

1-écrit sous la forme d’une équation d’état le modèle mathématique de la MAS, dans le repère (d-q) avec : $X=[isd, isq, ird, irq]^T$: Vecteur d’état **(4 points)**

2- Les équations de rotor dans la répare (abc) donné par : $[V_{abcr}] = [Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]$

trouver les équations rotorique de la MAS dans les axes d-q : **(3 points)**

3-Donner le schéma de simulation de la MAS dans les axes alph –beta **(4 points)**

4- donner les expressions des fonctions (F1,F2,F3) **(3 points)**

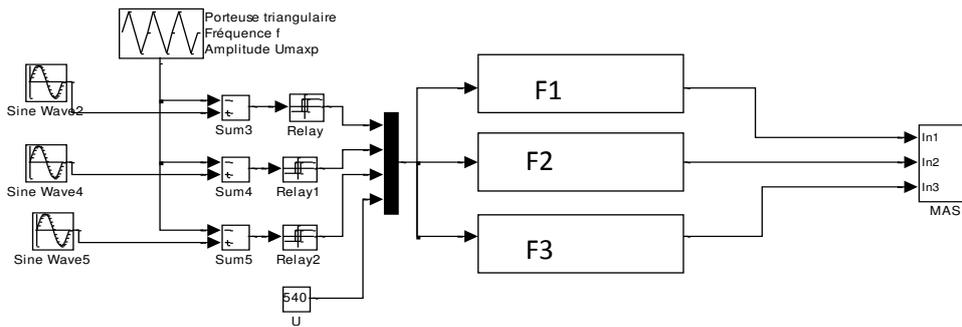


Fig.1 Alimentation de la MAS par un onduleur de tension à MLI sinus- triangulaire sous MATLAB –Simulink

5- donner les expressions des fonctions (Fnc 1, Fnc 2, Fnc 3) **(3 points)**

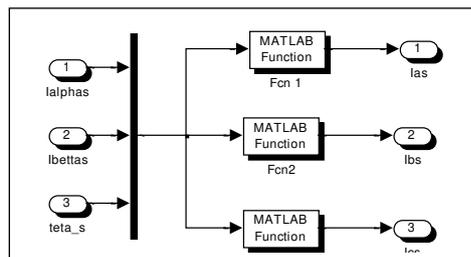


Fig.1 transformation de PARK inverse sous MATLAB –Simulink

6- Donner le diagramme de la commande par hystérésis de l’onduleur de tension **(3 points)**

Corrigé type du contrôle

1-les équation d'état le modèle mathématique de la MAS, dans le repère (d-q) avec :
 $X=[i_{sd}, i_{sq}, i_{rd}, i_{rq}]^T$: Vecteur d'état

Les équations électriques :

$$\begin{cases} U_{sd} = i_{sd} \cdot r_s + \frac{d\psi_{sd}}{dt} - \omega_r \psi_{sq} \\ U_{sq} = i_{sq} \cdot r_s + \frac{d\psi_{sq}}{dt} + \omega_r \psi_{sd} \\ 0 = i_{rd} \cdot r_r + \frac{d\psi_{rd}}{dt} \\ 0 = i_{rq} \cdot r_r + \frac{d\psi_{rq}}{dt} \end{cases}$$

les équations des flux

$$\begin{cases} \Phi_{ds} = L_s i_{ds} + M i_{dr} \\ \Phi_{qs} = L_s i_{qs} + M i_{qr} \\ \Phi_{dr} = L_r i_{dr} + M i_{ds} \\ \Phi_{qr} = L_r i_{qr} + M i_{qs} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} L_s & 0 & M & 0 \\ 0 & L_s & 0 & M \\ M & 0 & L_r & 0 \\ L_s & M & 0 & L_r \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_s & \omega_r L_s & 0 & \omega_r M \\ -\omega_r L_s & -r_s & -\omega_r M & 0 \\ 0 & 0 & -r_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donc l'équation d'état du système donne par :

$$[L] \frac{d}{dt} [I] = [A][I] + [V]$$

$$\frac{d}{dt} [I] = [L^{-1}] ([A][I] + [V])$$

2

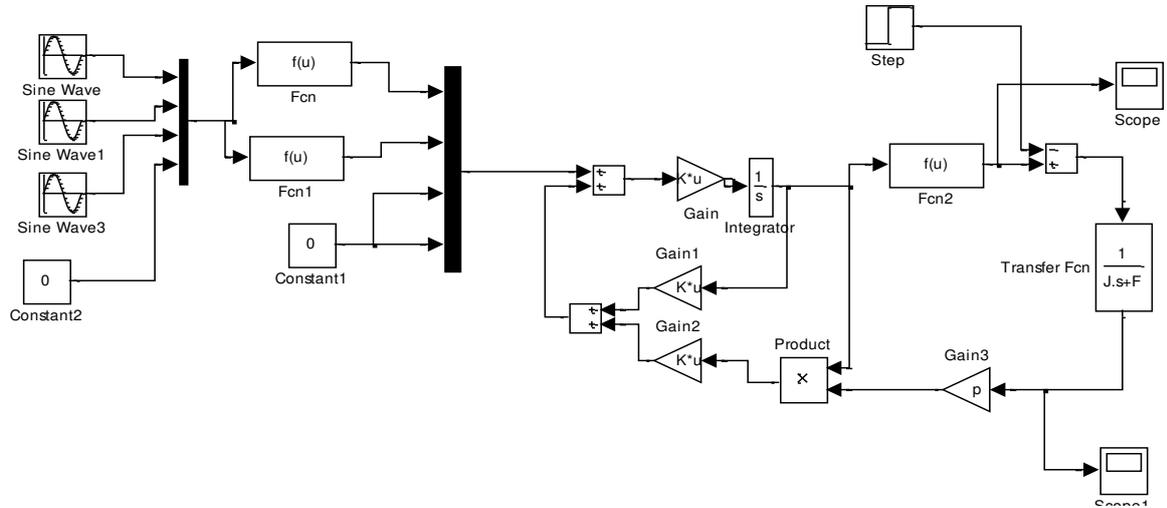
$$[V_{abcr}] = [Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]$$

$$[V_{dqr}] = [p]^{-1} ([Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]) = [p]^{-1} [Rr][p] [I_{dqr}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} ([p][\phi_{dqr}]) = [Rs][Id] [I_{dqr}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} [p][\phi_{dqr}] + [Id] \frac{d}{dt} [\phi_{dqr}]$$

$$[V_{dqr}] = [Rr][Id] [I_{dqr}] + [Id] \frac{d}{dt} [\phi_{dqr}] + \begin{bmatrix} 0 & -(w_{coor} - wr) \\ (w_{coor} - wr) & 0 \end{bmatrix} [\phi_{dqr}] \quad w_{coor} = wr$$

$$\begin{bmatrix} v_{dr} \\ v_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_r & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_r & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix}$$

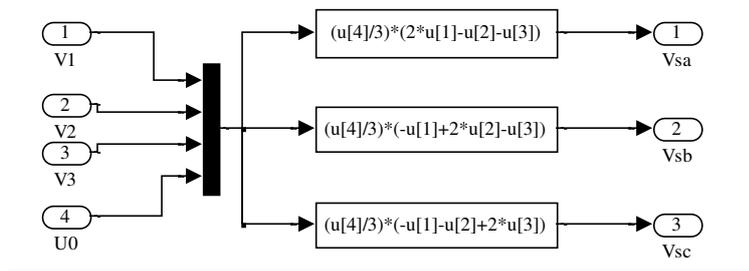


$$V_{ds} = (u[1] \cdot \cos(u[4]) + u[2] \cdot \cos(u[4] + 2 \cdot \pi/3) + u[3] \cdot \cos(u[4] + 4 \cdot \pi/3)) \cdot \sqrt{2/3}$$

$$V_{qs} = -(u[1] \cdot \sin(u[4]) + u[2] \cdot \sin(u[4] + 2 \cdot \pi/3) + u[3] \cdot \sin(u[4] + 4 \cdot \pi/3)) \cdot \sqrt{2/3}$$

$$C_e = (2/3) \cdot m \cdot p \cdot (u[2] \cdot u[3] - u[4] \cdot u[1])$$

4



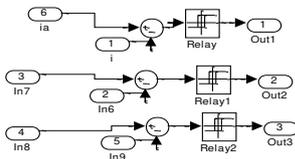
5

$$V_{as} = \sqrt{2/3} \cdot (u(1) \cdot \cos(u(3)) - u(2) \cdot \sin(u(3)))$$

$$V_{bs} = \sqrt{2/3} \cdot (u(1) \cdot \cos(u(3) + 2 \cdot \pi/3) - u(2) \cdot \sin(u(3) + 2 \cdot \pi/3))$$

$$V_{cs} = \sqrt{2/3} \cdot (u(1) \cdot \cos(u(3) + 4 \cdot \pi/3) - u(2) \cdot \sin(u(3) + 4 \cdot \pi/3))$$

6 Commande de l'onduleur par hystérésis



Questions de cours (20 pts)

Q1 (03pts) : Quel sont Les principaux défauts qui peuvent être se produire dans un réseau électrique ?

.....
.....
.....
.....

Q2 (03 pts) : Quelque soit la technologie, le système de protection est composé de :

.....
.....
.....
.....

Q3 (03 pts) : Qu'est ce qu'un plan de protection ?

.....
.....
.....
.....

Q4 (03pts) : Quel est le rôle d'un système de protection?

.....
.....
.....
.....

Q5 (2 pts) : La nature des dispositifs de protection ne dépend pas de leur capacité à assurer cette protection;

Faux

Vrais

Q6 (2 pts) : Les relais à maximum de courant ne sont pas utilisés dans le cas ou les courants des défauts sont au-dessous du courant de charge maximal ;

Faux

Vrais

Q7 (2 pts) : Le courant de défaut le plus élevé est éliminé après la temporisation :

La plus courte

la plus longue

aucune réponse

Q8 (2 pts) : La protection à temps indépendant : la temporisation est constante, elle est :

Indépendante de seuil de réglage

En fonction de la valeur du courant de défaut

Indépendante de la valeur du courant mesuré

Correction

Q1 (03pts) : Quel sont Les principaux défauts qui peuvent être se produire dans un réseau électrique ?

- 1) Les surcharges
- 2) Les surtensions
- 3) Les déséquilibres
- 4) Les courts-circuits
- 5) Les oscillations
- 6) Les harmoniques

Q2 (03pts) Quelque soit la technologie, le système de protection est composé de trois parties fondamentales :

- Les transformateurs de courant et de tension
- Le relais de protection
- Le disjoncteur

Q3 (03 pts) : Qu'est ce qu'un plan de protection ?

C'est l'organisation des systèmes de protection pour constituer un moyen de défense efficace face à des régimes d'incidents des réseaux électriques.

Q4 (03pts) : Quel est le rôle d'un système de protection?

Lorsqu'un défaut ou une perturbation se produit sur un réseau électrique, il est indispensable de mettre hors tension la partie en défaut à l'aide d'un système de protection. Ce dernier aura pour rôle de limiter les dégâts qui peuvent être causés par le défaut.

Q5 (2pts) : La nature des dispositifs de protection ne dépend pas de leur capacité à assurer cette protection;

Faux

Vrais

Q6 (2pts) : Les relais à maximum de courant ne sont pas utilisés dans le cas ou les courants des défauts sont au-dessous du courant de charge maximal ;

Faux

Vrais

Q7 (2pts) : Le courant de défaut le plus élevé est éliminé après la temporisation : **La plus longue**

Q8 (2pts) : La protection à temps indépendant : la temporisation est constante, elle est :

Indépendante de la valeur du courant mesuré

Correction Examen Module : Planification des réseaux électriques

I. Cochez là où il Ya une bonne réponse : (10 pts)

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission	A)	De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport),	X
	B)	De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production	X
	C)	D'assurer une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),	X
Il existe plusieurs types de postes électriques	A)	Postes de sortie de centrale le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB	
	B)	Postes élévateurs le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,	X
	C)	Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie	X
Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte	A)	Une source de production externe	
	B)	Un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres	X
	C)	Un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires postes HTB / BT	
Les points essentiels à retenir sur l'architecture des réseaux peuvent être résumés comme suit :	A)	Le réseau de transport est souvent maillé, alors que le réseau de distribution MT est souvent bouclé. Néanmoins, on peut trouver des structure radiales simples ;	X
	B)	L'architecture d'un poste électrique est dictée par les nombres et les dispositions des jeux de barres et des disjoncteurs ;	X
	C)	La distribution HTB se fait souvent en double dérivation ou en coupure d'artère pour les milieux urbains et en simple dérivation pour les zones rurales ;	
L'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit	A)	En BTA, La tension est inférieure à 1 kV, en général 400 V.	X
	B)	En HTB, La tension est supérieure à 50 kV, en général 63 kV, 90 kV ou 225 kV.	X
	C)	En HTA, La tension est comprise entre 1 kV et 50 kV, en général 55 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV	

II. Questions (répondez derrière la feuille) : (10 pts) voir cours

- a) Tracer le schéma d'une alimentation des tableaux BT par une double alimentation sans couplage. En expliquant son principe de fonctionnement.
- b) Quelle est la différence entre un réseau de transport et d'interconnexion et un réseau de répartition ?
- c) Donnez une définition du réseau de distribution moyenne tension.

Correction Examen Module : Planification des réseaux électriques

I. Cochez là où il Ya une bonne réponse : (10 pts)

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission	A)	De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de distribuer vers les zones de consommation (fonction distribution),	
	B)	De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production	X
	C)	D'assurer une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),	X
Il existe plusieurs types de postes électriques	A)	Postes de sortie de centrale son but est de raccorder une centrale au réseau ;	X
	B)	Postes élévateurs le but est de monter la tension, à l'aide d'un transformateur de courant,	
	C)	Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie	X
Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte	A)	Une source de production interne	X
	B)	Un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres	
	C)	Un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires postes HTA / BT	X
Les points essentiels à retenir sur l'architecture des réseaux peuvent être résumés comme suit :	A)	Le réseau de transport est souvent maillé, alors que le réseau de distribution HTB est souvent bouclé. Néanmoins, on peut trouver des structure radiales simples ;	
	B)	L'architecture d'un poste électrique est dictée par les nombres et les dispositions des jeux de barres et des disjoncteurs ;	X
	C)	La distribution MT se fait souvent en double dérivation ou en coupure d'artère pour les milieux urbains et en simple dérivation pour les zones rurales ;	X
L'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit	A)	En BTA, La tension est supérieure à 1 kV, en général 400 V.	
	B)	En HTB, La tension est supérieure à 50 kV, en général 63 kV, 90 kV ou 225 kV.	X
	C)	En HTA, La tension est comprise entre 1 kV et 50 kV, en général 5,5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV	X

II. Questions (répondez derrière la feuille) : (10 pts) voir cours

a) Quelles sont les différents modes d'alimentation des postes HTA ?

b) Tracer le schéma d'une alimentation des tableaux BT par une double alimentation sans couplage. En expliquant son principe de fonctionnement.

c) Enumérer les différentes architectures des réseaux HTA

Bonne chance

Correction Examen Module : Planification des réseaux électriques

--	--

I. Cochez là où il Ya une bonne réponse : (10 pts)

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission	A)	De collecter l'électricité consommés par les clients et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport),	
	B)	De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production	X
	C)	D'assurer une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),	X
Il existe plusieurs types de postes électriques	A)	Postes de sortie de centrale le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB	
	B)	Postes élévateurs le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,	X
	C)	Postes de distribution : le but est d'augmenter le niveau de tension pour distribuer l'énergie	
Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte	A)	Une source de production interne	X
	B)	Un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres	X
	C)	Un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires postes HTA / BT	X
Les points essentiels à retenir sur l'architecture des réseaux peuvent être résumés comme suit :	A)	Le réseau de transport est souvent maillé, alors que le réseau de distribution MT est souvent bouclé. Néanmoins, on peut trouver des structure radiales simples ;	
	B)	L'architecture d'un poste électrique est dictée par les nombres et les dispositions des jeux de barres et des disjoncteurs ;	X
	C)	La distribution MT se fait souvent en double dérivation ou en coupure d'artère pour les milieux urbains et en simple dérivation pour les zones rurales ;	X
L'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit	A)	En BTA, La tension est supérieure à 1 kV, en général 400 V.	
	B)	En HTB, La tension est supérieure à 50 kV, en général 63 kV, 90 kV ou 225 kV.	X
	C)	En HTA, La tension est comprise entre 1 kV et 50 kV, en général 5,5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV	X

II. Questions (répondez derrière la feuille) : (10 pts) voir cours

- Donnez une définition du réseau de répartition HTB.
- Quelle est la différence entre un mode d'alimentation d'un poste HTA par trois jeux de barres avec couplages et trois sources et l'autre par un jeu de barres sans couplage avec deux sources ?
- Tracer le schéma d'une alimentation des tableaux BT par une double alimentation sans couplage.

Correction Examen Module : Planification des réseaux électriques

--	--

I. Cochez là où il Ya une bonne réponse : (10 pts)

Les réseaux de transport et de distribution ont principalement pour mission	A)	De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation	
	B)	De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production	
	C)	D'assurer une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),	
Il existe plusieurs types de postes électriques	A)	Postes de sortie de centrale le but est de raccorder une centrale au réseau électrique	X
	B)	Postes élévateurs le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,	X
	C)	Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie	X
Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte	A)	Une source de production interne	X
	B)	Un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres	X
	C)	Un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires postes HTB	
Les points essentiels à retenir sur l'architecture des réseaux peuvent être résumés comme suit :	A)	Le réseau de transport est souvent maillé, alors que le réseau de distribution MT est souvent bouclé. Néanmoins, on peut trouver des structure radiales simples ;	X
	B)	L'architecture d'un réseau électrique est dictée par les nombres et les dispositions des jeux de barres et des disjoncteurs ;	
	C)	La distribution MT se fait souvent en double dérivation ou en coupure d'artère pour les milieux urbains et en simple dérivation pour les zones rurales ;	X
L'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit	A)	En BTA, La tension est inférieure à 1 kV, en général 400 V.	X
	B)	En HTB, La tension est supérieure à 50 kV, en général 63 kV, 90 kV ou 225 kV.	X
	C)	En HTA, La tension est comprise entre 1 kV et 50 kV, en général 5,5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV	X

II. Questions (répondez derrière la feuille) : (10 pts) voir cours

- Tracer le schéma architectural d'un poste de livraison HTB en double antenne avec double jeu de barres.
- Donnez une définition du réseau de transport et interconnexion.
- Tracer le schéma d'une alimentation des tableaux BT par une double alimentation sans couplage. En expliquant son principe de fonctionnement.

Bonne chance



Exercice 01 (10/20)

Un redresseur triphasé en pont non commandé est alimenté par une tension de 220 V/ simple, 50 Hz. La charge est très inductive et absorbant un courant de 10A.

- 1) Déterminer la série de fourrier du courant de la source.
- 2) Calculer le taux de distorsion totale THD du courant de la source.
- 3) Calculer le facteur de déplacement DF et le facteur de puissance de la source PF.

Exercice 02 (10/20)

Un récepteur résistive triphasé monté en étoile, est alimenté par un onduleur de tension en pont triphasé (Figure1). Les signaux de commande des différents interrupteurs de puissance sont indiqués sur une période de fonctionnement (Figure 2). $R=10\Omega$, $E=200V$ et la fréquence de l'onduleur $f=50Hz$.

- 1) Déterminer la série de fourrier de la tension u_{ab} .
- 2) Calculer le taux de distorsion totale THD de la tension u_{ab} .
- 3) Calculer le taux de distorsion totale THD de la tension u_{bc} .

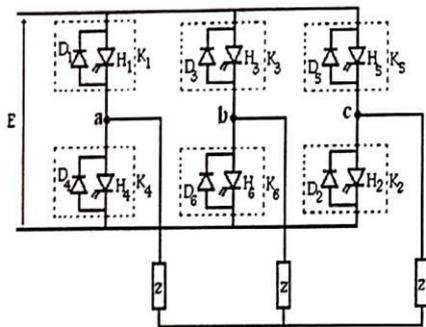


Figure 1

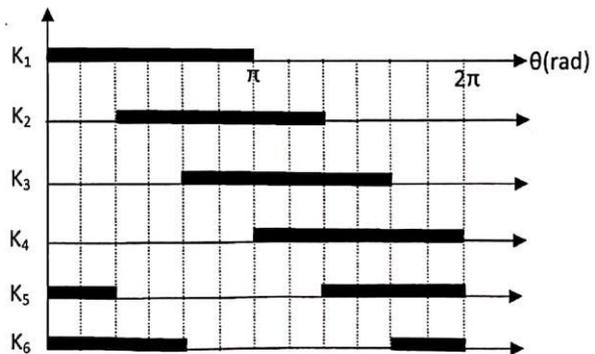
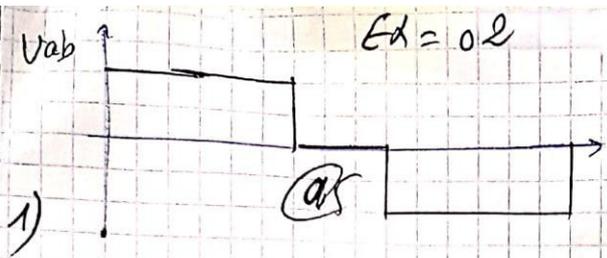


Figure 2



1) $V_{ab}(t) = a_0 + \sum_{n=1,2,3}^{\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t$

pour la 2^{ème} axe $(+\frac{\pi}{6})$

$V_{ab}(t) = a_0 + \sum a_n \cos(n\omega t + \frac{\pi}{6}) + b_n \sin(n\omega t + \frac{\pi}{6})$

donc $a_0 = 0$

$a_n = 0$

$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T V_{ab}(t) \cdot \sin n\omega t dt$

$b_n = \frac{2}{2\pi} \left[\int_{\pi/6}^{5\pi/6} E \sin n\omega t dt - \int_{7\pi/6}^{3\pi/6} E \sin n\omega t dt \right]$

$b_n = \frac{E}{\pi} \left[\frac{1}{n} [-\cos n\omega t]_{\pi/6}^{5\pi/6} - \frac{1}{n} [-\cos n\omega t]_{7\pi/6}^{3\pi/6} \right]$

$b_n = \frac{E}{\pi n} \left[-\cos n\frac{5\pi}{6} + \cos n\frac{\pi}{6} + \cos n\frac{3\pi}{6} - \cos n\frac{7\pi}{6} \right]$

$b_n = \frac{4E}{\pi n} \cos n\frac{\pi}{6}$

$V_{ab}(t) = \frac{4E}{\pi n} \cos \frac{n\pi}{6} \cdot \sin(n\omega t + \frac{n\pi}{6})$

e) $THD = \sqrt{\frac{V_{ab,eff}^2 - V_{ab,1,eff}^2}{V_{ab,eff}^2}}$

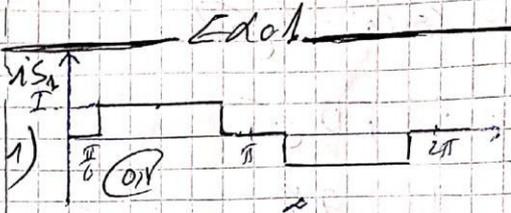
$V_{ab,eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} E^2 dt$

$V_{ab,eff} = E \sqrt{\frac{2}{3}} = 163,3V$

$V_{ab,1,eff} = \frac{4E}{\pi \sqrt{2}} \cos \frac{\pi}{6} = \frac{4 \cdot 200}{\pi \sqrt{2}} \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 156V$

$THD = \sqrt{\frac{(163,3)^2 - (156)^2}{(156)^2}} = 0,29$

THD = 29%
3) pour la tension V_{bc}
THD = 29%



1) $i_{Sa}(t) = a_0 + \sum_{n=1,2}^{\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t$

$a_0 = 0$

$a_n = 0$

$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T i_{Sa}(t) \cdot \sin n\omega t dt$

$b_n = \frac{2}{2\pi} \left[\int_{\pi/6}^{5\pi/6} I \sin n\omega t dt - \int_{7\pi/6}^{3\pi/6} I \sin n\omega t dt \right]$

$b_n = \frac{I}{\pi n} \left[[-\cos n\omega t]_{\pi/6}^{5\pi/6} + [\cos n\omega t]_{7\pi/6}^{3\pi/6} \right]$

$b_n = \frac{I}{\pi n} (-\cos n\frac{5\pi}{6} + \cos n\frac{\pi}{6} + \cos n\frac{3\pi}{6} - \cos n\frac{7\pi}{6})$

$b_n = \frac{4I}{\pi n} \cos n\frac{\pi}{6}$

$i_{Sa}(t) = \frac{4I}{\pi n} \cos \frac{n\pi}{6} \cdot \sin n\omega t$

$THD = \sqrt{\frac{I_{eff}^2 - I_1^2}{I_{eff}^2}}$

$I_{1,eff} = \frac{4 \cdot I}{\pi \sqrt{2}} \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{11,01}{\sqrt{2}} = 7,8A$

$I_{eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} I^2 dt$

$I_{eff} = I \sqrt{\frac{2}{3}} = 20 \sqrt{\frac{2}{3}} = 8,16$

$THD = \sqrt{\frac{8,16^2 - (7,8)^2}{(7,8)^2}}$

$THD = \sqrt{\frac{(8,16)^2 - (7,8)^2}{(7,8)^2}} = 0,307$

THD = 30,7%

$$3) \quad F_D = \cos \epsilon \quad \text{ov}$$

$$\epsilon = 0 \quad \text{ov}$$

$$F_D = \cos(0) = 1 \quad \text{ov}$$

$$+ \quad F_P = F_d \cdot F_D \quad \text{ov}$$

$$F_d = \frac{I_1}{I_5} = \frac{7,8}{8,16} = 0,95 \quad \text{ov}$$

$$F_P = 1 \cdot 0,95 = 0,95 \quad \text{ov}$$

$$F_P = 95\%$$

Exo 1 : (8 pts)

Soit une ligne triphasée de 16 km de long et d'impédance $10.125 + j0.4375$ Ω /km alimentée une charge de 70 MVA avec un $FP = 0.8$ (AR) pour la tension 60 kV (entre phases).

- Tracez le modèle de la ligne, puis calculez la tension, le courant et le FP de la source.
- ③ Calculez les puissances produites et les pertes de la ligne.
- ③ Déterminez le rendement de la ligne.

Exo 2 : (12 pts)

- Une ligne moyenne tension de 50 km alimente deux récepteurs triphasés équilibrés :
- Le premier récepteur consomme une puissance active de 1,5 MW avec un $FP = 0.9$ (AR) pour la tension 30 kV (entre phases)
 - Le deuxième récepteur consomme une puissance active de 2,5 MW avec un $FP = 0.8$ (AR) pour la tension 30 kV (entre phases)

Paramètres de la ligne :

résistance $r = 0,22 \Omega / \text{km} / \text{phase}$

inductance $L = 1,2 \times 10^{-3} \text{ H} / \text{km} / \text{phase}$

admittance capacitive $Y = 3 \mu\text{S} / \text{km} / \text{phase}$

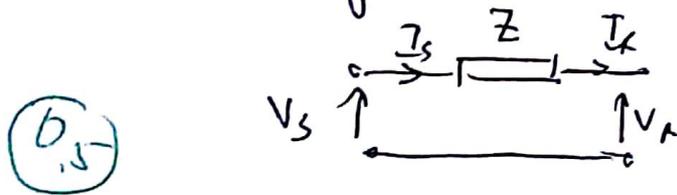
- (2) Tracez le schéma unifilaire de l'ensemble (ligne + récepteur)
- (3) Calculez le courant, la tension et le FP de la boucle
- (2) Exprimez et calculez les puissances produites par la source et les capacités
- (3) Calculez les pertes et le rendement de la ligne
- (2) Tracez le diagramme vectoriel V_s, V_R, I_s, I_R , prenez V_R comme référence

Exo 1; Solution:

$$Z; (0.12 + j0.435) \times 16 = (2 + j7) \Omega.$$

$$Z = 2 + j7 = 7.28 \angle 74.05^\circ.$$

Modèle de la ligne



$$V_s = V_R + Z I_R.$$

$$I_s = I_R$$

$$S = \sqrt{3} V_R I_R \Rightarrow I_R = \frac{S \text{ (MVA)}}{\sqrt{3} V_R \text{ (kV)}} = \frac{70}{\sqrt{3} \times 60} = \frac{70}{103.92}$$

$$I_R = 0.6736 \text{ A} = 673.6 \text{ A}$$

(1)

$$I_R = 673.6 \angle -36.87^\circ$$

(1)

$$V_s = \frac{V_R}{\sqrt{3}} + Z I_R = \frac{60}{\sqrt{3}} + 7.28 \angle 74.05^\circ \times 0.6736 \angle -36.87^\circ$$

$$V_s = 34.64 + 4.9 \angle 37.18^\circ$$

$$V_s = 34.64 + 3.90 + j2.96$$

$$V_s = 38.54 + j2.96 = 38.65 \angle 4.39^\circ \text{ kV}$$

(1)

$$S_s = 3 V_s I_s^* = 3 \times 38.65 \angle 4.39^\circ \times 0.6736 \angle 36.87^\circ$$

(0.5)

$$S = 78.10 \angle 41.26^\circ = (58.71 + j51.58) \text{ MVA}$$

$\cos \varphi_s = \cos(41.26) = 0.752$

②

$$S_R = P_R + jQ_R = S \cos \varphi_R + j S \sin \varphi_R$$

$$= 70(0.8 + j0.6) = 56 + j42 \text{ MVA}$$

$$P_R = 56 \text{ MW}$$

$$Q_R = 42 \text{ MVAR}$$

$$\textcircled{1} \Delta P = P_S - P_R = 5871 - 56 = 2,71 \text{ MW}$$

$$\Delta P = 3 R_L I_L^2 = 3 \times 2 \times (0.6736)^2 = 2,72 \text{ MW}$$

$$\textcircled{1} \Delta Q = 3 \times I_L^2 = 3 \times 7 \times (0.6736)^2 = 9,528 \text{ MVAR}$$

$$\Delta Q = Q_S - Q_R = 51,58 - 42 = 9,58 \text{ MVAR}$$

Rendement de la ligne

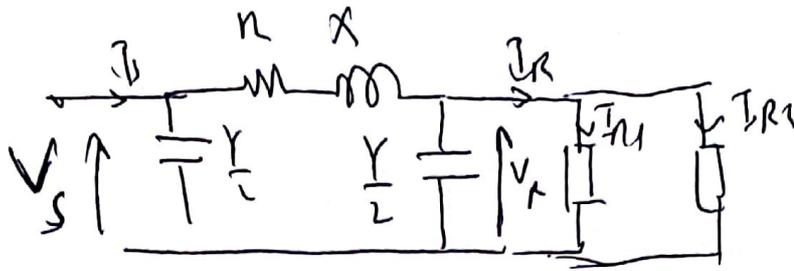
$$\textcircled{2} \eta = \frac{P_R}{P_S} = \frac{56}{5871} = 0,954 =$$

$$\eta = 95,4\%$$

Exo 2, Soehn :

1

2



$$V_s = A V_R + B I_R$$

$$I_s = C V_R + D I_R$$

$$\hat{I}_R = \hat{I}_{R1} + \hat{I}_{R2}$$

$$P_{R1} = \sqrt{3} V_R I_{R1} \cos \varphi_{R1} \Rightarrow I_{R1} = \frac{P_{R1}}{\sqrt{3} V_R \cos \varphi_{R1}}$$

$$I_{R1} = \frac{1.5}{\sqrt{3} \times 30 \times 0.9} = \frac{1.5 \text{ (MW)}}{46.188 \text{ (kVA)}} = 0.032 \text{ kA} = 32 \text{ A}$$

~~3~~

$$I_{R2} = \frac{P_{R2}}{\sqrt{3} V_R \cos \varphi_{R2}} = \frac{2.5}{\sqrt{3} \times 30 \times 0.8} = \frac{2.5 \text{ (MW)}}{41.57 \text{ (kVA)}} = 0.060 \text{ kA} = 60 \text{ A}$$

$$\hat{I}_{R1} = 32 \angle -25.84^\circ$$

$$\hat{I}_{R2} = 60 \angle -36.87^\circ$$

$$\hat{I}_R = 32 \angle -25.84^\circ + 60 \angle -36.87^\circ =$$

$$28.80 - j17.94 + 48 - j36$$

$$\hat{I}_R = 76.8 - j49.94 = 91.61 \angle -33.03^\circ$$

$$A = 1 + \frac{ZY}{Z} = D.$$

(2)

$$C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) \quad B = Z.$$

$$AD - BC = 1 = \left(1 + \frac{ZY}{Z} \right) - ZY \left(1 + \frac{ZY}{4} \right)$$

$$= 1 + \cancel{ZY} + \frac{Z^2 Y^2}{4} - ZY - \frac{Z^2 Y^2}{4} = 1$$

$$Z = R + jX = (0.22 + j 1.4 \times 10^{-3} \times 314) \times 50$$

$$Z = |11 + j 18.84| \Omega$$

$$Z = 21.82 \angle 59.72$$

$$Y = 3 \times 10^{-6} \times 50 = 150 \times 10^{-6} S' \angle 90^\circ$$

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{Z} = 1 + \frac{21.82 \angle 59.72 \times 150 \times 10^{-6} \angle 90^\circ}{Z}$$

$$A = D = 1 + \frac{3.27 \times 10^{-3} \angle 149.72^\circ}{Z}$$

$$A = D = 1 + 4.4 \times 10^{-3} + j 8.25 \times 10^{-4}$$

$$1 - 0.0014 + j 0.000825 = 0.9986 + j 0.000825$$

$$A = D = 0.9986 \angle 0.047 \approx 0.9986$$

$$B = Z = 21.82 \angle 59.72$$

$$C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) = 150 \times 10^{-6} \angle 90^\circ \left(1 + \frac{21.82 \angle 59.72 \times 150 \times 10^{-6} \angle 90^\circ}{4} \right)$$

$$C = 150 \times 10^6 \angle 90^\circ (1 + 0.409 \times 10^{-3} \angle 149.72^\circ)$$

$$C \approx 150 \times 10^6 \angle 90^\circ$$

$$\bar{V}_s = A \bar{V}_R + B \bar{I}_R$$

$$V_s = 0.9186 \cdot \frac{30}{\sqrt{3}} + 21.82 \angle 9.72^\circ \times 91.61 \times 10^3 \angle -33.03^\circ$$

$$\textcircled{1} V_s = 17.296 + 1.99 \angle 26.64^\circ$$

$$V_s = 17.296 + 1.77 + j 0.814$$

$$V_s = 19.06 + j 0.814 = 19.18 \angle 2.68^\circ$$

$$\textcircled{2} I_s = C V_R + D I_R$$

$$I_s = 180 \times 10^6 \angle 90^\circ \times \frac{30}{\sqrt{3}} \times 10^3 + 0.9186 \times 91.61 \angle -33.03^\circ$$

$$I_s = 2.548 \angle 90^\circ + 91.61 \angle -33.03^\circ$$

$$I_s = j 2.548 + 78.18 - j 49.13$$

$$I_s = 78.18 - j 47.33 = 91.66 \angle -31.08^\circ$$

$$S = 3 V_s I_s^* = 3 \times 19.18 \angle 2.68^\circ \times 91.66 \angle 31.08^\circ$$

$$\textcircled{1} S = 5.246 \angle 33.76^\circ$$

$$S = 4.36 + j 2.917$$

① $\cos \varphi_r = \cos(37,76) = 0,83$

$S_{R2} = (P_{R1} + P_{R2}) + j(\varphi_{R1} + \varphi_{R2})$

$\cos \varphi_{R1} = \frac{P_{R1}}{P_{R1}} \rightarrow \varphi_{R1} = P_{R1} \sin \varphi_{R1}$

$\varphi_{R1} = 0,726 \text{ MVAR}$

$\varphi_{R2} = P_{R2} \sin \varphi_{R2}$

$\varphi_{R2} = 1,875 \text{ MVAR}$

$\varphi_{R1} + \varphi_{R2} = 2,601$

① $\Delta P = P_s - P_R = 4,36 - 4 = 0,36 \text{ MW}$

① $\Delta \varphi = (\varphi_s + \varphi_{R1} + \varphi_{R2}) - \varphi_R$

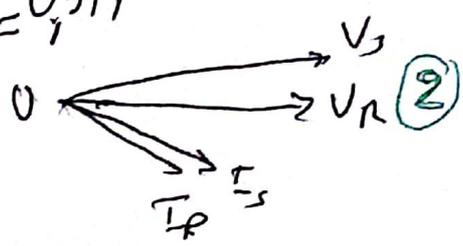
① $\varphi_{R1} = 3 \frac{V_s^2}{Z} = \frac{180 \times 10^6}{2} \times 19,06^2 = 0,0277 \text{ MVAR}$

$\varphi_{R2} = 3 \frac{V_R^2}{Z} = \frac{180 \times 10^6}{2} \times 17,32^2 = 0,022 \text{ MVAR}$

$\varphi_s + \varphi_{R1} + \varphi_{R2} = 2,915 + 0,027 + 0,022 = 2,964$

$\Delta \varphi = (\varphi_s + \varphi_{R1} + \varphi_{R2}) - \varphi_R = 2,964 - 2,604 = 0,363$

① $\eta = \frac{P_R}{P_s} = \frac{P_R}{P_s} = \frac{2,5 + 1,5}{4,36} = 0,917$



Solution Examen

SURTENSION ET COORDINATION DE L'ISOLEMENT

QUESTION N°01: (4pts)

Le mot coordination désigne des actions dont l'objectif est d'harmoniser deux ou plusieurs choses. C'est un concept tout à fait commun que l'on rencontre fréquemment dans la vie courante

QUESTION N°02: (4pts)

les conditions atmosphériques dites normales, c'est-à-dire :- température ambiante : 20 'C - pression atmosphérique:1013 mbar (760 mm Hg) ;- humidité: 11 g d'eau par m3.

QUESTION N°03 (4pts)

Citez les classifications des contraintes de tension apparaissant sur les réseaux électrique ?
Voir le tableau

QUESTION N°04: (4pts)

- la réactance shunt, qui consiste à placer aux extrémités de la ligne une réactance phase-terre permettant de diminuer la capacité apparente de la ligne.
- la capacité série, dont l'utilisation se justifie surtout pour des besoins de transit de courant, mais qui contribue aussi à réduire l'effet Ferranti en diminuant l'inductance apparente de la ligne.

QUESTION N°05: (4pts)

auto-régénératrice, c'est-à-dire qu'elle retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive (ou amorçage);
non auto-régénératrice. C'est-à-dire qu'elle perd ses propriétés isolantes ou ne les retrouve pas intégralement après une décharge disruptive

Université Echahid Hama Lakhder D'El-Oued

*Faculté de Technologie
1^{ère} Master Réseaux Electrique*

*Département de Génie Electrique
05 /10/2020 de 01h00*

Solution Examen

Propagation des ondes électriques sur le réseau d'énergie.

QUESTION N°01: (4pts)

Donnez les équations différentielles de la tension et du courant qui définissent le phénomène de propagation des ondes dans les lignes longues avec le schéma. (Équation des télégraphistes). voir le cours

QUESTION N°02: (4pts)

On doit tenir compte de ce phénomène dès que la tension est suffisamment non uniforme le long d'une ligne la longueur d'onde est toujours beaucoup plus grande que la longueur des lignes utilisées dans le réseau électrique et on peut considérer que la tension est toujours uniforme

QUESTION N°03: (3pts)

Donner la forme de solution de l'équation des télégraphistes, expliquez ? voir le cours

QUESTION N°04: (3pts)

Donner les deux équations appelées équations des lignes, voir le cours

QUESTION N°05: (3pts)

Définir la constante de propagation complexe. voir le cours

QUESTION N°06: (3pts)

Définir l'impédance caractéristique de la ligne. Voir le cours

A: 05.10.2020

Examen: Production Centralisée et Décentralisée

Nom :

Prnom:

20

	QUIZZ	✓ ou ✗
1.	Les unités décentralisées sont caractérisées par des puissances ne dépassant pas 200 MW, et sont planifiées de manière centralisée.	✗
2.	La biomasse à glucide, utilisant la canne à sucre, les céréales et les betteraves sucrières.	✓
3.	Les unités décentralisées de participer forte au réglage de la fréquence et de la tension du réseau électrique.	✗
4.	La production décentralisée se définit par unités de grosses puissances raccordées au réseau HT, dont la localisation et la puissance ont fait l'objet d'une planification.	✗
5.	Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour de collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation	✓
6.	Les réseaux de transport et d'interconnexion sans neutre, lignes aériennes simple et double circuit,	✓
7.	Réseau bouclé : cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de transport.	✗
8.	Les stockages par Piles à combustible sont classés comme les systèmes à interface avec convertisseur électronique.	✓
9.	Lors de l'insertion la centrale de production décentralisée sur le réseau, les équipements notamment les protections doivent alors être unidirectionnelles.	✗
10.	L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque.	✓
11.	Les piles à combustible produisent directement de l'électricité à partir d'hydrogène et d'azote par réaction inverse de l'électrolyse de l'eau.	✗
12.	Solaire réflecteur-moteur sont classés dans les systèmes à alternateurs classiques.	✗
13.	La cogénération est la production simultanée de deux formes d'énergie différentes dans la même centrale.	✓
14.	Une centrale électrique à biomasse produit de l'électricité et de la chaleur par combustion du combustible fossile dans une chaudière.	✗

B: 05.10.2020

Examen: Production Centralisée et Décentralisée

Nom :

Prnom:

20

QUIZZ		✓ ou ✗
1.	La cogénération est la production simultanée de deux formes d'énergie différentes dans la même centrale.	✓
2.	L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque.	✓
3.	Les unités décentralisées de participer forte au réglage de la fréquence et de la tension du réseau électrique.	✗
4.	La production décentralisée se définit par unités de grosses puissances raccordées au réseau HT, dont la localisation et la puissance ont fait l'objet d'une planification.	✗
5.	La biomasse à glucide, utilisant la canne à sucre, les céréales et les betteraves sucrières.	✓
6.	Réseau bouclé : cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de transport.	✗
7.	Les stockages par Piles à combustible sont classés comme les systèmes à interface avec convertisseur électronique.	✓
8.	Lors de l'insertion la centrale de production décentralisée sur le réseau, les équipements notamment les protections doivent alors être unidirectionnelles.	✗
9.	Les piles à combustible produisent directement de l'électricité à partir d'hydrogène et d'azote par réaction inverse de l'électrolyse de l'eau.	✗
10.	Les réseaux de transport et d'interconnexion sans neutre, lignes aériennes simple et double circuit,	✓
11.	Solaire réflecteur-moteur sont classés dans les systèmes à alternateurs classiques.	✗
12.	Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour de collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation	✓
13.	Les unités décentralisées sont caractérisées par des puissances ne dépassant pas 200 MW, et sont planifiées de manière centralisée.	✗
14.	Une centrale électrique à biomasse produit de l'électricité et de la chaleur par combustion du combustible fossile dans une chaudière.	✗

لإجابة النموذجية لأخلاقيات المهنة

الجواب الأول : . (5 نقاط) مقسمة كما يلي (0.5 نقطة) على الإجابة بـ لا و (0.5 نقطة) على التعليل

- {لا} المبادئ الأساسية لأخلاقيات المهنة هي : الاستقامة ، الموضوعية ، السرية ، الكفاءة:..... (1 نقطة)
- {لا} يجب على المهنيين في الموضوعية مراعاة التقييم المتوازن لكل الظروف ذات الصلة:..... (1 نقطة)
- {لا} القصد الجنائي لا تقوم الجريمة إلا إذا تعهد الفاعل إفشاء السر فلا تحصل إن تم الإفشاء على إهمال أو عدم احتياط :..... (1 نقطة)
- {لا} تنازع المصالح وهي الوضعية التي يوجد فيها موظف عمومي له مصلحة خاصة ، من شأنها أن تؤثر على السير الموضوعي والعاقل لمهامه الرسمية:..... (1 نقطة)
- {لا} يجب على المهنيين في السرية عدم الإفصاح عن المعلومات بدون الإذن بالتفويض اللازم:..... (1 نقطة)

الجواب الثاني :..... (5 نقاط) نقطة كاملة على كل إجابة صحيحة بـ نعم أو لا

- {لا} وهو إجراء تنص عليه سياسات منع تضارب المصالح
- {نعم} يعد الحق مانع على أن الحق الفكري مقصور على صاحبه
- {لا} إن من أساليب محاربة السرقة العلمية يتم عن طريق إصلاح أنظمة الترقية والتقييم
- {لا} إباحة الإفشاء: وبياح السر المهني في حالات مثل التصريحات الإدارية
- {نعم} تتميز المصنفات الأصلية بطابع الإبداع الأصلي وخاصية الإبتكار عن طريق بجهد إبداعي وعمل خلاق

الجواب الثالث:..... (4 نقاط)

- من أسباب عدم الالتزام المهني بأخلاقيات المهنة - ضعف الوازع الديني:..... (1 نقطة)
- تمنح براءة الإختراع صاحبها حق حصري وتمنع - لحق الآخرين من البيع:..... (1 نقطة)
- مرحلة التصور أو ميلاد الفكرة - تسمى المرحلة بالفكرة العامة المجردة:..... (1 نقطة)
- الضرر المؤثر على الدول - هو تراجع حجم الإيرادات الناتجة عن الضرائب المحصلة:..... (1 نقطة)

الجواب الرابع

لمصنفات المشتقة :..... (6 نقطة)

يقصد بها تلك المصنفات التي يتم إبداعها استنادا إلى مصنفات سابقة وتظهر أصالة المصنف المشتق إما في التركيب أو التعبير كليهما معا من أنواعها:..... (2 نقطتان)

الاستقامة

استقامة المهنيين من شأنها إرساء دعائم الثقة وهذا ما يشكل الأساس للاعتماد على آرائهم وأحكامهم:..... (2 نقطتان)

تنازع الاختصاص

ويتمثل بالحالة التي يكون فيها أحد الأشخاص رئيسا لجماعة محلية ومكتريا لملك من أملاكها ويتعاس عن أداء مستحقات الكراء فيكلف محاميا من أفراد عائلته برفع دعاوى قضائية ضد المكتري هو نفسه من أجل أداء الوجبات الكرائية لفائدة الجماعة المذكورة:..... (2 نقطتان)