



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه صنعتی بیرجند

# دستور کار آزمایشگاه مبانی مهندسی برق

مدرس آزمایشگاه :

مهدی فرهادی

مرجع :

شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز





بسمه تعالي

# فهرست مطالب

- مقررات آزمایشگاه
- یادآوری نحوه استفاده صحیح از دستگاههای اندازه گیری
- ✓ آزمایش اول : ژنراتور DC تحریک مستقل ( بی باری - بارگیری )
- ✓ آزمایش دوم : ژنراتور DC شنت ( بی باری - بارگیری )
- ✓ آزمایش سوم : موتور DC شنت
- ✓ آزمایش چهارم : موتور DC سری
- ✓ آزمایش پنجم : تلفات انرژی و راندمان در ماشینهای DC
- ✓ آزمایش ششم : موتور آسنکرون ( القایی )
- ✓ آزمایش هفتم : ژنراتور آسنکرون ( القایی )

## آزمایش اول :

### ژنراتور DC تحریک مستقل

### ( بی باری - بارگیری )

#### تئوری آزمایش

الف - مشخصه بی باری ( مغناطیسی )

ب - مشخصه بارگیری ( خارجی )

ج - مشخصه تنظیم

### شرح آزمایش

الف آزمایش مشخصه بی باری ( مغناطیسی )

ب - آزمایش مشخصه بارگیری ( خارجی )

ج - آزمایش مشخصه تنظیم

خواسته های آزمایش

پرسش های آزمایش

### آزمایش اول :

ژنراتور DC تحریک مستقل

( بی باری - بارگیری )

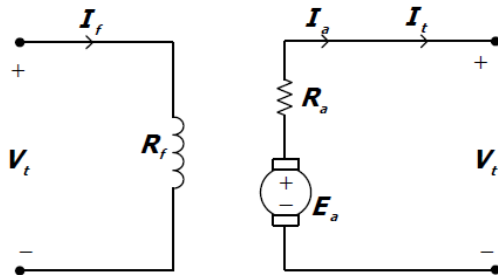
تئوری آزمایش

$R_f$  = مقاومت سیم پیچی تحریک میدان

(field)

$V_f$  = ولتاژ تغذیه سیم پیچی تحریک

میدان



$E_a$  = ولتاژ تولید شده توسط آرمیچر

$R_a$  = مقاومت سیم پیچی آرمیچر

$V_t, I_t$  = ولتاژ و جریان ترمینال

ژنراتور (بار)

الف - مشخصه بی باری (مغناطیسی)

$$E_a(I_f)$$

$$E_a = K \Phi \omega$$

ب - مشخصه بارگیری (خارجی)

$$V_t(I_a)$$

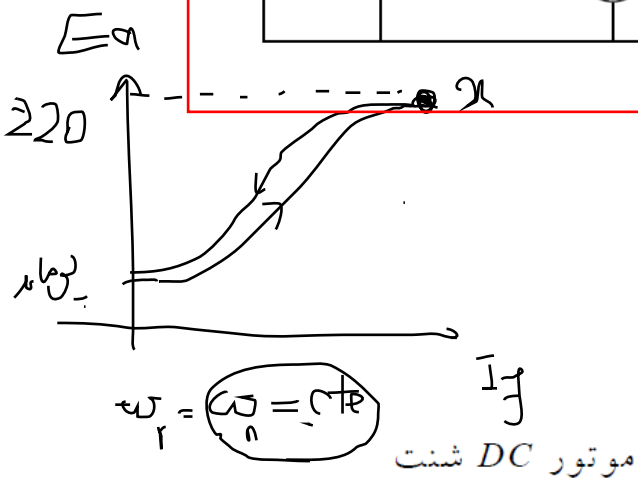
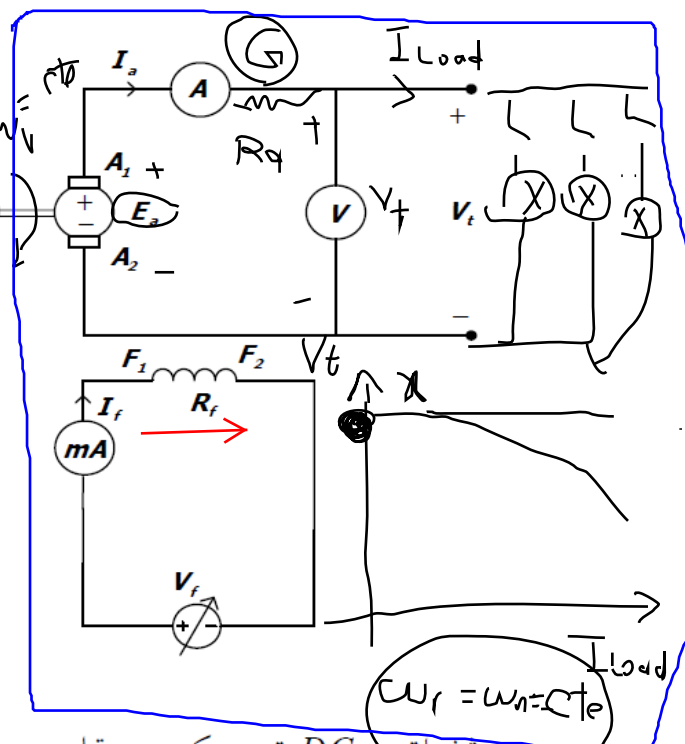
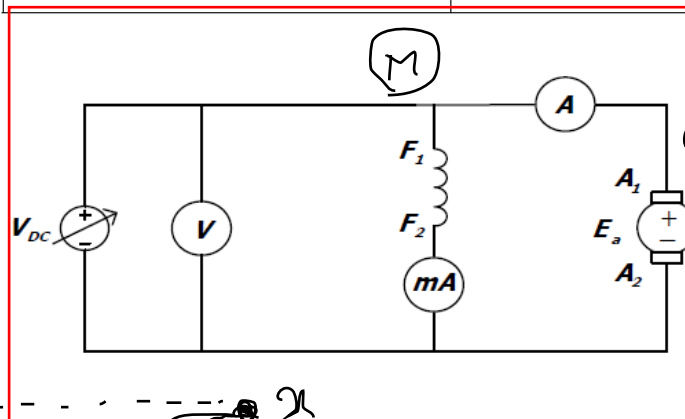
$$V_t = E_a - R_a I_a - \Delta V_{AR}$$

ج - مشخصه تنظیم

$$I_f(I_a)$$

شرح آزمایش

|                        | Generator | Motor |
|------------------------|-----------|-------|
| Armature Rated Voltage |           |       |
| Armature Rated Current |           |       |
| Field Rated Current    |           |       |
| Rated Speed            |           |       |



ژنراتور DC تحریک مستقل

$$V_f = E_a - R_a I_a - A R$$

الف آزمایش مشخصه بی باری (مغناطیسی)

$N = N_{nominal}$

$$\frac{R_a I_a}{A R}$$

ملای فرهادی

$$v_{ps} = \sqrt{2 \cdot a \cdot b} = cte$$

| تعداد نقاط | 1         | 2              | 3                | 4               | 5             | 6  | 7  | 8 | 9 | 10 |
|------------|-----------|----------------|------------------|-----------------|---------------|----|----|---|---|----|
| منحنی      | $I_f(mA)$ | 0              | 10 <sup>mA</sup> | 20              | 30            | 40 | 50 |   |   |    |
| رفت        | $E_a(V)$  | 4 <sup>v</sup> | 16 <sup>v</sup>  | 25 <sup>v</sup> |               | 45 | 65 | ← |   |    |
| منحنی      | $I_f(mA)$ | 0              | 10               | 20              | 30            | 40 | 50 |   |   |    |
| برگشت      | $E_a(V)$  | 5              | <del>12</del>    | <del>23</del>   | <del>32</del> | 47 | 65 | ← |   |    |

$$N = 80\% * N_{nominal}$$

$$\text{سرعت} = \dots\dots\dots$$

|       |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| منحنی | $I_f(mA)$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| رفت   | $E_a(V)$  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| منحنی | $I_f(mA)$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| برگشت | $E_a(V)$  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ب - آزمایش مشخصه بارگیری ( خارجی )

$$v_{ps} = \sqrt{2 \cdot a \cdot b} = cte$$

|          |    |                 |                 |     |   |   |   |   |   |
|----------|----|-----------------|-----------------|-----|---|---|---|---|---|
| بارها    | 0  | 1               | 2               | 3   | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $I_a(A)$ | 0  | 1/2             | 1/4             | 1/6 |   |   |   |   |   |
| $V_t(V)$ | 65 | 63 <sup>v</sup> | 59 <sup>v</sup> | 54  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

### ج - آزمایش مشخصه تنظیم

|                       |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سرعت = .....          |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ولتاژ ترمینال = ..... |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| تعداد بارها           |           | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| منحنی برگشت           | $I_a(A)$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                       | $I_f(mA)$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| منحنی رفت             | $I_a(A)$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                       | $I_f(mA)$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

### خواسته های آزمایش

1- منحنی بی باری رفت و برگشت را برای ژنراتور مورد آزمایش در سرعت نامی و 80٪

سرعت نامی رسم کنید.

2- متوسط مقدار منحنی های بی باری را برای سرعت نامی و 80٪ سرعت نامی در یک

نمودار رسم کرده و اختلاف دو منحنی را با روابط تئوری مقایسه کنید.

3- مشخصه خارجی را برای ژنراتور مورد آزمایش رسم کنید و درصد افت ولتاژ را در

بار نامی حساب کنید.

4- مشخصه تنظیم را به ازای ولتاژ ترمینال ثابت و سرعت ثابت رسم کنید.

## پرسش های آزمایش

1- در یک ژنراتور  $DC$  تحریک مستقل چگونه می توان پلاریته ولتاژ خروجی را تغییر

داد؟

2- اگر جریان تحریک را در طول آزمایش بی باری از  $0/5$  آمپر به  $0/6$  آمپر تغییر داده و

سپس به  $0/5$  آمپر برگردانیم آیا مقدار ولتاژ آرمیچر برابر مقدار قبلی خواهد شد؟ با ذکر

دلیل توضیح دهید.

3- تلفات هیستریزیس هسته چه رابطه ای با منحنی مغناطیسی ماشین دارد؟

آزمایش دوم :

ژنراتور  $DC$  شنت

## (بي باري - بارگيري)

### تئوري آزمائش

مشخصه بارگيري ( خارجي )

### شرح آزمائش

الف آزمائش مشخصه بي باري ( مغناطيسي )

ب - آزمائش مشخصه بارگيري ( خارجي )

### خواسته هاي آزمائش

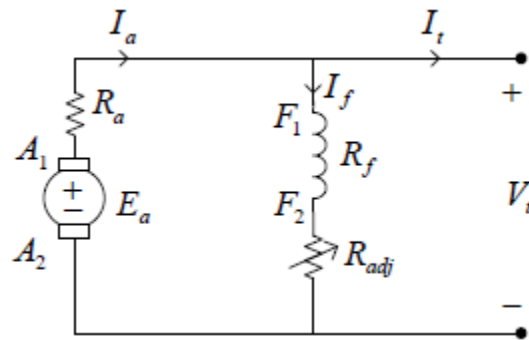
پرسش هاي آزمائش

### آزمائش دوم :

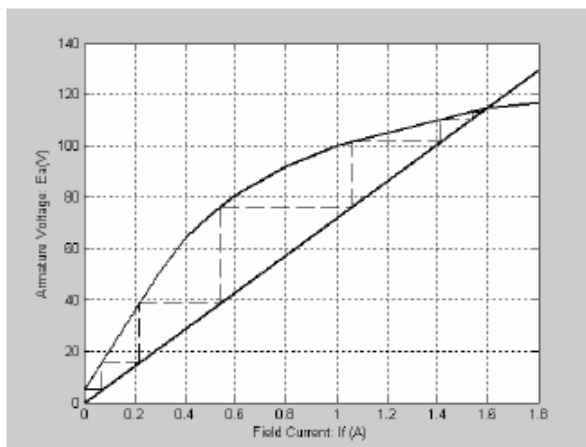
ژنراتور DC شنت

(بي باري - بارگيري)

### تئوري آزمائش



$$E_a \approx V_t$$



$$E_a = k\phi\omega$$

$$V_t = R_f I_f$$

$$R_f = R_f + R_{adj}$$

مقاومت بحرانی :  $R_c$

سرعت بحرانی :  $N_c$

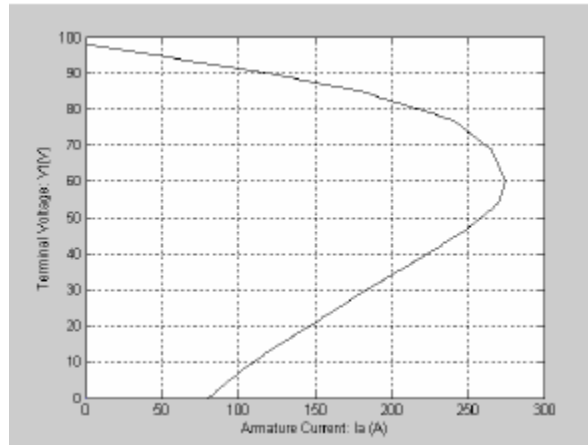
- فلوی پس ماند در هسته وجود داشته باشد.
- جهت چرخش ژنراتور در جهتی باشد که فلوی پس ماند را تقویت کند.
- مقاومت میدان از مقاومت بحرانی کمتر باشد.
- سرعت چرخش ژنراتور از سرعت بحرانی بیشتر باشد.

مشخصه بارگیری ( خارجی )

$$V_t = E_a - R_a I_a - \Delta V_{AR}$$

$$\Delta V_{AR} = E_a - V_t - R_a I_a$$

$$E_a(I_f)$$

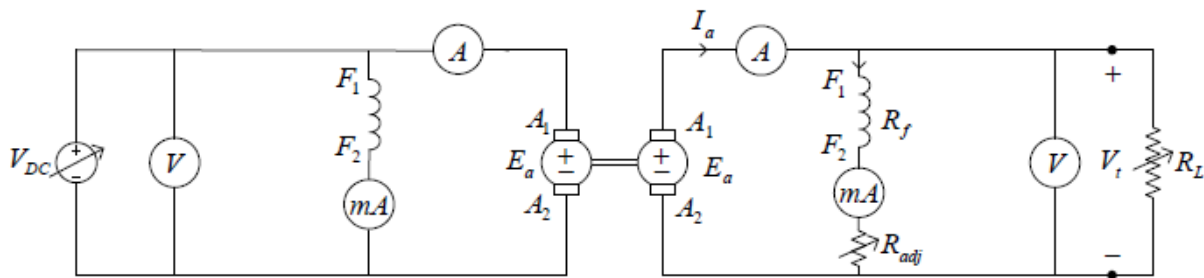


$$I_{a(SC)} = \frac{E_{a(RES)}}{R_a}$$

مقاومت آرمیچر  $R_a$  ، ولتاژ پس ماند  $E_{a(RES)}$

شرح آزمایش

|                            | <i>Generator</i> | <i>Motor</i> |
|----------------------------|------------------|--------------|
| <i>Armature Rated</i>      |                  |              |
| <i>Armature Rated</i>      |                  |              |
| <i>Field Rated Current</i> |                  |              |
| <i>Rated Speed</i>         |                  |              |



موتور DC شنت

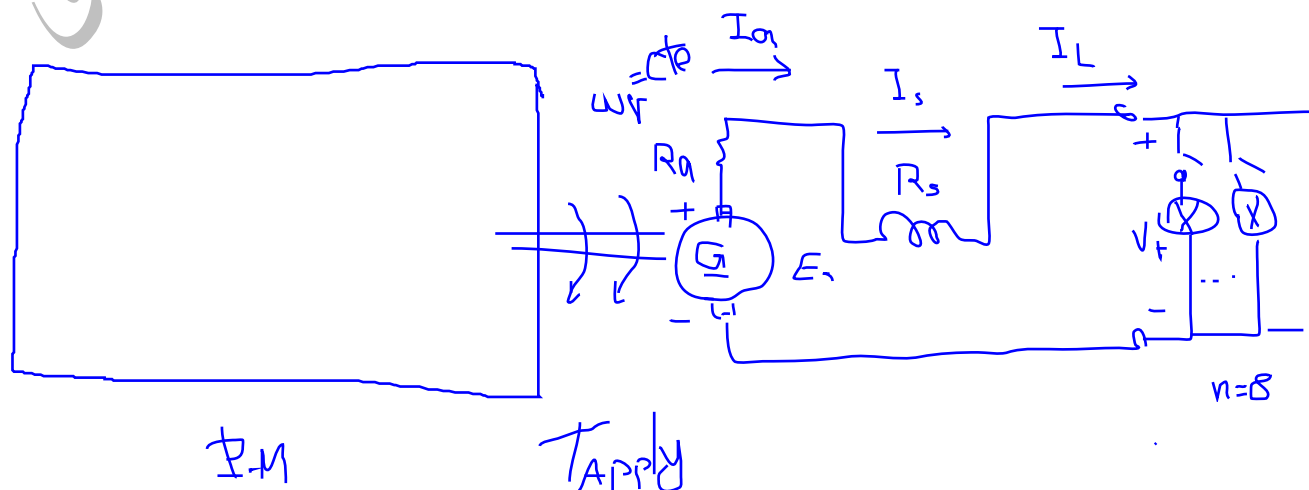
ژنراتور DC شنت

الف آزمایش مشخصه بی باری ( مغناطیسی )

|              |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| سرعت = ..... |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| منحنی        | $I_f(mA)$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| برگشت        | $E_a(V)$  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| منحنی        | $I_f(mA)$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| رفت          | $E_a(V)$  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ب - آزمایش مشخصه بارگیری ( خارجی )

$R_f : 5\% (50 \text{ Ohm}) = \text{cte}$

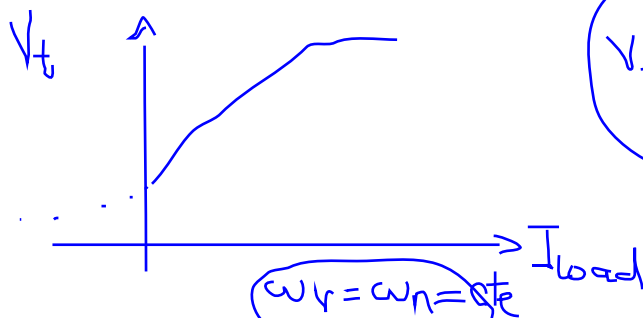


$$T_L = 0 \rightarrow N_f \rightarrow \infty \quad (0.5)$$



سرعت =  $N_f = N_n = C \cdot t_e$

| بارها          | 0 | 1 | 2 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 | 8 |
|----------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|---|---|
| $I_a(A)$       | X | X | X | X   | 0.4 | 0.5 | 0.6 |   |   |
| $V_t(V)$       |   |   |   | 40V | 55  | 70  | 90  |   |   |
| $I_f(mA)$      |   |   |   |     |     |     |     |   |   |
| مراحل محاسباتی |   |   |   |     |     |     |     |   |   |
| $E_a(V)$       |   |   |   |     |     |     |     |   |   |



$$V_t = f(I_a)$$

$$\omega_r = \omega_n = \omega_e$$

خواسته های آزمایش

1- منحنی رفت و برگشت و مقدار متوسط منحنی مغناطیسی ژنراتور شنت را روی یک

نمودار رسم کنید.

2- از روی نتایج منحنی مغناطیسی، مقاومت بحرانی را بدست آورید.

3- مشخصه بارداري ژنراتور شنت تحت آزمایش را رسم کنید.

4- درصد افت ولتاژ را در حداکثر بار مورد آزمایش بدست آورده و با مقدار حاصل از

ژنراتور تحریک مستقل مقایسه کنید.

پرسش های آزمایش

1- در یک ژنراتور شنت چگونه می توان پلاریته ولتاژ خروجی را عوض کرد؟

2- اگر آرمیچر ژنراتور شنت در حال چرخش بوده ولی ولتاژی تولید نکند برای رفع آن

چه اقداماتی باید انجام شود؟

3- با تغییر سرعت ژنراتور، مقدار مقاومت بحرانی چه تغییری می کند؟

4- مزایا و معایب ژنراتور DC شنت را نسبت به ژنراتور DC تحریک مستقل بیان کنید.

## آزمایش سوم :

### موتور DC شنت

### (بی باری - بارگیری)

#### تئوری آزمایش

الف - مشخصه سرعت - جریان  $w(I_a)$

الف - مشخصه گشتاور - جریان  $T(I_a)$

کنترل سرعت موتورهای DC

#### شرح آزمایش

الف- کنترل سرعت با ولتاژ

ب - کنترل سرعت با جریان تحریک

ج - بارداري موتور شنت

خواسته هاي آزمون

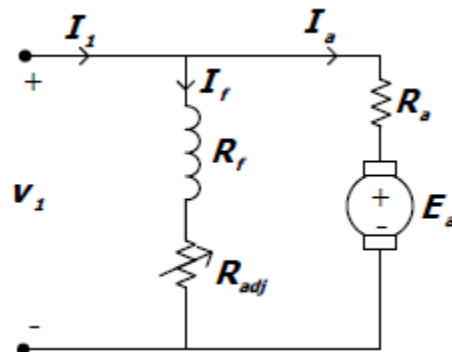
پرسش هاي آزمون

آزمون سوم :

موتور DC شنت

(بي باري - بارگيري)

تئوري آزمون



الف - مشخصه سرعت - جريان  $\omega(I_a)$

$$\omega_m = \frac{V_t}{K\phi} - \frac{R_a I_a}{K\phi} \Rightarrow \begin{aligned} E_a &= K\phi\omega = V_t - R_a I_a \\ T &= K\phi I_a \end{aligned}$$

الف - مشخصه گشتاور - جريان  $T(I_a)$

$$T = K\phi I_a$$

توان ورودی موتور :

$$P_{in} = P_{out} + R_a I_a^2 + R_f I_f^2 + \Delta V_b I_a$$

توان خروجی موتور :

$$P_{out} = T.\omega$$

$\Delta V_b$  افت ولتاژ جارو بکهای موتور بوده و برابر  $2V$  فرض می شود.

$$P_{in} = V_t I_t$$

$$T = \frac{V_t I_t - R_a I_a^2 - R_f I_f^2 - \Delta V_b I_a}{\omega} \Rightarrow V_t I_t = T.\omega + R_a I_a^2 + R_f I_f^2 + \Delta V_b I_a$$

$$\omega(\text{rad} / \text{s}) = \frac{2\pi}{60} n(\text{rpm})$$

کنترل سرعت موتورهای DC

$$\omega_m = \frac{V_t}{K\phi} - \frac{R_a I_a}{K\phi}$$

توجه : هنگام کنترل سرعت با یک پارامتر می بایستی مابقی پارامترها ثابت باقی بمانند .

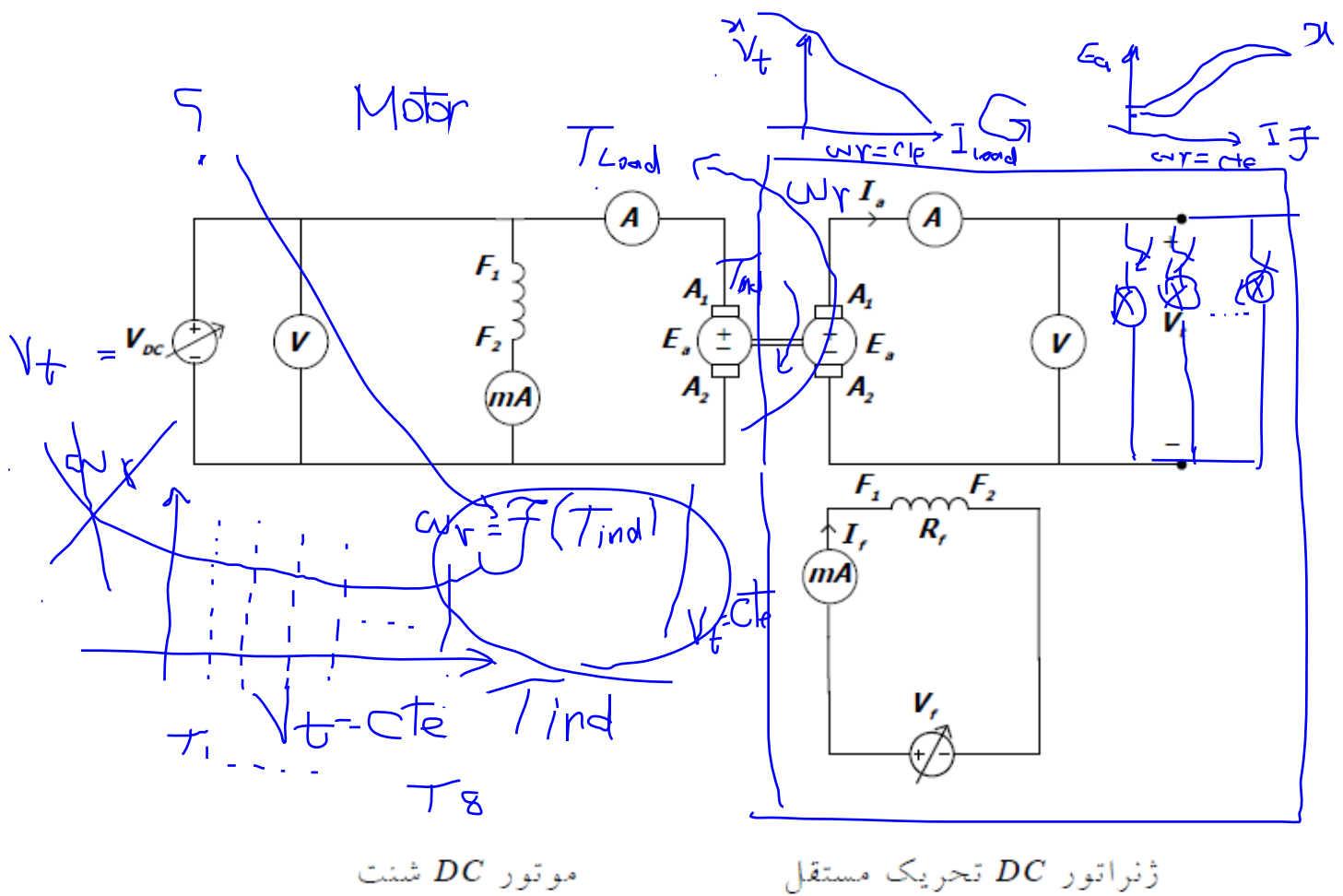
- کنترل ولتاژ آرمیچر ( $V_t$ ) ( $V_t \uparrow \Rightarrow \omega \uparrow$ ) : در این روش، سرعت موتور از صفر تا مقدار نامی قابل تغییر بوده و سرعت نسبت به سایر روشها آرام تر تغییر می کند. این روش مستلزم استفاده از منبع تغذیه  $DC$  متغیر است که هزینه آن از سایر روشها بیشتر است.

- کنترل فلوی میدان ( $\phi$ ) ( $\phi \uparrow \Rightarrow \omega \downarrow$ ) : با قرار دادن یک رثوستا در مدار تحریک می توان مقدار جریان تحریک را تغییر داده و سرعت را کنترل نمود. در این روش باید دقت نمود که با کاهش زیاد جریان تحریک، سرعت موتور از مقدار نامی بیشتر نشود.

- کنترل مقاومت آرمیچر ( $R_a$ ) ( $R_a \uparrow \Rightarrow \omega \downarrow$ ) : با قرار دادن یک مقاومت سری با آرمیچر، می توان با افزایش آن سرعت را از مقدار نامی کاهش داد. با توجه به اینکه جریان آرمیچر بالا می باشد در این روش تلفات رثوستای آرمیچر بالا می باشد. به همین دلیل از این روش کمتر استفاده می شود.

## شرح آزمایش

|                            | <i>Motor</i> | <i>Generator</i> |
|----------------------------|--------------|------------------|
| <i>Armature Rated</i>      |              |                  |
| <i>Armature Rated</i>      |              |                  |
| <i>Field Rated Current</i> |              |                  |
| <i>Rated Speed</i>         |              |                  |



الف- کنترل سرعت با ولتاژ

$R_f : 18 \% (180 \text{ Ohm}) = cte$

|                   |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| $I_f =$ .....     |  |  |  |  |  |  |  |
| $R_{adj}(\Omega)$ |  |  |  |  |  |  |  |
| $V_t(V)$          |  |  |  |  |  |  |  |
| $\omega(rpm)$     |  |  |  |  |  |  |  |

ب - کنترل سرعت با جریان تحریک

$R_f : 35 \% (350 \text{ Ohm}) = cte$

|                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ولتاژ ترمینال = ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I_f(mA)$             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $\omega(rpm)$         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ج - بارداري موتور شنت

|                                                                       |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ولتاژ ترمینال موتور = $V_{tn} = 220V$<br>جریان تحریک = $I_{fn}$ ..... |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| بارها                                                                 | 0                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $I_a(A)$                                                              | $I_0 < I_1 < I_2 < I_3$ |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\omega(rpm)$                                                         | $n_0 > n_1 > n_2 > n_3$ |   |   |   |   |   |   |   |   |
| مراحل محاسباتی                                                        |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $T(N.m)$                                                              | $0 < T_1 < T_2 < T_3$   |   |   |   |   |   |   |   |   |

خواسته های آزمایش

1- با استفاده از نتایج بدست آمده بی‌باری (قسمت الف آزمایش)، منحنی کنترل سرعت (سرعت-ولتاژ  $\omega(V_t)$  را برای موتور تحت آزمایش رسم کرده و با روابط تئوری مقایسه نمایید.

2- با استفاده از نتایج بدست آمده بی‌باری (قسمت ب آزمایش)، منحنی سرعت-جریان تحریک  $\omega(I_f)$  را برای موتور تحت آزمایش رسم کرده و با روابط تئوری مقایسه نمایید.

3- با استفاده از نتایج آزمایش بارداری و محاسبه گشتاور، منحنی گشتاور  $T(I_a)$  را رسم کرده و با روابط تئوری تطبیق دهید. مقاومت آرمیچر را برابر  $5\Omega$  و مقاومت تحریک را برابر  $290\Omega$  در نظر بگیرید.

4- با استفاده از نتایج آزمایش بارداری، منحنی سرعت  $\omega(I_a)$  را رسم کرده و با روابط تئوری تطبیق دهید.

5- درصد افت سرعت موتور در حداکثر گشتاور آزمایش شده را محاسبه کنید.

پرسش‌های

پرسش های آزمایش

1- با استفاده از روابط تئوری توضیح دهید چنانچه موتور شنت بدون مقاومت راه اندازی به ولتاژ نامی وصل شود چه اتفاقی می افتد. مقدار جریان راه اندازی را برای موتور تحت آزمایش محاسبه کنید.

2- اگر مدار تحریک موتور شنت در حال کار قطع شود چه اتفاقی می افتد؟

3- روشهای تغییر جهت چرخش موتور  $DC$  شنت را تشریح کنید.

4- چند نمونه از روشهای راه اندازی موتور  $DC$  شنت را بیان کنید.

## آزمایش چهارم :

### موتور $DC$ سری ( بارگیری - کنترل سرعت )

تئوری آزمایش

شرح آزمایش

خواسته های آزمایش

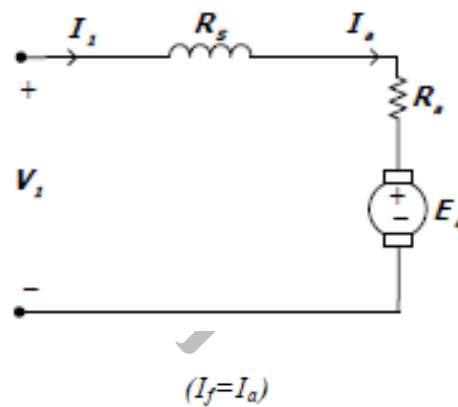
پرسش های آزمایش

## آزمایش چهارم :

موتور DC سري

( بارگیری - کنترل سرعت )

تئوري آزمایش



$$\begin{aligned} E_a &= K_{sr} I_a \omega \\ T &= K_{sr} I_a^2 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} E_a &= K \phi \omega \\ T &= K \phi I_a \\ K \phi &= K_{sr} I_a \end{aligned}$$

$$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a$$

$$\omega_m = \frac{V_t}{\sqrt{K_{sr} T}} - \frac{(R_a + R_s)}{K_{sr}}, \quad \omega_m = \frac{V_t}{K_{sr} I_a} - \frac{(R_a + R_s)}{K_{sr}}$$

$$T = K\phi I_a$$

$$E_a = K\phi\omega$$

 $\Rightarrow$ 
 $\Rightarrow$ 

$$E_a = V_t - (R_a + R_s)I_a,$$

$$\frac{T}{E_a} = \frac{I_a}{\omega}$$

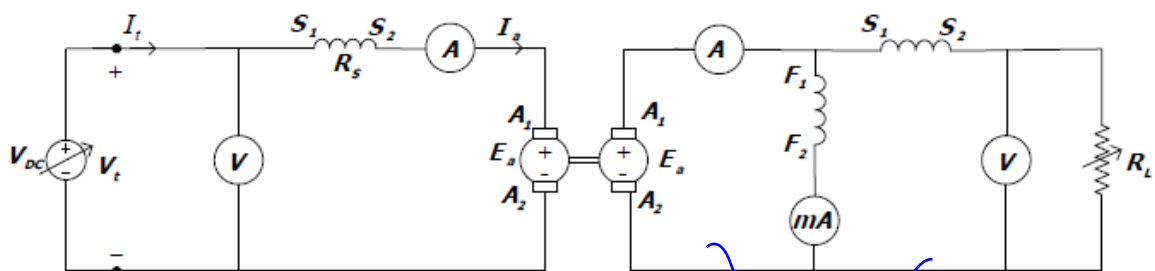
$$T = \frac{I_a}{\omega} [V_t - (R_a + R_s)I_a]$$

$$\omega(\text{rad / s}) = \frac{2\pi}{60} n(\text{rpm})$$

شرح آزمایش

|                            | <i>Motor</i> | <i>Generator</i> |
|----------------------------|--------------|------------------|
| <i>Armature Rated</i>      |              |                  |
| <i>Armature Rated</i>      |              |                  |
| <i>Field Rated Current</i> |              |                  |
| <i>Rated Speed</i>         |              |                  |

مدار آزمایش را مطابق شکل زیر بطور کامل ببندید.



موتور DC سری

ژنراتور DC کمپوند اضافی

دقت کنید تمام بارها روشن باشند.

ولتاژ دو سر موتور را به آرامی بالا ببرید تا سرعت آن به

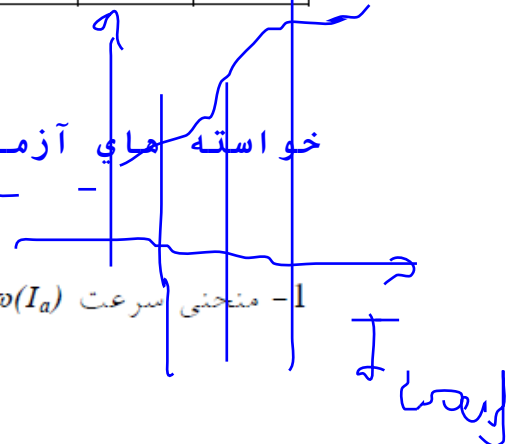
$1250 \text{ rpm}$  برسد.

|                                       |   |   |   |      |      |      |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|------|------|------|---|---|---|
| $V_{t_n} = 2.20V \dots$ ولتاژ ترمینال |   |   |   |      |      |      |   |   |   |
| بارها                                 | 0 | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 | 8 |
| $I_a(A)$                              | ✓ |   |   |      |      |      |   |   |   |
| $\omega(rpm)$                         | X | X | X | 2100 | 1900 | 1600 | ✓ | ✓ | ✓ |
| مراحل محاسباتی                        |   |   |   |      |      |      |   |   |   |
| $T(N.m)$                              | X | X | X | 0/3  | 0/4  | 0/5  | ✓ | ✓ | ✓ |

$$y = f(x)$$

↓  
گرم

خواسته های آزمایش



1- منحنی سرعت  $\omega(I_a)$  را رسم کرده و با نتایج تئوری مقایسه نمایید.

2- با استفاده از نتایج آزمایش، گشتاور را برای نقاط بدست آمده محاسبه کرده و در

جدول بالایی وارد کنید. مقاومت آرمیچر را برابر  $5\Omega$  و مقاومت تحریک سری را برابر

$0.5\Omega$  در نظر بگیرید. منحنی گشتاور-جریان  $T(I_a)$  را برای موتور تحت آزمایش رسم

کرده و با روابط تئوری مقایسه نمایید.

3- با استفاده از نتایج محاسبه شده، منحنی گشتاور-سرعت  $T(\omega)$  را برای موتور تحت آزمایش رسم کرده و با روابط تئوری مقایسه نمایید.

4- درصد افت سرعت موتور  $DC$  سری را برای حداکثر بار آزمایش شده محاسبه کنید.

### پرسش های آزمایش

1- چند نمونه از روشهای راه اندازی موتور  $DC$  سری را بیان کنید.

2- روشهای تغییر جهت چرخش موتور  $DC$  سری را تشریح کنید.

3- برای حفاظت موتور  $DC$  سری در برابر افزایش سرعت چه راههایی وجود دارد؟

سری فرهادی

## آزمایش پنجم :

### موتور آسنکرون ( القايي )

تئوري آزمایش

شرح آزمایش

خواسته هاي آزمایش

پرسش هاي آزمایش

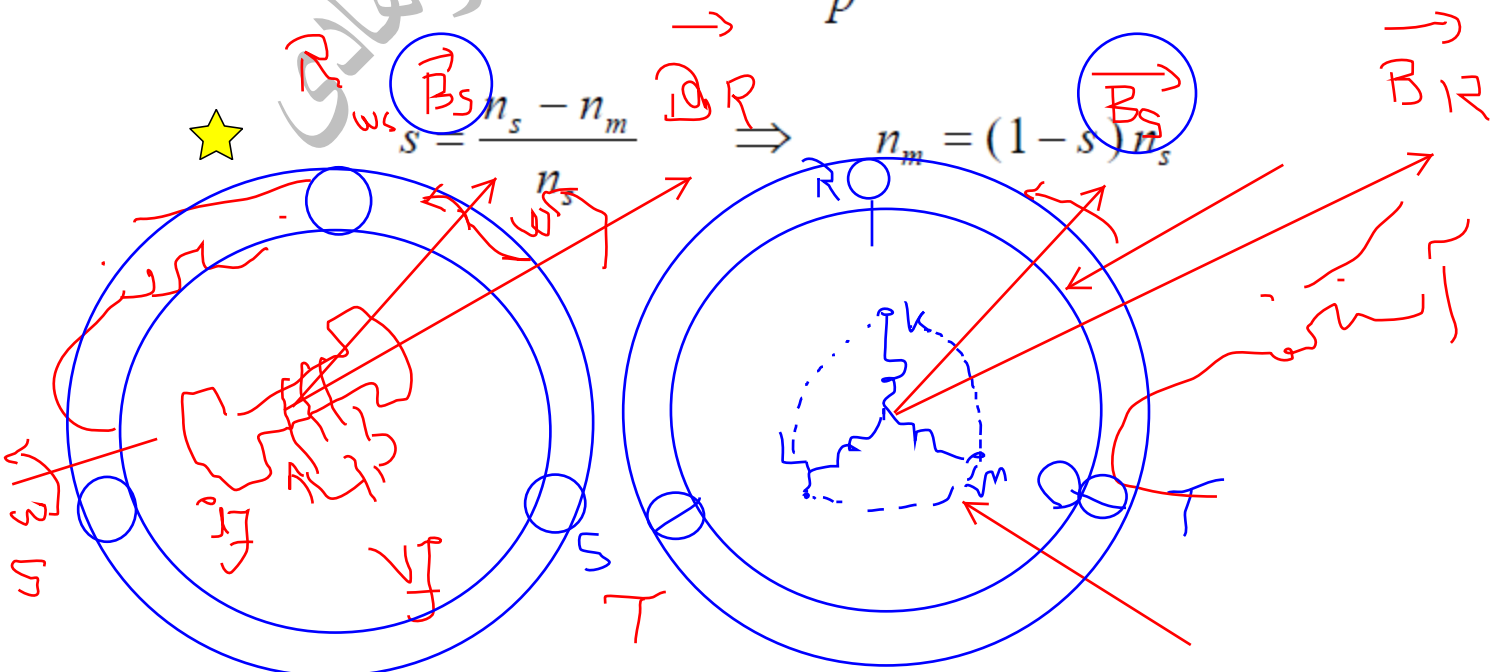
## آزمایش پنجم :

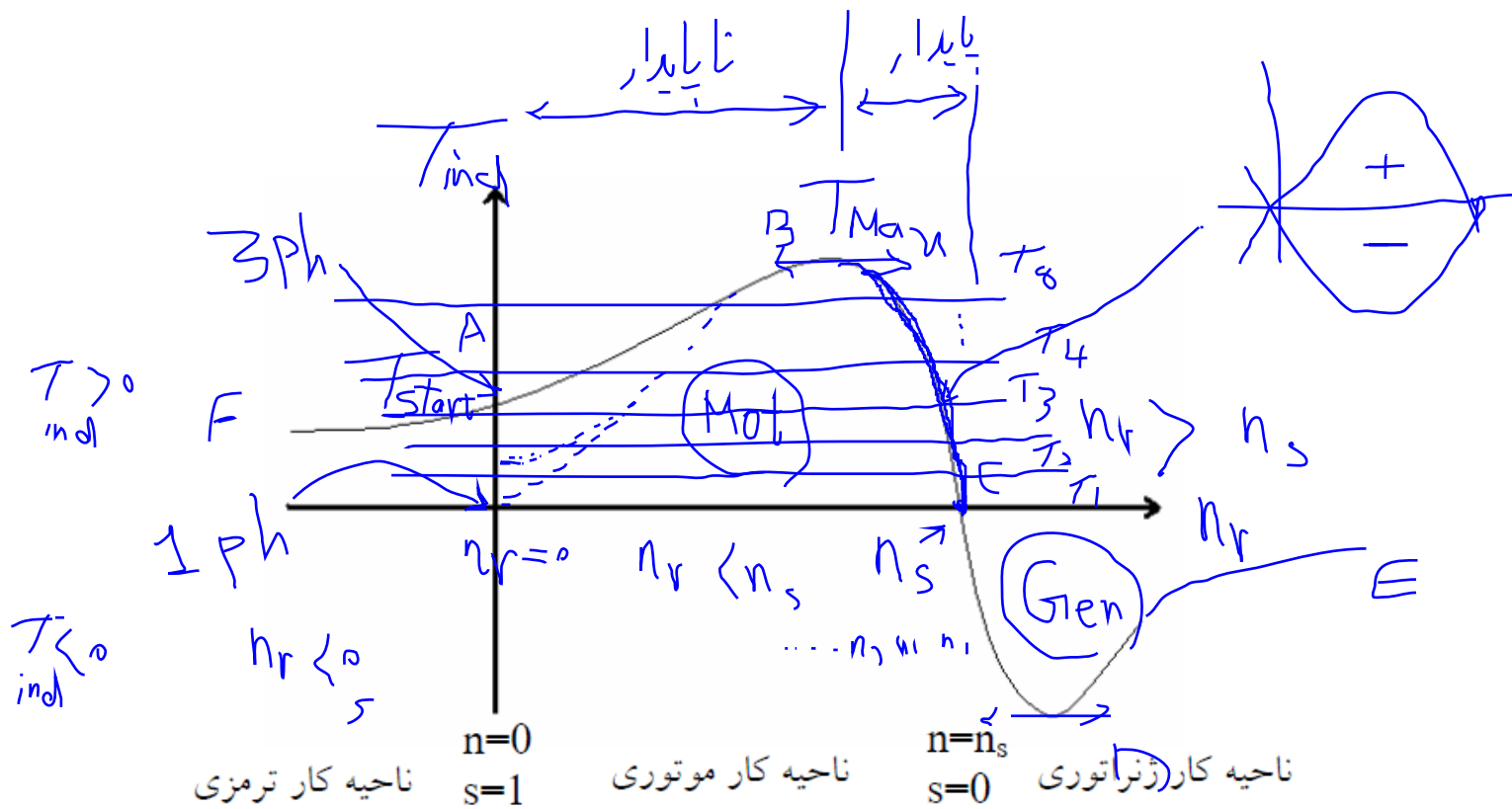
### موتور آسنکرون ( القايي )

تئوري آزمایش

$$\frac{1}{T_{ind}} = k \vec{B}_R \times \vec{B}_S$$

$$n_s = \frac{p}{120 f_s}$$





نمودار گشتاور-سرعت موتور القایی

$$P_{in} = 3V_{1\phi} I_{1\phi} \cos \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$$

توان ورودی

$$P_{cus} = 3 R_1 I_{1\phi}^2$$

تلفات مسی سیم پیچی استاتور

$$P_{core} = 3 \frac{V_{1\phi}^2}{R_c}$$

تلفات هسته

$$P_{AG} = P_{in} - P_{cus} - P_{core}$$

توان فاصله هوایی

$$P_{AG} = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s}$$

$$P_{cur} = 3 R_2 I_2^2$$

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{cur} = 3 I_2^2 R_2 \left( \frac{1}{s} - 1 \right)$$

توان تبدیل شده

$$P_{conv} = (1 - s) P_{AG}$$

$$P_{out} = P_{conv} - P_{FW}$$

$$\tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} = \frac{P_{AG}}{\omega_s}$$

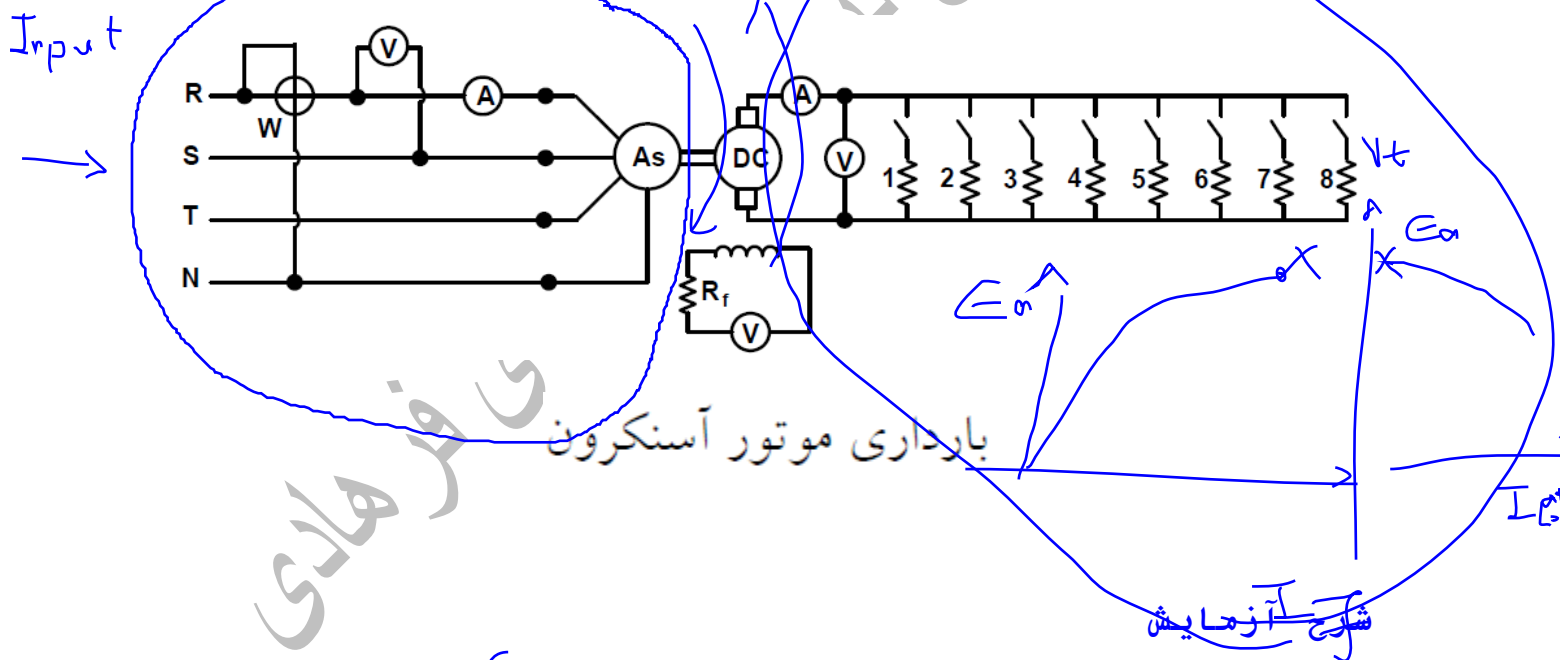
گشتاور القا شده

$$\tau_{out} = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

گشتاور بار

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

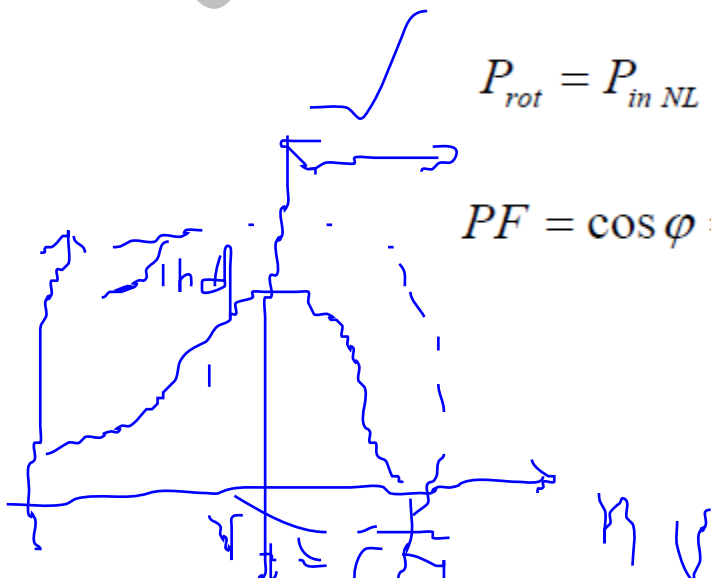
راندمان



$$P_{rot} = P_{in NL} - 3 R_1 I_1^2$$

$$PF = \cos \varphi = \frac{P_{in}}{3 V_{1\varphi} I_{1\varphi}}$$

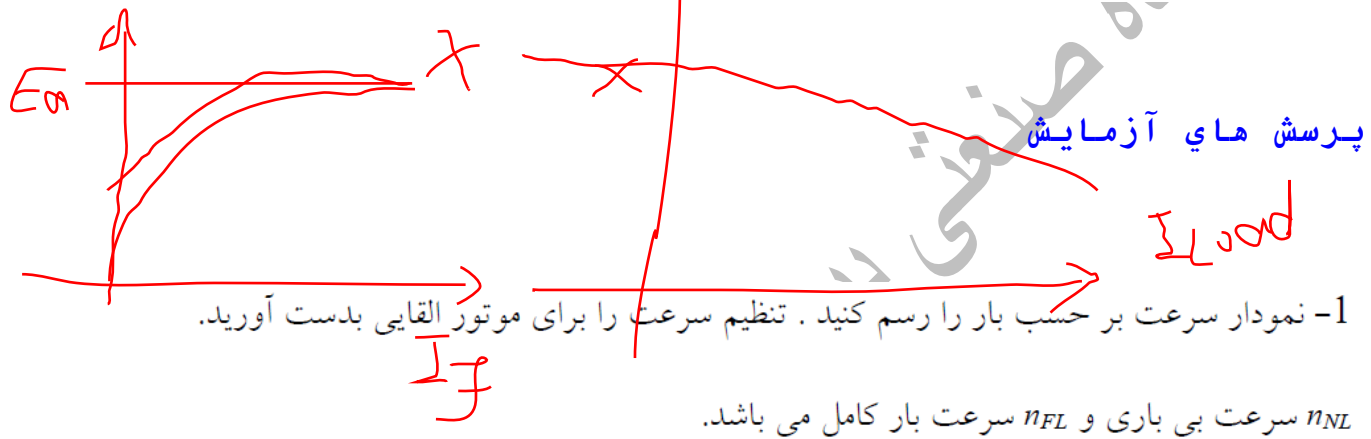
خواسته های آزمایش



$$f = 50 \text{ Hz}, \quad P = 2 \quad n_s = \frac{120f}{P} \rightarrow n_s = 3000 \text{ rpm}$$

$$v_t = Cte$$

| بار         |                      | 1    | 2    | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------|----------------------|------|------|---|---|---|---|---|---|
| اندازه گیری | جریان ورودی $I_1$    |      |      |   |   |   |   |   |   |
|             | ولتاژ اعمالی $V_1$   |      |      |   |   |   |   |   |   |
|             | توان ورودی $P_{in}$  | ۰/۱  | ۰/۲  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |   |
|             | سرعت $n_m$           | 2995 | 2989 | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |   |
| محاسبه      | لغزش $s$             |      |      |   |   |   |   |   |   |
|             | ضریب توان $PF$       |      |      |   |   |   |   |   |   |
|             | گشتاور القا شده      |      |      |   |   |   |   |   |   |
|             | توان خروجی $P_{out}$ | ✓    |      |   |   |   |   |   |   |
|             | راندمان $\% \eta$    |      |      |   |   |   |   |   |   |



1- نمودار سرعت بر حسب بار را رسم کنید. تنظیم سرعت را برای موتور القایی بدست آورید.

$n_{NL}$  سرعت بی باری و  $n_{FL}$  سرعت بار کامل می باشد.

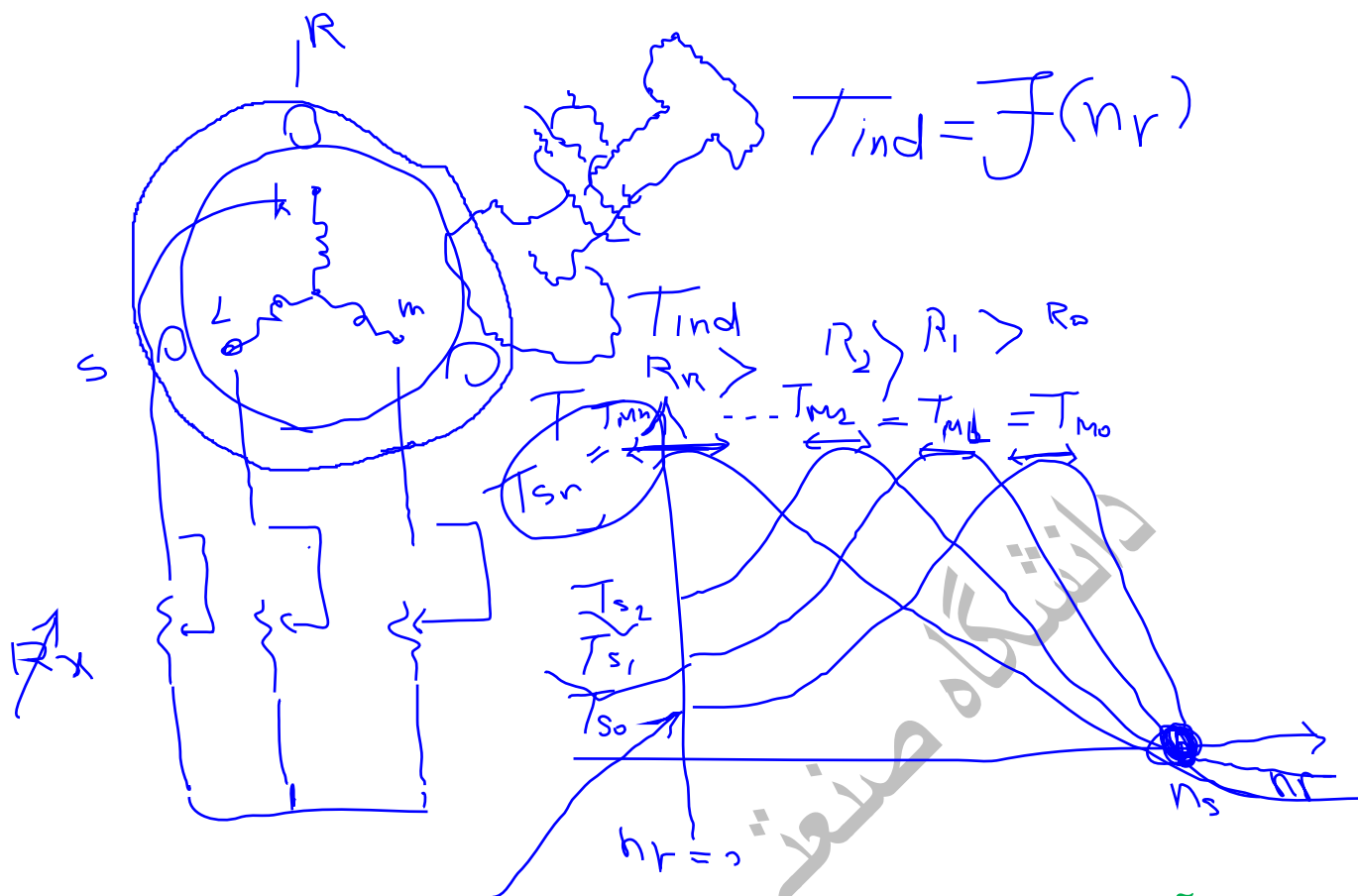
$$\%SR = \frac{n_{NL} - n_{FL}}{n_{FL}} \times 100$$

2- نمودار گشتاور بر حسب سرعت را رسم نمائید. توضیح دهید نمودار بدست آمده کدام قسمت

از نمودار کامل گشتاور سرعت موتور است؟

3- بار اعمال شده به شفت موتور را تا کجا می توان افزایش داد؟

4- اگر در لحظه راه اندازی بار نامی موتور به آن اعمال شده باشد چه اتفاقی می افتد؟



$$T_{ind} = F(n_r)$$

$$R_2 > R_1 > R_0$$

$$T_{m1} = T_{m2} = T_{m3} = T_{m4} = T_{m5} = T_{m6} = T_{m7} = T_{m8} = T_{m9} = T_{m10} = T_{m11} = T_{m12} = T_{m13} = T_{m14} = T_{m15} = T_{m16} = T_{m17} = T_{m18} = T_{m19} = T_{m20} = T_{m21} = T_{m22} = T_{m23} = T_{m24} = T_{m25} = T_{m26} = T_{m27} = T_{m28} = T_{m29} = T_{m30} = T_{m31} = T_{m32} = T_{m33} = T_{m34} = T_{m35} = T_{m36} = T_{m37} = T_{m38} = T_{m39} = T_{m40} = T_{m41} = T_{m42} = T_{m43} = T_{m44} = T_{m45} = T_{m46} = T_{m47} = T_{m48} = T_{m49} = T_{m50} = T_{m51} = T_{m52} = T_{m53} = T_{m54} = T_{m55} = T_{m56} = T_{m57} = T_{m58} = T_{m59} = T_{m60} = T_{m61} = T_{m62} = T_{m63} = T_{m64} = T_{m65} = T_{m66} = T_{m67} = T_{m68} = T_{m69} = T_{m70} = T_{m71} = T_{m72} = T_{m73} = T_{m74} = T_{m75} = T_{m76} = T_{m77} = T_{m78} = T_{m79} = T_{m80} = T_{m81} = T_{m82} = T_{m83} = T_{m84} = T_{m85} = T_{m86} = T_{m87} = T_{m88} = T_{m89} = T_{m90} = T_{m91} = T_{m92} = T_{m93} = T_{m94} = T_{m95} = T_{m96} = T_{m97} = T_{m98} = T_{m99} = T_{m100}$$

آزمایش ششم :

ژنراتور آسنکرون ( القای )

تئوری آزمایش

الف - موازی با شبکه

ب - مستقل از شبکه

شرح آزمایش

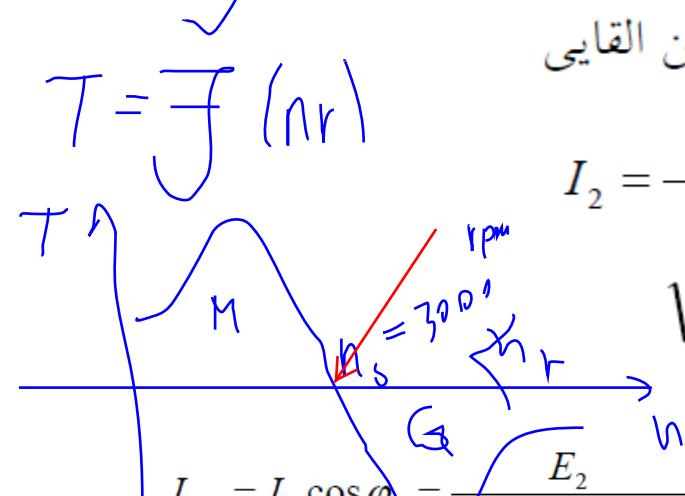
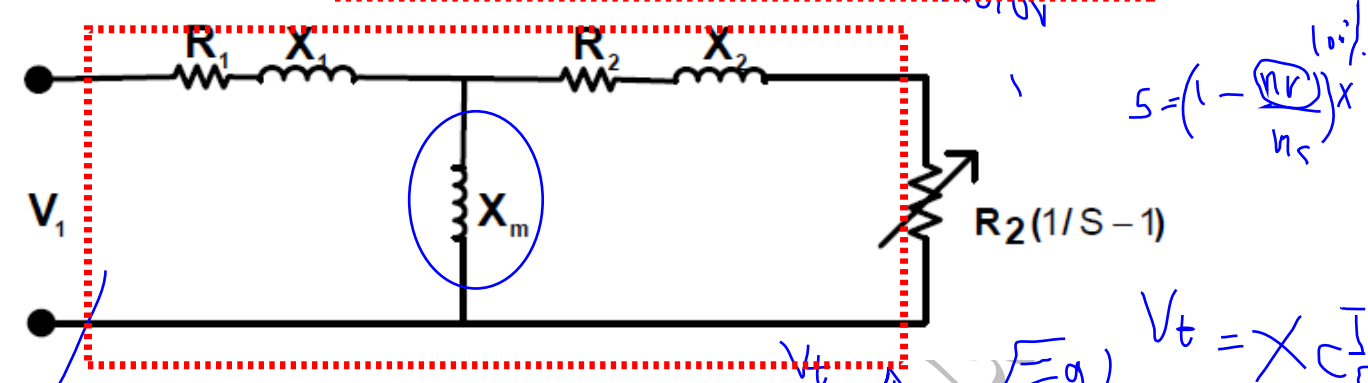
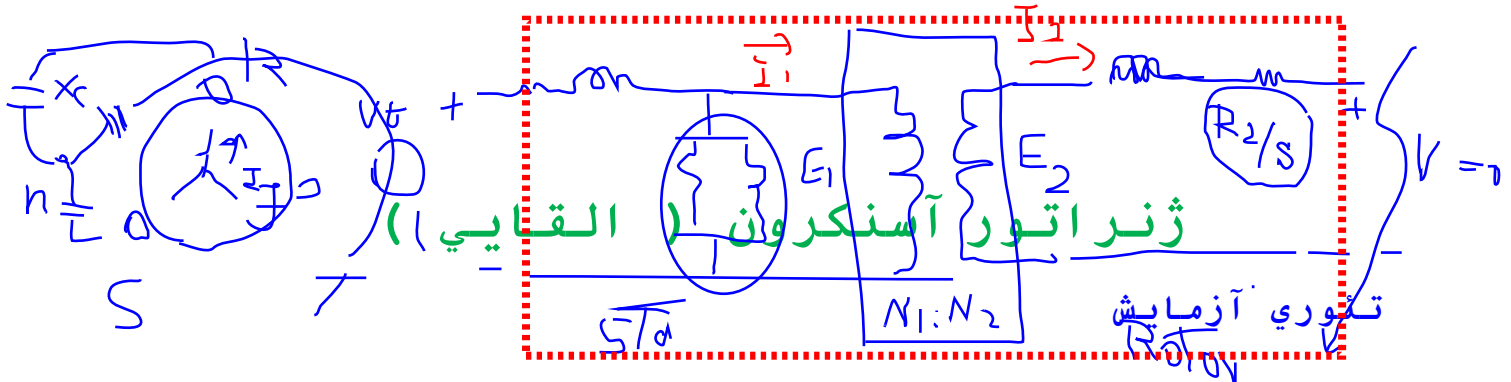
الف - آزمایش موازی با شبکه

ب - آزمایش مستقل از شبکه

خواسته های آزمایش

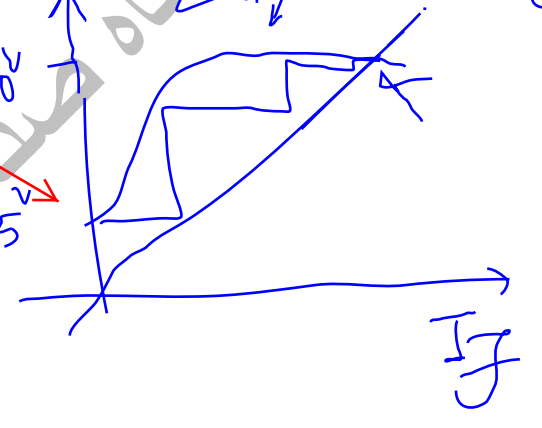
پرسش های آزمایش

آزمایش پنجم :



مدار معادل ماشین القایی

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}}$$



$$I_{2A} = I_2 \cos \phi_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \times \frac{\frac{R_2}{s}}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} = \frac{E_2 \cdot R_2 \cdot s}{R_2^2 + s^2 X_2^2} \propto P_{Active}$$

$$I_{2R} = I_2 \sin \phi_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \times \frac{X_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} = \frac{E_2 \cdot X_2 \cdot s^2}{R_2^2 + s^2 X_2^2} \propto P_{Reactive}$$

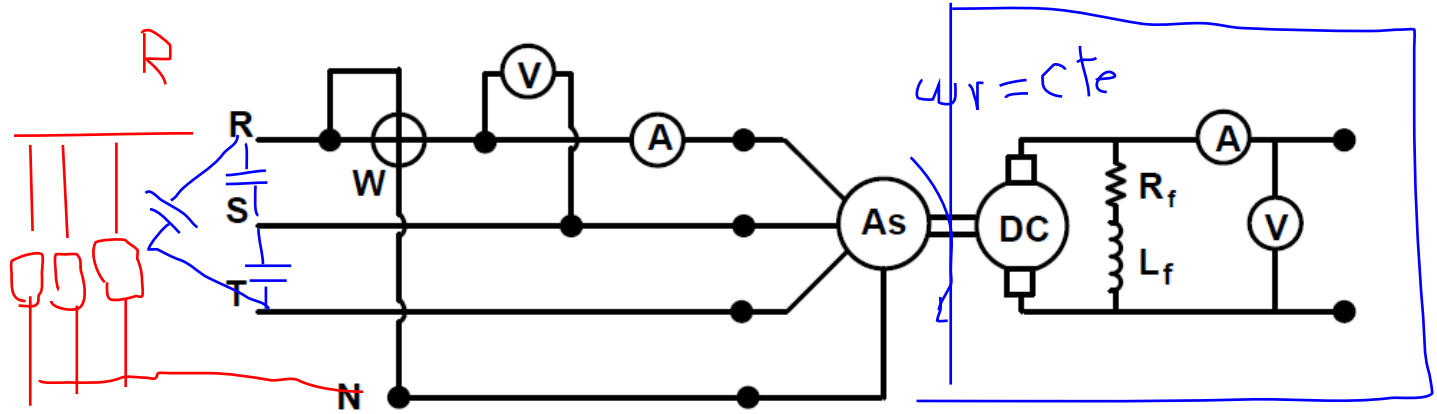
الف - موازي با شبکه

ب - مستقل از شبکه

شرح آزمایش

الف - آزمایش موازي با شبکه

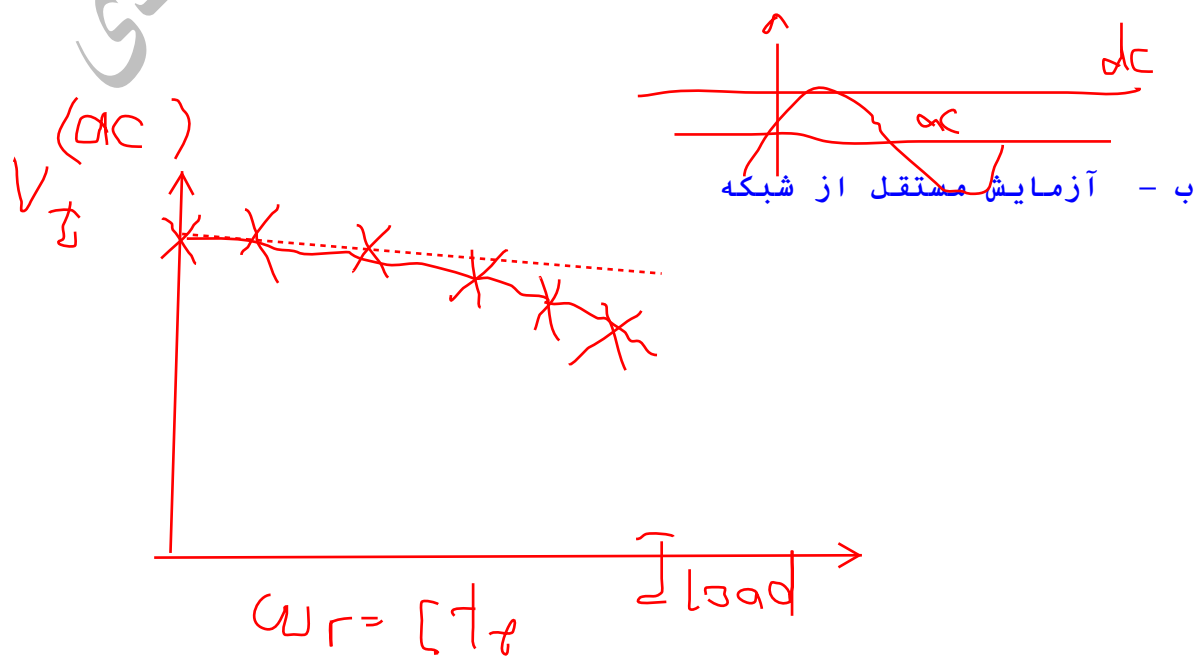
7.14

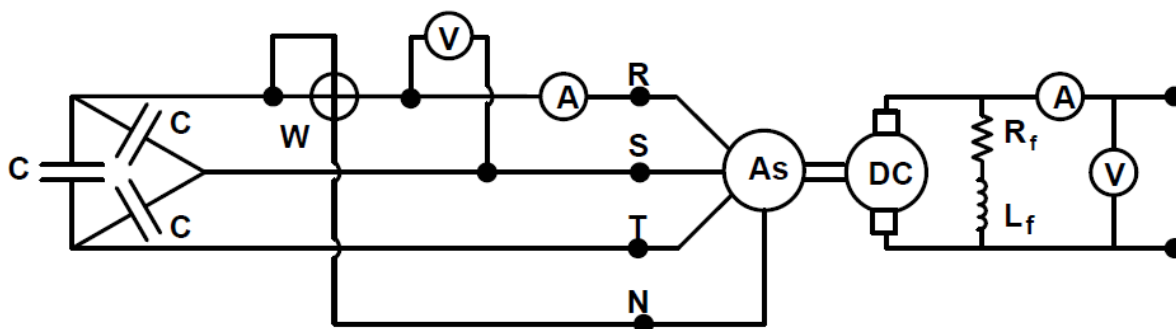


ژنراتور القایی موازی با شبکه

$V_t$   
 $\omega_r = cte$   
 $I_{load}$

|               |   |           |                   |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
|---------------|---|-----------|-------------------|--|--|--|--|-------------|-----|-----|-----|---|-----|----|
|               |   | دور [rpm] |                   |  |  |  |  | اندازه گیری |     |     |     |   |     |    |
| dc شنت        |   | ولتاژ [v] |                   |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
|               |   | جریان [A] |                   |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
| ✓             | ✓ | {         | ولتاژ [v]         |  |  |  |  |             | 220 | 218 | 215 | - | --- | .. |
|               |   |           | جریان [A]         |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
|               |   |           | توان اکتیو [w]    |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
| آسنکرون<br>ac |   |           | لغزش [%]          |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
|               |   |           | ضریب توان         |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |
|               |   |           | توان راکتیو [Var] |  |  |  |  |             |     |     |     |   |     |    |





## ژنراتور القایی مستقل از شبکه

خواسته های آزمایش

|                 |                        |  |             |
|-----------------|------------------------|--|-------------|
| dc شنت          | دور $[rpm]$            |  | اندازه گیری |
|                 | ولتاژ $[v]$            |  |             |
|                 | جریان $[A]$            |  |             |
| آسنکرون<br>$ac$ | ولتاژ $[v]$            |  | محاسبه      |
|                 | جریان $[A]$            |  |             |
|                 | توان اکتیو $[w]$       |  |             |
|                 | لغزش $[\%]$            |  |             |
|                 | ضریب توان              |  |             |
|                 | توان راکتیو<br>$[Var]$ |  |             |



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

پرسش های آزمایش

1- در حالت موازی با شبکه نمودار توان اکتیو و راکتیو را بر حسب دور رسم نمائید.

2- در حالت موازی با شبکه نمودار جریان را بر حسب دور رسم نمائید .

3- در حالت مستقل از شبکه نمودار ولتاژ بر حسب دور و توان راکتیو بر حسب دور را رسم نمائید.

4- ژنراتور آسنکرون در مقایسه با ژنراتور سنکرون چه معایب و مزایایی دارد؟

5- فرکانس ولتاژ تولیدی ژنراتور آسنکرون چقدر است؟

6- با توجه به اینکه توان خروجی موتور آسنکرون در سرعت 1500 دور بر دقیقه صفر است چرا واتمتر عدد صفر را نشان نمی دهد؟

مهملی فرهادی