ANALYSE DU SYSTEME EN BOUCLE OUVERTE

V GENERALITE SUR LA MODELISATION MATHEMATIQUE DU SYSTEME

Introduction :

En l’absence des entrées perturbatrices et en supposant que le modèle mathématique du système est parfait, il est imaginable de générer un signal de commande produisant le signal de sortie souhaité. Cela constitue le principe de la commande en boucle ouverte qui exploite la connaissance de dynamique du système afin de générer les entrées adéquates. Ces dernières ne sont donc pas influencées par la connaissance des signaux de sorties. Cette solution est envisageable dans le cas où le système est parfaitement connu et modélisé et dans le cas où l’obtention d’une mesure de la sortie n’est pas économiquement possible. Dans ce cas, la commande est envoyée en entrée sans contrôle sur la sortie.

Modèle interne :

Définitions :

a La représentation d’état :

La représentation d’état d’un système dynamique linéaire est un modèle par lequel non seulement la relation entrée-sortie entre u(t) et y(t) est déterminée, mais également le comportement des grandeurs internes x_1, x_2, …x_n du système, appelées variables d’état

b Les variables d’état :

Les variables d’état d’un système dynamique d’ordre n sont les n grandeurs x_1, x_2, …, x_n qu’il est nécessaire et suffisant de connaître à l’instant t_0 pour calculer la réponse y(t) du système à toute entrée u(t). Remarquons que le choix des variables d’état n’est pas unique.

Equation d'état :

Le schéma fonctionnel du système est représenté sur la figure suivante :

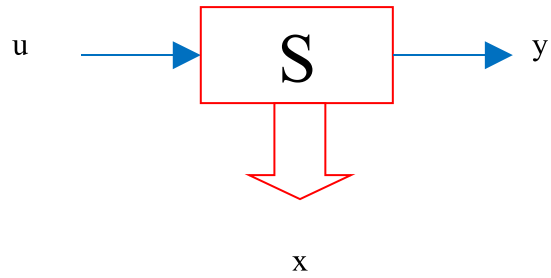

Figure 3-19 : Schéma fonctionnel du système

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = Cx + du \end{cases} \qquad (3\text{-}1)$$

Matrice d'état :

Les matrices d'état d'un système continu sont notées généralement par A, B, C et D. ces matrices caractérisent le comportement du système. La matrice A, appelée matrice d'évolution d'état, est une matrice carrée d'ordre n qui est le nombre de variables d'état. Cette matrice est déterminante pour le comportement dynamique du système particulièrement en ce qui concerne la valeur propre. Cette matrice est aussi appelé matrice du système ou matrice fondamentale. Ensuite, la matrice B est une matrice d'une façon générale rectangulaire car ses éléments dépendent du nombre de grandeurs d'entrée mais aussi du nombre de variables d'état, cette matrice est alors appelée matrice des entrées et ses éléments donnent les relations qui existent entre les grandeurs d'entrées et les variables d'état. Pour un système monovariable c'est-à-dire à une seule entrée, la matrice B est réduite en un vecteur mais il ne faut pas le confondre avec le vecteur des grandeurs d'entrées pour le cas d'un système multivariable. La matrice C est aussi en général une matrice rectangulaire mais la différence par rapport à la matrice précédente c'est que ses éléments dépendent du nombre de grandeurs de sortie et de variables d'état. Cette matrice est aussi appelée matrice de sortie et elle donne la liaison qui existe entre les variables d'état et les grandeurs d'état. En monovariable, cette matrice est réduite en un vecteur ligne. Finalement la matrice D est une matrice qui est aussi rectangulaire mais qui a la particularité de ne pas dépendre des variables d'état, cette matrice est généralement nulle quand l'ordre de dérivée des grandeurs d'entrés est inférieure à celle de la sortie. Cette dernière est aussi appelée matrice de passage, mais pour le cas d'un système monovariable, il est réduit en un scalaire appelé facteur de passage.

Diagramme structurel :

Selon l'équation d'état du paragraphe précédent l'aspect du diagramme structurel est représenté sur la figure suivante :

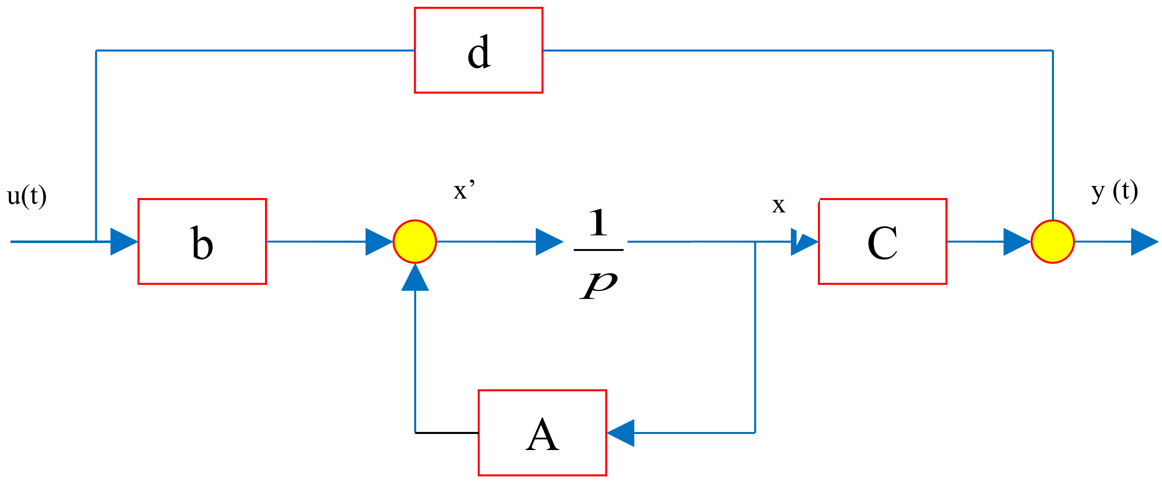

Figure 3-20 : Diagramme structurel du système

Modèle externe :

La fonction de transfert est le rapport entre la transformée de Laplace du signal de sortie y(t) et celle du signal d'entrée x(t) .

$$H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{b_0 + b_1 p + ... + b_m p^m}{a_0 + a_1 p + ... + a_n p^n} = \frac{N(p)}{D(p)} \qquad (3\text{-}2)$$

- Les zéros du système sont les valeurs de p qui annulent N(p).
- Les pôles du système sont les valeurs de p qui annulent D(p).
- Un système qui possède un pôle p=0 est dit intégrateur.
- Un système qui possède un zéros p=0 est dit dérivateur.

VI ANALYSE D'UN SYSTEME ASSERVI :

Stabilité :

Définition :

Un système est dit stable si, excité par une impulsion de Dirac, il revient à sa position de repos. Il est instable dans le cas contraire.

Degré de stabilité d'un système :

Apprécier le degré de stabilité d'un système c'est quantifier son éloignement de la juste instabilité. Les critères qui servent l'éloignement du lieu de transfert du point critique sont :

- La marge de phase :

C'est le déphasage supplémentaire qui fait passer le lieu de Nyquist de l'autre côté du point critique.

$$40° < M_{\varphi} < 50° \qquad (3\text{-}3)$$

- La marge de gain :

La marge de gain c'est le nombre de décibels dont le gain statique peut augmenter en boucle ouverte sans provoquer l'instabilité.

$$10dB \leq M_G \leq 15dB \qquad (3\text{-}4)$$

Causes d'instabilité :

L'instabilité est due :

- A la présence d'une boucle de retour
- A des retards dans la chaîne directe
- A un gain de boucle élevé

Précision :

2.2.1 Écart statique :

L'écart statique est la différence entre la valeur visée et la valeur atteinte en régime permanent.

2.2.2Ecart dynamique :

L'écart dynamique est la différence entre la consigne et la réponse en régime permanent.

Rapidité :

La rapidité est définie par le temps de réponse du système soumis à une entrée en échelon d'amplitude E_0. En pratique on mesure le temps que met la réponse à rester dans une zone comprise entre plus ou moins 5% de la valeur visée. Pour un système oscillant le temps de réponse n'est pas le temps au bout duquel la réponse atteint 95% de la valeur visée mais le temps au bout duquel la réponse reste définitivement dans la zone 0.95 E_0 à 1.05 E_0. On peut immédiatement remarquer que plus le système va osciller plus son temps de réponse va augmenter.

VIICOMMANDE EN BOUCLE OUVERTE :

Définition :

Un système en boucle ouverte est un système où le signal de commande est indépendant de signal de sortie. Il est représenté par la figure ci-dessous.

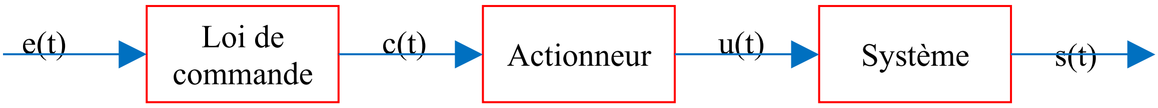

Figure 3-21 : Commande en boucle ouverte

Fonction de transfert en boucle ouverte du système :

Le système est constitué par : un redresseur triphasé à diode, un filtre passe-bas, un onduleur triphasé à MLI et un moteur asynchrone triphasé à cage. Ils sont mis en série, donc la fonction de transfert équivalente est donnée par le produit de fonction de transfert de chaque élément du système. On note par G(p) la fonction de transfert globale du système en boucle ouverte :

$$G(p) = K_R x G_F(p) x G_O(p) x G_M(p) \qquad (3\text{-}5)$$

Pour calculer cette fonction de transfert on utilise la commande « series » sous MATLAB.

$$G(p) = \frac{43.2}{5.9810^{-9} p^4 + 3.9210^{-6} p^3 + 1.560^{-3} p^2 + 0.07p + 1} \qquad (3\text{-}6)$$

Les signaux tests :

Pour étudier les comportements dynamiques d'un système, il n'est pas toujours simple de traduire sous forme d'équation les lois de la physique qui régissent les comportements interne du système. Il est souvent plus efficace de soumettre l'entrée du système à des signaux tests et d'observer la sortie. On distingue plusieurs familles de signaux tests :

- L'impulsion de Dirac
- L'échelon
- La rampe
- La sinusoïde

Essai en boucle ouverte :

3.4.1Essai temporel :

c Réponse indicielle :

Lorsque l'entré du système est un échelon, nous obtenons l'évolution temporelle de la sortie indiqué sur la figure ci-dessous. Pour obtenir cette courbe, on utilise la commande : step(g).