## TD : Problème Onduleur

## (Etude de l'alimentation électrique)

**Etude de l'onduleur de secours et de son filtre**

Dans le cas, extrêmement improbable, où les différents alternateurs seraient tous hors service, il est encore possible d'alimenter les organes essentiels de l'avion pendant une demi-heure par l'intermédiaire d'un onduleur autonome dit "convertisseur de dernier secours". Celui-ci permet de reconstituer un réseau alternatif 115 V / 400 Hz monophasé à partir d'une batterie délivrant une tension continue .

Ce convertisseur indirect est constitué de deux étages :

* Un onduleur en pont complet qui fournit la tension vMN(t) (figure 5),
* Un filtre de sortie qui fournit la tension vS(t) (figure 6a).

Le schéma de principe de l'onduleur est celui de la figure 5



Cahier des charges de l’onduleur de secours muni de son filtre de sortie passe-bas :

|  |  |
| --- | --- |
| Valeur efficace du fondamental de la tension de sortie du filtre : VS1 | 115 V |
| Fréquence de sortie : f | 400 Hz |
| Puissance apparente nominale de sortie : | 1,0 kVA |
| Facteur de puissance | 0,70 < cos ϕ ≤ 1 |
| Distorsion globale de la tension de sortie : dg | < 5 % |

**1ère partie : Etude des tensions de sortie de l'onduleur**

* 1. On envisage le cas d'une commande "pleine onde" selon la loi définie sur le document réponse 1 a.

1. **3.1.1** Tracer le graphe de la tension  sur le document réponse 1 a.
2. **3.1.2** Exprimer la valeur efficace VMN de  en fonction de UB.

**3.2** La décomposition en série de Fourier de  est la suivante :



**3.2.1** Donner l'expression de, fondamental de.

En déduire l’expression de sa valeur efficace V1 en fonction de UB.

**3.2.2** Quelle devrait être la valeur de UB pour obtenir V1 = 115 V ?

**3.2.3** La distorsion globale de la tension de sortie dépend du taux d'harmoniques :

Si V1 est la valeur efficace du fondamental de  et V2 , V3 , V4 ,… Vn ,… les valeurs efficaces des autres harmoniques de cette tension (certaines de ces valeurs pouvant être nulles), la distorsion globale dg est définie comme suit :

 (1)

Comme  , on peut également écrire :  (2).

Calculer dg dans le cas précédent.

**3.3** Le montage effectivement réalisé est un onduleur à modulation de largeur d'impulsions (MLI). La commande des interrupteurs est définie sur le document réponse 1 b.

**3.3.1** Tracer la tension  correspondant à ce cas sur le document réponse 1 b.

**3.3.2** Exprimer la valeur efficace  de  en fonction de UB (on pourra pour cela effectuer un calcul d'aire).

**3.3.3** La tension  ne comporte pas d’harmonique de rang pair. Par ailleurs les angles α1, α2, α3, α4 et α5 sont choisis de manière à annuler les harmoniques de rang 3, 5, 7, 9 et 11. Il en résulte la décomposition en série de Fourier de  suivante :



Donner l'expression de , fondamental de.

Donner l’expression de sa valeur efficace en fonction de UB.

La distorsion globale qui correspond à ce deuxième cas est dg = 49 %. Elle n’est donc pas meilleure que la précédente. Elle rend donc nécessaire la présence d’un filtre.

**2ème partie :** **Filtre de sortie de l'onduleur**

La charge est assimilable à un circuit purement résistif ( figure 6a).



**4.1** Etude de l’action du filtre sur le fondamental de vMN(t)

**4.1.1** Calculer la valeur de R lorsque le filtre fournit 1,0 kW à la charge sous 115 V.

Pour la suite du problème on prend R = 13 Ω, L = 0,47 mH et C = 22 µF.

Dans ces conditions, si l’on note V1 le fondamental de  et VS1 le fondamental de vs(t), le filtre de la figure 6a impose la relation :  .

**4.1.2** On rappelle l’expressionde la tension  fournie par l’onduleur MLI, alimenté sous la tension UB :



Déterminer la valeur de UB qui permet d’obtenir VS1 = 115 V.

**Pour la suite du problème, on prendra UB = 150 V.**

**4.2** Etude de l’action dufiltre sur les harmoniques devMN(t)

**4.2.1** Donner les expressions de ZL13 et ZC13, impédances complexes de la bobine et du condensateur vis à vis de l'harmonique de rang 13. Calculer les modules ZL13 et ZC13.

**4.2.2** Montrer que pour l’harmonique 13, et, plus généralement, pour tous les harmoniques non nuls de , le filtre de la figure 6a se ramène au filtre simplifié de la figure 6b.

**4.2.3** On note Vn le nombre complexe associé à l'harmonique de rang n de  etVn sa valeur efficace ; de mêmeVSn est le nombre complexe associé à l'harmonique de rang n de vS et VSn sa valeur efficace.

Démontrer que  .

**4.2.4** En déduire l’égalité approchée , et, pour n > 13, les inégalités .

**4.2.5** On rappelle que la distorsion globale de la tension vMN(t) fournie par l’onduleur MLI est égale à 49 %. À partir de la définition (1) de dg donnée à la question 3.2.3pour vMN(t), donner l’expression de la distorsion globale  de la tension de sortie vS(t) du filtre.

En utilisant cette définition et les résultats des questions 4.1.1 et 4.2.4, montrer que  est inférieure à 5 %.

**4.3** On revient à la solution “pleine onde” de la question 3.1 pour laquelle on utilise un filtre de même nature que celui de la figure 6a.

Dans ce cas, pour obtenir une distorsion globale  de la tension vS(t), on trouve qu’il faut une valeur du produit LC environ 10 fois plus grande que celle qui est utilisée dans le filtre associé à l’onduleur MLI.

Quel est, de ce point de vue, l'intérêt de la commande MLI ?

DOCUMENT REPONSE N° 1 a

Les parties en trait épais correspondent à l'état fermé des interrupteurs

Les parties en trait fin correspondent à l'état ouvert des interrupteurs.



0

T

T/2

DOCUMENT REPONSE N° 1 b

