

Chapitre 5

Machine synchrone triphasée

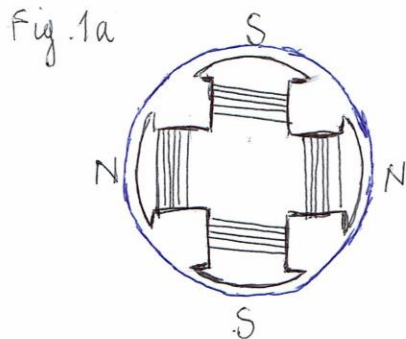
1- Constitution :

1-1- Rotor :

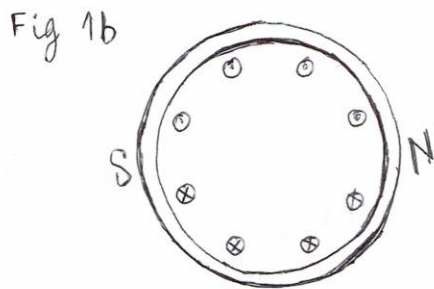
Au rotor, nous avons l'inducteur (ou excitation). C'est un électroaimant alimenté en courant continu par l'intermédiaire de balais. L'inducteur crée un champ tournant.

Deux grandes catégories de machines synchrones :

- Machines à pôles saillants :



- Machines à pôles lisses :

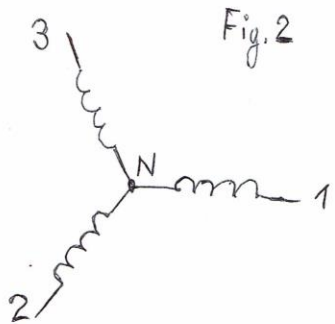


Le rotor est caractérisé par son nombre de paires de pôles p :

- $p = 1$ (2 pôles) : fig. 1a
- $p = 2$ (4 pôles) : fig. 1b

1-2- Stator

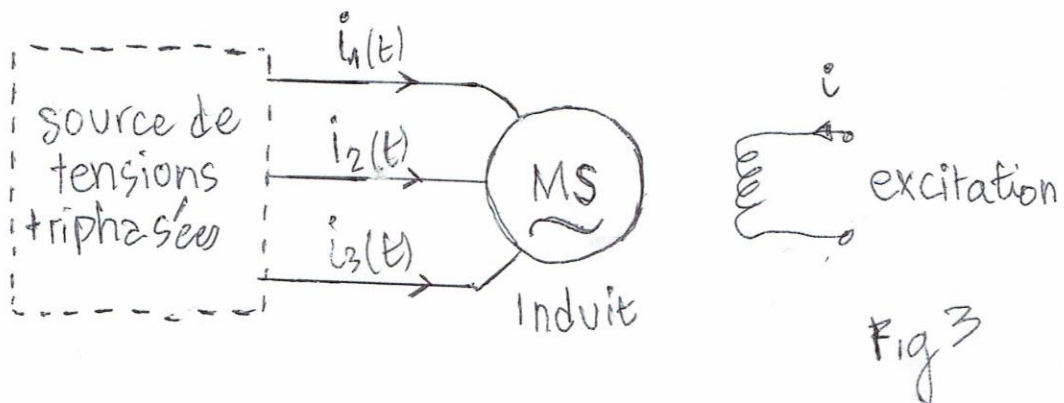
Au stator, nous avons l'induit (circuit de puissance). C'est un bobinage triphasé, généralement couplé en étoile :



2- Types de fonctionnement

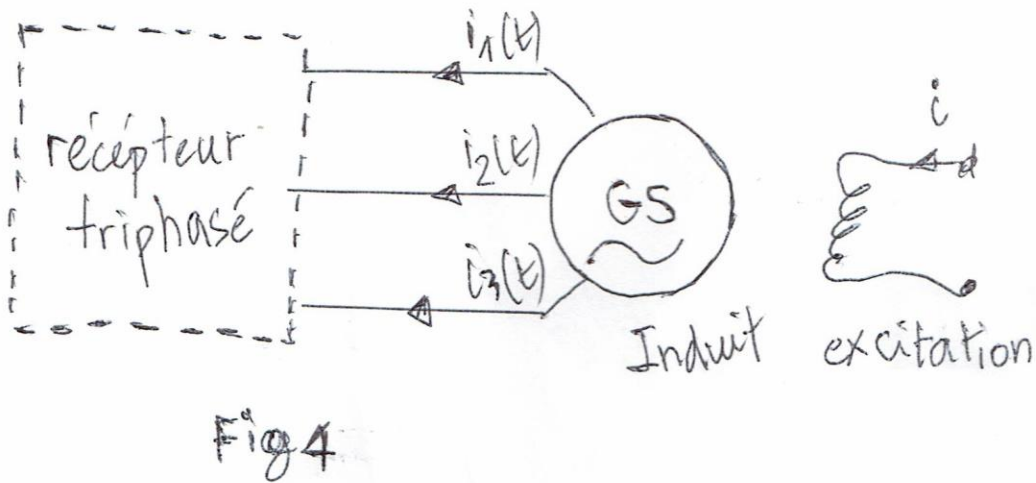
2-1- Fonctionnement en moteur :

Le moteur alimenté en triphasé tourne :



2-2- Fonctionnement en génératrice : alternateur

La génératrice synchrone est plus connue sous le nom d'alternateur.



Un système mécanique entraîne le rotor. Il y a création d'un système de tensions triphasées dans les bobinages du stator.

3. Relation entre vitesse de rotation et fréquence des tensions triphasées :

$$f = pn$$

avec : f : fréquence (en Hz)

n : vitesse de rotation (en tr/s)

p : nombre de paires de pôles

- **Autre relation**

$$\omega = 2\pi f = p\Omega$$

avec :

ω : pulsation (en rad/s)

Ω : vitesse de rotation (en rad/s)

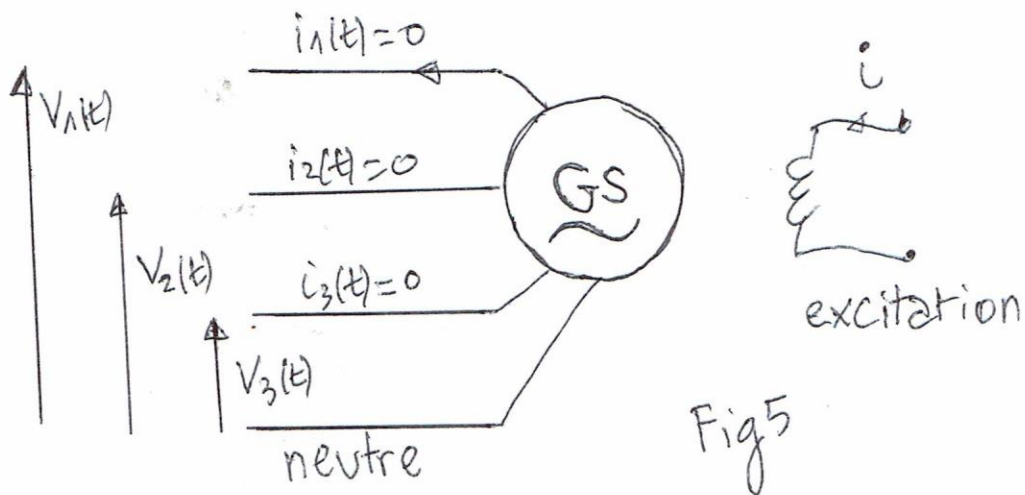
- **Remarques**

La production de l'énergie électrique se fait avec des alternateurs de grandes puissances (jusqu'à 1450 MW) :

- turboalternateurs de centrales thermiques (à pôles lisses : $p = 2$ ou 1)
- hydro alternateurs de barrages hydrauliques (à pôles saillants : $p \gg 1$)

4- Etude de l'alternateur :

4.1-- Fonctionnement à vide:



A vide, les tensions générées correspondent aux fem induites dans les bobinages du stator par le champ tournant du rotor :

$$v_i(t) = e_i(t)$$

- Valeur efficace des fem induites :

$$E = k\Phi\Omega$$

E : fem en volts

Φ : flux sous un pôle de l'inducteur

k : constante qui dépend de la machine

- Φ est proportionnel au courant inducteur i :

$$\Phi \propto i$$

4-2- Fonctionnement en charge :

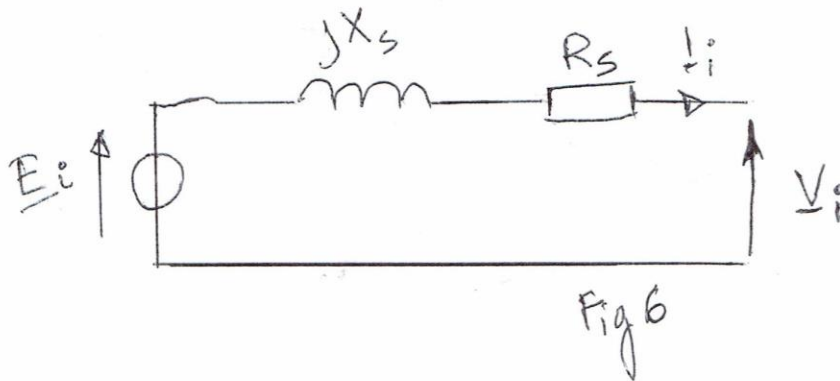
- Schéma électrique équivalent de Behn-Eschenburg

Hypothèse : circuit magnétique non saturé.

Au stator, le régime est sinusoïdal.

On utilise la notation complexe.

Pour la phase i :



E_i : fem induite

I_i : courant de ligne

V_i : tension entre phase et neutre

R_S : résistance d'un enroulement statorique (couplage Y)

$X_S = L_S \omega$: réactance synchrone d'un enroulement statorique .

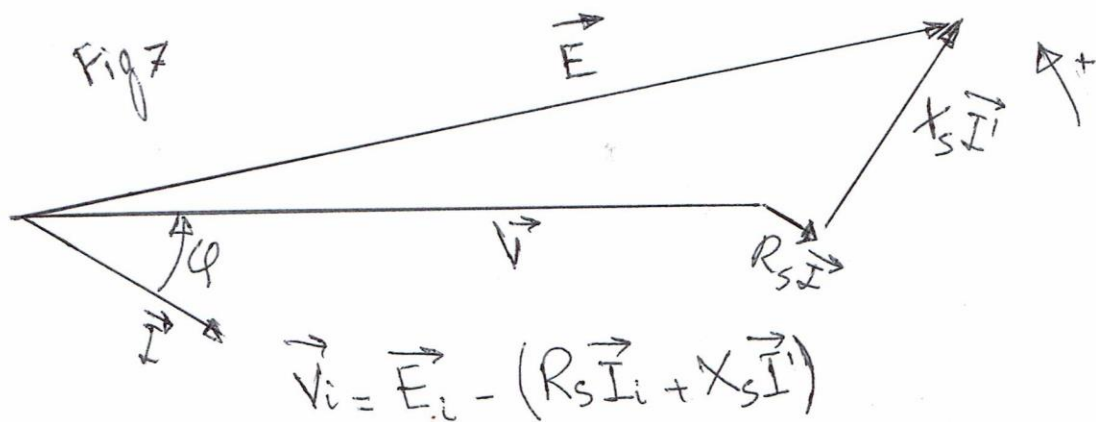
• Loi des branches : $V_i = E_i - (R_S + jX_S)I_i$

• Remarques :

X_S est proportionnelle à la vitesse de rotation.

En pratique $X_S \gg R_S$.

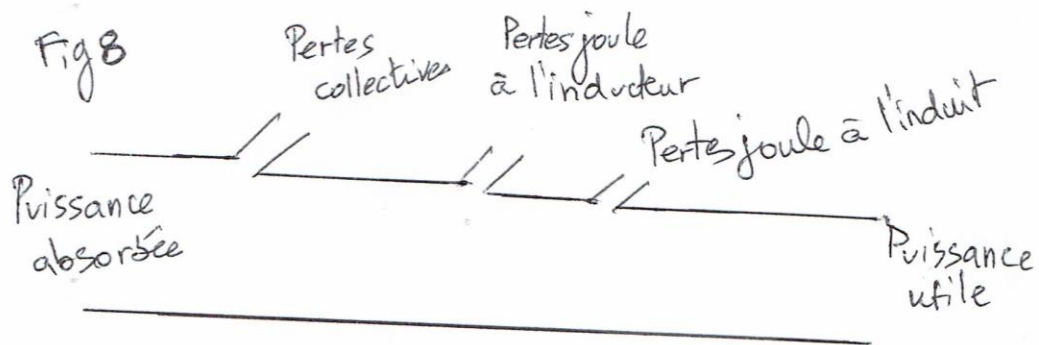
• Représentation vectorielle : diagramme de Behn-Eschenburg :



- Chute de tension en charge :

$$\Delta V = E - V$$

5- Bilan de puissance de l'alternateur :



- **Puissance absorbée** =

Puissance mécanique reçue + puissance électrique consommée par l'inducteur

- **Puissance utile** = puissance électrique fournie à la charge triphasée.

- **pertes Joule**

- dans l'induit : $3RSI^2$

- dans l'inducteur : ri^2 (r : résistance du bobinage de l'inducteur)

- **Rendement**

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\sqrt{3}UI \cos \varphi}{\sqrt{3}UI \cos \varphi + \sum \text{pertes}}$$