مثلث به ستاره: $\Delta = R_A + R_B + R_C$

ساعتگرد $\rightarrow$

$$R_a = \frac{R_A \cdot R_C}{\Delta}$$

$$R_b = \frac{R_B \cdot R_A}{\Delta}$$

$$R_c = \frac{R_C \cdot R_B}{\Delta}$$

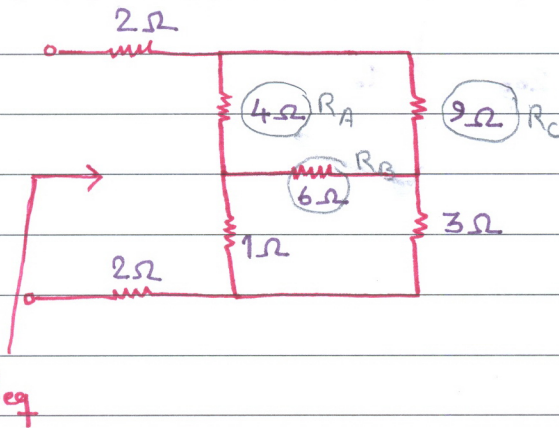
تبدیل ستاره به مثلث: $\Delta = R_a \cdot R_c + R_c \cdot R_b + R_b \cdot R_a$

$$R_A = \frac{\Delta}{R_c}$$

$$R_B = \frac{\Delta}{R_a}$$

$$R_C = \frac{\Delta}{R_b}$$

Example: در مدار سلسله زیر مقاومت معادل را بیست آورید.

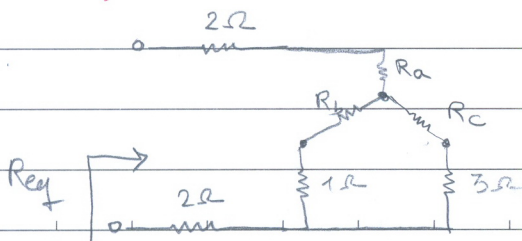


تبدیل مثلث به ستاره: $\Delta = 4 + 6 + 9 = 19\Omega$

$$R_a = \frac{4 \times 9}{19} = \frac{36}{19}$$

$$R_b = \frac{6 \times 4}{9} = \frac{24}{9}$$

$$R_c = \frac{9 \times 6}{19} = \frac{54}{19}$$

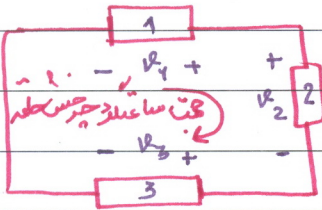


$$\left(\frac{54}{19} + 3\right) \parallel \left(\frac{24}{19} + 1\right) + \frac{36}{19} = x$$

$$R_{eq} = 2 + 2 + x = 4 + x$$

قوانین ولتاژ و جریان :

قانون ولتاژ (KVL) : جمع جبری ولتاژهای عناصر یک حلقه بسته همواره مساوی صفر است.

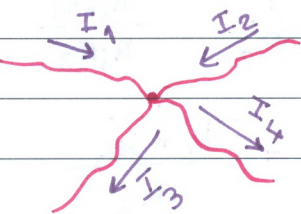


مقادیر در اعمال قانون KVL هر دو وقع وارد یک سبب ولتاژ
دو سر عنصر ششم آنرا با علامت + و هر دو وقع وارد یک منفی
ولتاژ دو سر عنصر ششم آنرا با علامت - نشان می دهیم.

$$KVL: -V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

$$\sum_{k=1}^N V_k = 0$$

قانون جریان (KCL) : جمع جبری جریان های وارد شونده و خارج شونده از یک نقطه همواره مساوی صفر است.



بیان ادعای : مجموع جریان های وارد شونده به نره برابر است با مجموع جریان های خارج
شونده از نره (همان با علامت +)

$$(I) \quad I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$(II) \quad I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

$$\sum_{k=1}^N I_k = 0$$

یا

$$\sum I_k = \sum I_k$$

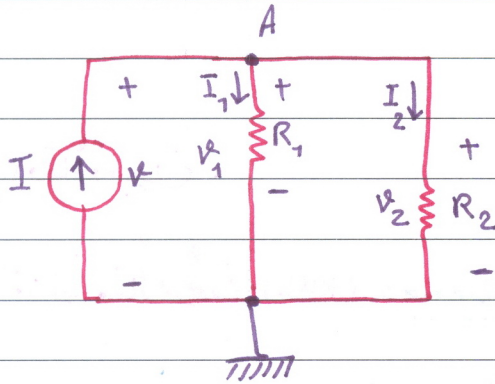


وارد شونده با علامت مثبت



خارج شونده با علامت مثبت

تقسیم مدارهای یک زوج پاره ای : در این نوع مدارها تمام عناصر در دو نقطه بین دو پاره ای به هم وصل می شوند و تمام عناصر در دو پاره ای به هم موازی هستند.



- حل :** این روش تئوری بر قانون KCL است.
- هدف اصلی این روش ابتدا محاسبه ولتاژ پاره ای است.
 - هدف دوم این روش محاسبه جریان تمام عناصر است.

تمام عناصر به هم موازی : $V = V_1 = V_2$

KCL(A) : $I = I_1 + I_2$

قانون اهم : $I_1 = \frac{V}{R_1}$ $I_2 = \frac{V}{R_2}$

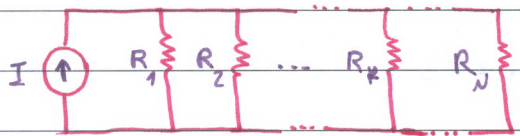
$\Rightarrow I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} \rightarrow V = \frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{I}{1}}{\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$

ولتاژ پاره ای

$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{\frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}{R_1}$ $I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{\frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}{R_2}$

$I_1 = \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \times I}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$ $I_2 = \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \times I}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$

قاعده تقسیم جریان: برای چند مقاومت موازی می توان جریان هر مقاومت را بر حسب جریان منبع بدست آورد.

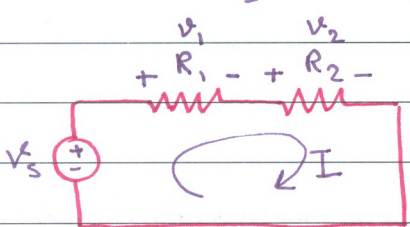


$$I_k = \frac{\frac{1}{R_k}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}} \times I$$

الرفقط دو مقاومت با هم موازی شده باشند داریم:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$

تطبیق مدارهای بدجایه: مدارهای همسازند در آنجا که عناصر با هم سری بوده و فقط یک شاخه یک حلقه برای دهند.



* روش حل مبني بر قانون KVL است

هدف اصلی محاسبه جريان اين حلقه است.

هدف دوم محاسبه ولتاژ دوسر تک تک عناصر است.

قدم اول: انتخاب يك جريان با جهت قراردادي ساعتگرد.

قدم دوم: تعیین ولتاژیم ولتاژ دوسر تک تک عناصر (بلاييم منابع ولتاژ معلوم است) عبای مقاومت ها بلامریم ولتاژ را از اولي كسبي می کنیم جريان معادل حلقه وارد پايه مسبق آن شود

قدم سوم: اعمال قانون KVL (قراردادی کنیم در نوشتن) هرگاه وارد پايه مسبق ولتاژ دوسر عنصری شدیم قريبا علامت + و هرگاه وارد پايه منفی ولتاژ دوسر عنصری شدیم آنرا با علامت - وارد می کنیم.

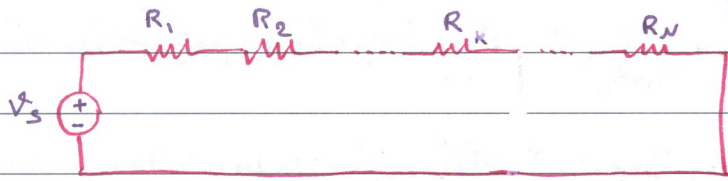
KVL: $-V_s + V_1 + V_2 = 0$

اعمال قانون اهم: $V_1 = R_1 I \quad V_2 = R_2 I$

$$-V_s + R_1 I + R_2 I = 0 \Rightarrow I = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_1 = R_1 I \\ V_2 = R_2 I \\ \text{قانون تقسیم ولتاژ} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_s \\ V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_s \end{array} \right.$$

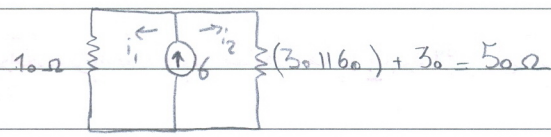
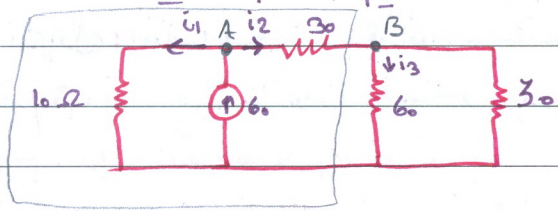
قانون تقسیم ولتاژ: چنانچه V تا عنصر دیگه منبع ولتاژ هملی با هم سری باشند می توانیم ولتاژ دوسره رو بر از عناصر دیگه بر حسب ولتاژ شیغ باید رابطه ساده قاسم کنیم.



ولتاژ عنصر R_k را

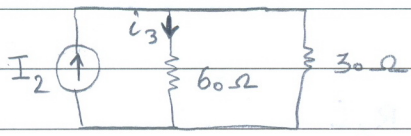
$$V_k = \frac{R_k}{R_1 + R_2 + \dots + R_k + \dots + R_N} \times V_s$$

Example: در مدار سلسل زیر جریانهای i_1 و i_3 را با قانون تقسیم جریان بیست اوپر.



تقسیم جریان

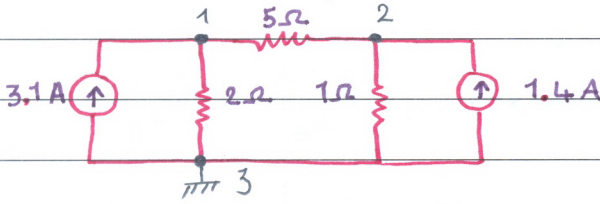
$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{5}{5+10} \times 6 = 5A \\ I = \frac{10}{10+50} \times 6 = 1A \end{array} \right.$$



$$I_3 = \frac{3}{3+6} \times I_2 = \frac{1}{3} A$$

روش های تحلیل نود و تحلیل مش

1. روش تحلیل نود: این روش مبتنی بر قانون KCL است. هدف این روش محاسبه ولتاژ نود به نودها است.



مثال: تعیین ندهای مدار و انتخاب نود به نود به عنوان نود مرجع

نکته: اندیش دوائر فقط یک سیم خالص وجود داشته باشد، آن دویه تبدیل به یک نره خواهد شد.

معمولا دوائی که بیشترین تعداد عناصر به آن متصل است به عنوان نره مرجع انتخاب می شود و ولتاژ دوسر آنرا صفر در نظر می گیریم.

قدم دوم: اعمال قانون KCL برای هر نره غیر از نره مرجع.

در اعمال قانون KCL چنانچه به نره ای چنین تقابل متصل باشد، برای هر نره جریان های متصل به آن را بصورت خارج سونده در نظر می گیریم.

در واقع فرض می کنیم در هر نره ای که داریم ولتاژ آن نره نسبت به ولتاژ سایر نره ها برابر است.

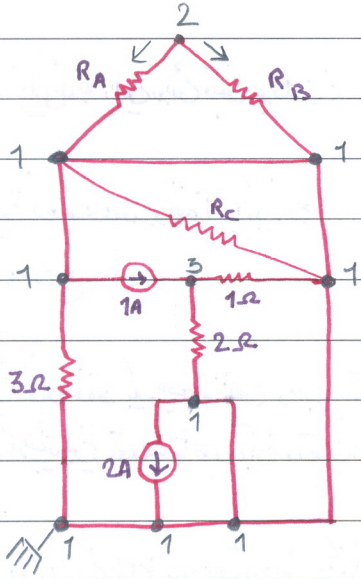
$$KCL(1): \frac{V_1 - V_3}{2} + \frac{V_1 - V_2}{5} = 3.1$$

$$KCL(2): \frac{V_2 - V_3}{1} + \frac{V_2 - V_1}{5} = 1.4$$

قدم سوم: با حل دستگاه معادلات به دست آمده ولتاژ تمام نره ها قابل محاسبه خواهد بود.

$$\begin{cases} V_1 = 5V \\ V_2 = 2V \end{cases}$$

Example: عدد از پیرا با استفاده از پیرا که کلیه کنید.



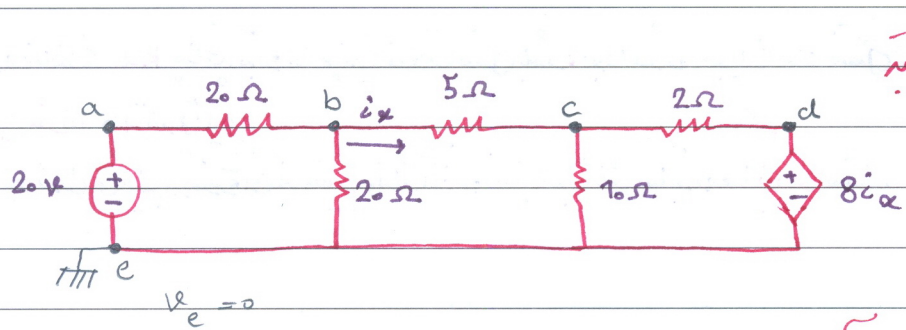
$$V_1 = 0$$

$$KCL(2): 0 = \frac{V_2 - V_1}{R_A} + \frac{V_2 - V_1}{R_B}$$

$$\Rightarrow 0 = \frac{V_2}{R_A} + \frac{V_2}{R_B} \Rightarrow \underline{V_2 = 0}$$

$$KCL(3): 1 = \frac{V_3 - V_1}{2} + \frac{V_3 - V_1}{1}$$

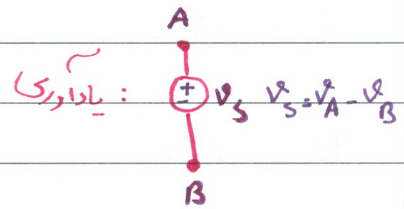
$$\Rightarrow 1 = \frac{3}{2} V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{2}{3}$$



کلیه پیرا با حضور منابع وابسته

$$V_e = 0$$

$$V_a - V_e = 20 \Rightarrow \underline{V_a = 20}$$



$$V_d - V_e = 8i\alpha \Rightarrow \underline{V_d = 8i\alpha}$$

نتیجه: چنانچه منبع ولتاژی (تسلسل یا وابسته) داشته باشیم نباید پیرا آن زمین باشد. و اگر پیرا سرچشمه آن ولتاژی باشد.

خود آن منبع خواهد بود و باید نیازی به نوشتن KCL برای آن نباشد.

$$KCL(b): 0 = \frac{V_b - V_a}{20} + \frac{V_b - V_c}{20} + \frac{V_b - V_c}{5}$$

$$KCL(c): 0 = \frac{V_c - V_b}{5} + \frac{V_c - V_e}{10} + \frac{V_c - V_d}{2} \xrightarrow{8i_x}$$

$$i_x = \frac{V_b - V_c}{5}$$

$$\rightarrow V_b = 16$$

$$V_c = 10$$

ملتی: چنانچه در مدارهای منابع وابسته حضور داشته باشند، تعداد معادلات از مجیدات بستری شود و باید یک معادله دیگر به عنوان اضافه کنیم که در آن وابستگی منبع را بر حسب ولتاژهای کندهای مجید بدست آوریم.