

Diagnostic des Convertisseurs Statiques DC-AC

Application au Filtre Actif Parallèle

BENYETTOU Loutfi, ZEGHLACHE Samir

Laboratory of Electrical Engineering, University of M'sila, Algeria; Mail:benyettou_lutfi@yahoo.fr

RESUME -La tâche la plus importante dans un système de diagnostic est le choix des variables indicateurs de défaut qui doivent être fiables pour les différentes conditions du système afin d'éviter toute confusion entre un défaut et autre. Dans ce travail une analyse sera menée dans le but d'identifier ces variables indicateurs pour le diagnostic des défauts de transistor maintenu ouvert dans un FAP non-autonome à base d'onduleur de tension à 2 niveaux. Dans ce sens, une nouvelle méthode de détection de ce type de défauts sera développée. Cette méthode permet la détection et la localisation des composants d'électronique de puissance défaillants en utilisant un algorithme basé simultanément sur un "critère temporel" et sur un "critère de courant et de tension". Dans ce contexte, nous nous intéressons plus précisément aux problèmes de détection et de localisation des défauts de transistor maintenu ouvert dans un onduleur de tension à deux niveaux utilisé comme filtre actif parallèle qui est destiné au filtrage des courants harmoniques. Pour ce faire, une série de test de simulation, pour les différents défauts considérés, devra être effectuée afin d'extraire les différentes informations contenues dans les signaux électriques de l'onduleur (les courants et les tensions de phase).

Mots-clés— *diagnosti, défaut, FAP, onduleur de tension.*

1. INTRODUCTION

Les convertisseurs statiques de puissance électrique ont connu un développement remarquable au niveau des performances (fréquence de commutation et puissance commutée) et au niveau des structures (onduleurs multiniveaux, convertisseurs matriciels). Ce développement est dû principalement au progrès de la technologie des composants d'électronique de puissance ces dernières décennies. Suite à l'extension de l'utilisation des machines à courant alternatif, les convertisseurs DC-AC (onduleurs) sont devenus les plus répandus. Par ailleurs, ces convertisseurs peuvent être exposés aux différents défauts de commande ou de puissance. Ces défauts doivent être détectés rapidement afin d'éviter la destruction totale du convertisseur ce qui rend le diagnostic préventif de ce convertisseur indispensable. Le diagnostic est défini comme étant l'identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) d'un système à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection (variables indicatrices ou indicateurs de défaut), d'un contrôle ou d'un test. Il consiste à résoudre le problème inverse de la relation de cause à effet (causalité) connaissant principalement l'effet par ses symptômes observables.

Le but du travail, proposé dans ce cadre, est la définition d'indicateurs de défaut qui permettent d'identifier le défaut et le localiser dans un convertisseur statique de tension DC-AC (onduleur de tension à 2 niveaux) intégré dans un filtre actif parallèle pour des charge non-linéaires variables. Finalement, un système de diagnostic est conçu, en se basant sur l'analyse de l'évolution des différents indicateurs de défaut pour chaque défaut.

2. PRINCIPE DE FILTRAGE ACTIF PARALLELE

Le FAP également appelé compensateur shunt, est connecté en parallèle sur le réseau électrique. Les FAPs sont constitués de convertisseurs statiques à base de semi-conducteurs de puissance (structures de type onduleur), associés à un dispositif de contrôle et de commande adapté. Ils peuvent être assimilés à des sources de courant qui compensent en temps réel les courants harmoniques en injectant au niveau du réseau des courants en opposition de phase avec les perturbations harmoniques identifiées. Un FAP est dit à structure courant ou à structure tension selon le type de stockage de l'énergie, réalisé par une inductance ou un condensateur. Le schéma synoptique d'un FAP est présenté à la figure (1).

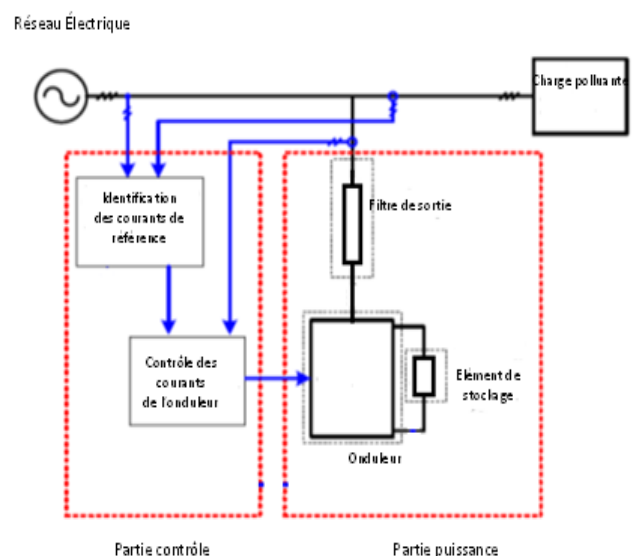


Figure (1): Structure générale d'un filtre actif parallèle

3. RESULTATS DE SIMULATION DE L'ENSEMBLE RESEAU ELECTRIQUE - CHARGE NON LINEAIRE - FAP A BASE D'ONDULEUR DE TENSION A 2 NIVEAUX EN MODE SAIN

La figure (2) illustre la tension triphasée du réseau électrique. Elle est supposée équilibrée et non-significativement perturbée par le courant de la charge polluante. Ce dernier est illustré par la figure (3) et son spectre harmonique est présenté par la figure (4) pour deux charges différentes. On constate la présence des composantes harmoniques dont les fréquences sont 250 Hz, 350 Hz, 550 Hz, 650 Hz, 850 Hz, 950 Hz, ... Autrement dit, les harmoniques du rang 5, 7, 11, 13, 17, 19, ... ou $h = 6K \pm 1$ avec $K = 1, 2, 3, 4, \dots$. Le courant de la phase 1 de la charge polluante montre un taux de distorsion harmonique (THD) variable (entre 14 et 22.95 %) selon la variation des valeurs des charges continues alimentées par les redresseurs. La figure (5) illustre les formes d'onde des courants harmoniques triphasés identifiés par la méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées accompagnés par les courants injectés par le filtre actif parallèle et leurs valeurs moyennes. On constate que, pour chaque phase, le courant harmonique identifié et le courant du filtre sont presque superposés et symétrique (valeur moyenne, calculée sur une période de la tension du réseau, nulle). Cela a conduit à avoir un courant de réseau électrique quasiment sinusoïdal (fig. 6) où les composantes harmoniques d'ordre $h = 6K \pm 1$ sont significativement réduites (fig. 7) et le THD est réduit à moins de 4 %.

Les tensions de référence de la commande MLI à échantillonnage naturel ainsi que la porteuse, pour différentes valeurs de la charge à courant continu, sont présentées dans la figure (8). Il est clair que ces références changent leurs formes périodiques selon la variation du courant harmonique identifié, mais sont toujours symétriques.

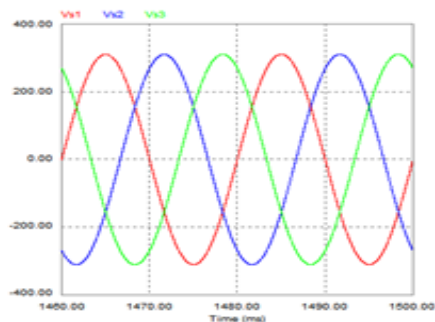


Figure (2): Tension triphasée du réseau électrique

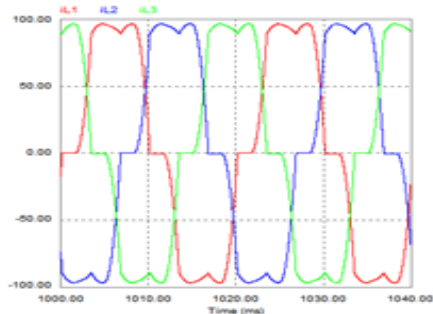


Figure (3): Courant triphasé de la charge polluante

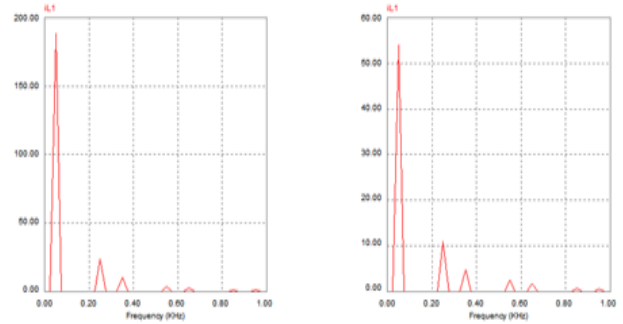


Figure (4): Analyse spectrale du courant de la phase 1 de la charge polluante

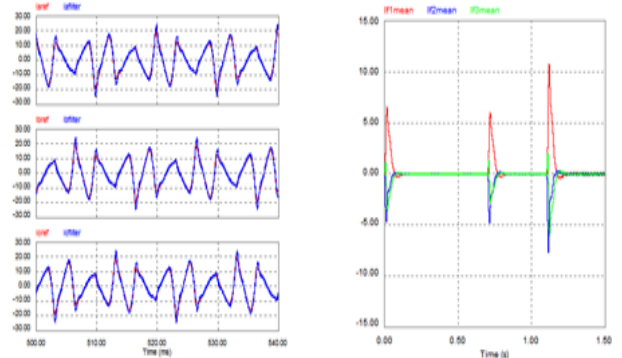


Figure (5): Courants harmoniques identifiés et courants injectés par le FAP à base d'onduleur de tension à deux niveaux et leurs valeurs moyennes

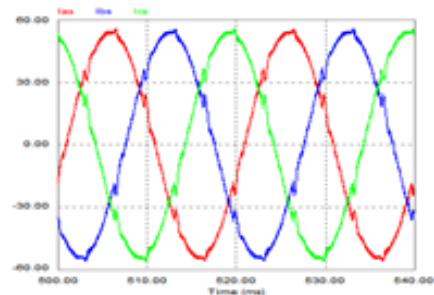


Figure (6): Courant triphasé du réseau électrique après filtrage par un FAP à base d'onduleur de tension à deux niveaux

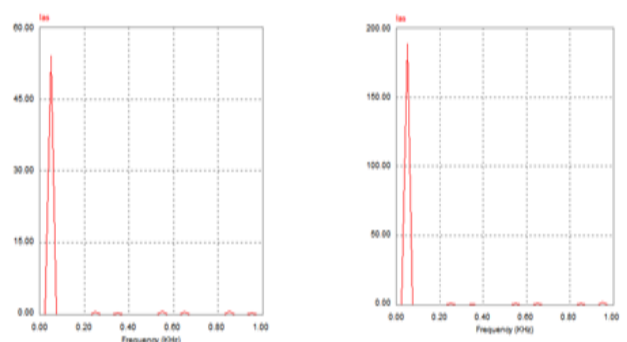


Figure (7): Analyse spectrale du courant de la phase 1 du réseau électrique après filtrage par un FAP à base d'onduleur de tension à deux niveaux

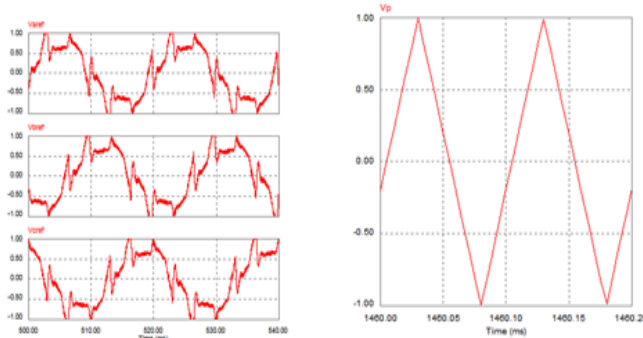


Figure (8): Tensions de référence et porteuse de la commande MLI du FAP à base d'onduleur de tension à deux niveaux

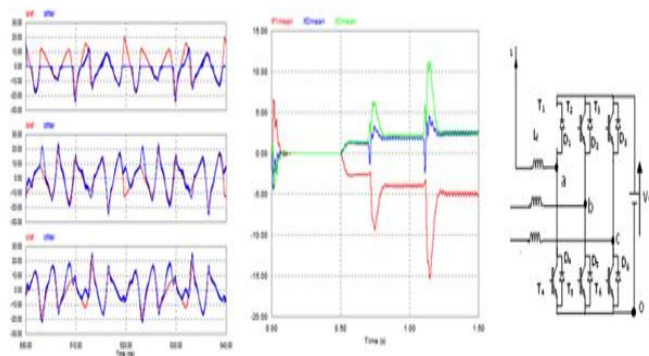


Figure (9) : Courants harmoniques identifiés par la méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées et courants injectés par le FAP à base d'onduleur de tension à 2 niveaux et leurs valeurs moyennes pour T1 maintenu ouvert

4. ANALYSE DES RESULTATS DE SIMULATION EN MODE DEGRADE DU FAP A BASE D'ONDULEUR DE TENSION 2 NIVEAUX

Pour extraire des indicateurs fiables de défauts, on procède à l'analyse du comportement, en mode dégradé, du filtre actif parallèle à base d'un onduleur de tension deux niveaux. On a procédé à la simulation de l'association Réseau électrique équilibré-Charge polluante (redresseur PD3 à diodes)-FAP, tout en maintenant ouvert, à chaque fois, un des transistors de l'onduleur et on a observé l'évolution des différentes grandeurs électriques du FAP. En fin un algorithme pour détection de défaut de transistor maintenu ouvert est conçu pour un FAP basé sur un onduleur de tension à 2 niveaux.

- Si le transistor maintenu ouvert est un des transistors du haut (T1, T2 et T3), le courant de la phase du FAP liée au bras dont le transistor est défaillant perd la quasi-totalité de la partie positive de sa forme, tout en conservant sa nature périodique et sa période. Les courants des autres phases perdent une partie de leurs parties négatives (Figure (9) et Figure (11). Autrement dit, le courant de la phase liée au bras, dont le transistor est défaillant, présente une composante continue négative, alors que les courants des autres phases sont de composantes continues positives (Figure (9) et Figure (11). Cela influence sur la qualité de compensation du FAP en produisant des courants de formes différentes par rapport à leurs références, et par conséquent, des courants de réseau électrique perturbés. L'asymétrie des courants de phases du FAP produit des tensions de référence de la commande MLI asymétriques, ce qui influe sur la commande des 6 transistors de l'onduleur du FAP.

- Si le transistor défaillant est un des transistors du bas (T4, T5 et T6), le courant de la phase du FAP liée au bras dont le transistor est défaillant perd la quasi-totalité de la partie négative de sa forme et présente une valeur moyenne positive, tout en conservant sa nature périodique et sa période. Les courants des autres phases perdent une partie de leurs parties positives, présentant ainsi des composantes continues négatives (Figure (10)).

4.1. Résultats de simulation pour transistor du haut du bras 1 maintenu ouvert (T1 maintenu ouvert)

4.2. Résultats de simulation pour transistor de bas du bras 1 maintenu ouvert (T4 maintenu ouvert)

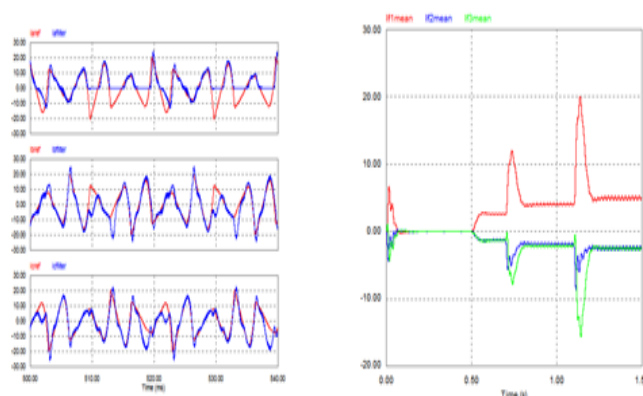


Figure (10) : Courants harmoniques identifiés par la méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées et courants injectés par le FAP à base d'onduleur de tension à 2 niveaux et leurs valeurs moyennes pour T4 maintenu ouvert

4.3. Résultats de simulation pour transistor du haut du bras 2 maintenu ouvert (T2 maintenu ouvert)

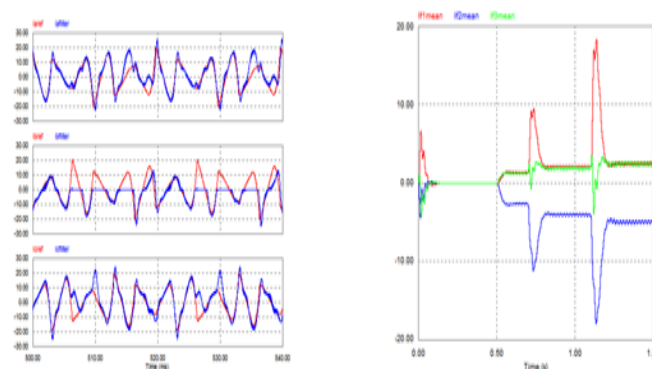


Figure (11) : Courants harmoniques identifiés par la méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées et courants injectés par le FAP à base d'onduleur de tension à 2 niveaux et leurs valeurs moyennes pour T2 maintenu ouvert

Suite à l'analyse précédente, on peut mettre au point un algorithme de détection de défaut de type transistor maintenu

ouvert en se basant sur le tableau suivant avec h comme seuil maximal des composantes continues des courants de phase du FAP en mode sain :

Transistor maintenu ouvert	Polarité des indicateurs de défaut de type transistor maintenu (composantes continues ou valeurs moyennes des courants de phase du FAP)		
T1	$i_{f1mean} < -h$	$i_{f2mean} > +h$	$i_{f3mean} > +h$
T2	$i_{f1mean} > +h$	$i_{f2mean} < -h$	$i_{f3mean} > +h$
T3	$i_{f1mean} > +h$	$i_{f2mean} > +h$	$i_{f3mean} < -h$
T4	$i_{f1mean} > +h$	$i_{f2mean} < -h$	$i_{f3mean} < -h$
T5	$i_{f1mean} < -h$	$i_{f2mean} > +h$	$i_{f3mean} < -h$
T6	$i_{f1mean} < -h$	$i_{f2mean} < -h$	$i_{f3mean} > +h$

Tableau (1) : Caractéristiques des indicateurs de défaut de type transistor maintenu ouvert (composantes continues des courants de phase du FAP) pour un FAP non-autonome à base d'onduleur de tension à 2 niveaux

CONCLUSIONS

La tâche la plus importante dans un système de diagnostic est le choix des variables indicateurs de défaut qui doivent être fiables pour les différentes conditions du système afin d'éviter toute confusion entre un défaut et autre. Dans ce travail une analyse est menée dans le but d'identifier ces variables indicateurs pour le diagnostic des défauts de transistor maintenu ouvert dans un FAP non-autonome à base d'onduleur de tension à 2 niveaux et 5 niveaux de type ponts en cascade. L'étude, effectuée dans ce travail, du FAP en mode sain et en mode défaut de transistor maintenu ouvert de différentes localisations et pour une charge non-linéaire variable a montré que pour le FAP à base d'onduleur à deux niveaux, les valeurs moyennes des courants de phases du FAP peuvent être considérées comme des indicateurs fiables de défaut.

REFERENCES

[1] D. Kastha, B.K. Bose, " Investigation of fault modes of voltage-fed inverter system for induction motor drive" , IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 30, Issue 4, July-August 1994, pp 1028–1038.

[2] C. Thybo, " Fault-tolerant control of induction motor drive applications", Proceedings of the American Control Conference", 25-27 June 2001, Vol. 4, pp 2621– 2622.

[3] R. L De Araujo Ribeiro, C.B. Jacobina, E.R. da Silva, A.M.N Lima, "Fault detection of open-switch damage in voltage-fed PWM motor drive systems", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 18 , Issue 2. March 2003, pp 587–593.

[4] M. Beltrao de Rossiter Correa, C. Brandao Jacobina, E.R. Cabral da Silva, A.M. Nogueira Lima, "An induction motor drive system with improved fault tolerance", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, Issue 3, May/June 2001, pp 873–879.

[5] C. B Jacobina, M. B. R Correa, R. F Pinheiro, A. M. N Lima, E. R. C da Silva, "Improved fault tolerance of active power filter system", IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialists Conference PESC, 17–21 June 2001, Vol. 3.