

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche
scientifique



Université d'EL-Oued
Faculté des Sciences et de la Technologies

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et de Technologies
Filière: Génie Électrique
Spécialité: Réseaux Électriques

Thème

Etude d'un système de contrôle de
fréquence bouclé LFC

Dirigé par:

Touil Slimane

Réalisés par:

Djaber Fathi

Hadj Ammar Mohammed

2012/2013

Dédicace

Nous consacrons CE MODESTE TRAVAIL A :
Nos chers parents

Nos sœurs et nos frères

Toute nos familles

Tous nos amis

*Tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin pour
être un jour licencié d'électrotechnique.*

Remerciements

Remerciements à Dieu –le tout puissant– qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur

M^{er} TOUIL SLIMANE d'avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre durant toute cette période. Nos remerciements vont aussi au président du jury et aux membres du jury examinateurs qui nous fait l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous remercions l'ensemble, enseignants et collègues de notre promotion, qui nous ont aidés à réaliser ce modeste travail.

Liste des figures

<i>Figure II-1</i>	<i>Couples et puissance du système</i>	8
<i>Figure II-2</i>	<i>Relation entre puissance électrique-puissance mécanique-vites</i>	10
<i>Figure II-3</i>	<i>Schéma bloc du générateur + charge</i>	11
<i>Figure II-4</i>	<i>Type de turbine – générateur charge</i>	12
<i>Figure II-5-a-</i>	<i>Représentation du gouverneur de vitesse</i>	13
<i>Figure II-5-b-</i>	<i>Gouverneur avec boucle de retour</i>	13
<i>Figure II-5-c-</i>	<i>Fonction de transfert du gouverneur</i>	14
<i>Figure II-6</i>	<i>Schéma bloc du gouverneur turbine – générateur – charge</i>	15
<i>Figure III-1</i>	<i>Réponse de variation de ω pour step de P_L</i>	19
<i>Figure III-2</i>	<i>Réponse de la boucle LFC avec ($T_g = T_{ch} = 0$)</i>	20
<i>Figure III-3</i>	<i>Réponse de variation de ω pour T_g variable</i>	21
<i>Figure III-4</i>	<i>Réponse de variation de ω pour la boucle de R ouverte</i>	22
<i>Figure III-5</i>	<i>Réponse de variation de ω pour R variable</i>	22
<i>Figure III-6</i>	<i>Réponse de variation de ΔP_{valve}</i>	23
<i>Figure III-7</i>	<i>Réponse de variation ΔP_{mec}</i>	23
<i>Figure III-8</i>	<i>Unité de génération équipée d'un contrôle supplémentaire</i>	25
<i>Figure III- 9</i>	<i>Réponse de variation de ω pour K variable</i>	25

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Liste des Figures

INTRODUCTION GENERALE 1

Généralité

I-1-Introduction.....3

I-2 La problématique du fonctionnement d'un réseau électrique.....3

I-3 Les facteurs principaux du fonctionnement d'un réseau électrique.....4

I-4 Conclusion4

Modélisation du système de fréquence boucle LFC

II-1-Introduction.....7

II-2- Nécessite de stabilisation de fréquence7

II -3- Relation entre charge –fréquence.....7

II-4- Etude d'un système de contrôle de fréquence à réponse fréquentiel.....8

II -4-1- Type de générateur.....8

II-4-2- Type de charge.....10

II-4-3- Type du turbine.....11

II-4-4 Type gouverneur de vitesse.....12

simulation du système de frequence boucle LFC

III-1- Résultats de simulation17

III-1-1- Etude des paramètres et leurs influences.....17

III-1-1-1- Influence de paramètre T_g17

III-1-1-2-Influence des constantes de temps T_g et T_{ch}17

III-1-1-3-Influence de paramètre R.....17

III-2- Boucle LFC secondaire « contrôle supplémentaire ».....24

Conclusion générale..... 26

BIBLIOGRAPHIE27

Annexe28

Introduction générale

Pendant ces dernières années, les réseaux d'énergie électrique sont devenus de plus en plus étendus et complexes, et ceci revient principalement aux systèmes d'interconnexion. Ce phénomène, concernant les réseaux électriques, a été accéléré grâce au développement surprenant du domaine d'informatique. Ce dernier facilite la coordination du système entier aux niveaux de la gestion et de la régulation, et ceci revient à des raisons économiques de la fiabilité et de la stabilité.

Le travail présenté s'inscrit dans le cadre de développement de stratégie de contrôle de la vitesse de la turbine.

La modélisation du système et sa représentation en schéma bloc sont des parties importantes dans le développement de la stratégie de contrôle. Notre attention est portée à modéliser par une boucle.

Ce mémoire est constitué de trois chapitres.

Dans le premier chapitre généralité sur les rôles principaux de réseaux électriques et les indicateurs fondamentaux de la qualité du service.

Au deuxième chapitre, on développe la boucle de contrôle de la fréquence "LFC". En étudiant de même la réponse du système devant l'influence des paramètres (temps et gains).

Dans le troisième chapitre, on présente les résultats de simulation avec Matlab.

En fin conclusion générale.

Chapitre I: Généralité

I-1 Introduction

Les réseaux électriques sont des systèmes complexes de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique. La complexité des réseaux électriques est due au fait que les unités de production sont souvent très concentrées alors que la consommation est beaucoup plus dispersée géographiquement. Outre les aspects géographiques, les réseaux électriques sont souvent influencés par des phénomènes aléatoires, difficiles à modéliser mathématiquement.

I-2 La problématique du fonctionnement d'un réseau électrique

Le rôle principal d'un réseau électrique est de maintenir l'équilibre permanent entre l'offre (la production) et la demande (la consommation) tout en assurant la sécurité de l'alimentation et l'économie de l'exploitation.

La qualité du service offert par le réseau est un souci majeur de l'exploitant. De ce fait, les unités de production sont donc soumises à des contraintes strictes de maintien des caractéristiques du produit (la tension et la fréquence) dans les limites du cahier des charges, et de limiter les interruptions des services autant que possible.

Certaines composantes du réseau électrique (les moteurs et le groupe de production) ont des inerties mécaniques relativement faibles. D'autre part, la propagation des phénomènes dans un réseau électrique à très haute tension s'effectue à grande vitesse. Ces deux phénomènes provoquent un couplage dynamique très fort entre les moyens de production, d'une part, et les charges, d'autre part.

À cause des interconnexions nationales et/ou internationales, une perturbation importante dans une région donnée peut être ressentie dans une autre région quelques secondes plus tard. L'étude des réseaux interconnectés et couplés s'avère donc indispensable.

Le fonctionnement d'un réseau électrique est dominé par quatre préoccupations majeures à savoir :

- 1- la conduite : assurer l'équilibre permanent entre la production et la consommation.
- 2- le réglage: le maintien de la tension d'alimentation (v) et la fréquence du réseau (f) dans les limites très précises du cahier des charges.
- 3- la stabilité: le maintien du couplage dynamique entre la production et la consommation en cas de perturbations mineures ou majeures ;
- 4- la protection: assurer l'intégrité des appareils électriques de l'ensemble du système.

Si la préoccupation de la conduite du réseau est satisfaite, l'état du réseau en régime permanent se caractérise par la tenue de la fréquence f et de la tension v .

Ces dernières apparaissent donc comme des indicateurs fondamentaux de la qualité du service. La fréquence est déterminée par la vitesse de rotation de toutes les machines qui doivent rester en synchronisme en régime permanent. Contrairement à v , le contrôle de f est un problème qui intéresse l'ensemble du réseau.

Dans la mesure où f et v restent dans certaines plages correspondant aux conditions de fonctionnement normal, celles de stabilité statique en particulier, les lois de Kirchhoff se chargent de maintenir l'équilibre entre la production et la consommation.

L'objectif des réglages des réseaux, contrairement à ce qu'un abus de langage a laissé croire, est de maintenir f et v dans les limites contractuelles qui sont plus contraignantes que les limites imposées par les conditions nécessaires de fonctionnement du système.

Dans un réseau électrique, f est directement liée à la vitesse de rotation des générateurs synchrones (GS) qui tournent d'une façon synchrone en régime permanent. Dans le régime permanent, il y a égalité entre le couple moteur, fourni par la turbine et le couple résistant, égal au couple électrique opposé par le réseau.

Ceci implique qu'il y a égalité entre la production et la consommation de la puissance active dans le réseau.

I-3 Les facteurs principaux du fonctionnement d'un réseau électrique

Par conséquent, tout déséquilibre de ce bilan entraîne une variation de la vitesse, donc de f . Les variations de f ont des répercussions sévères sur le fonctionnement des appareils d'utilisation, les machines tournantes et le réseau. En effet, les variations entraînent une dégradation du rendement des moteurs optimisés pour la fréquence nominale.

Le bon fonctionnement du réseau d'énergie électrique dans son état normal est défini par plusieurs facteurs à savoir :

- La fréquence nominale
- La tension nominale
- La topologie du réseau

Ce bon fonctionnement qui caractérise la stabilité du système, est respecté lorsque la puissance active et la puissance réactive du système ont une relation directe avec la fréquence et la tension respectivement, n'excèdent pas la capacité du groupe producteur qui joue le rôle de chef d'orchestre dans le réseau.

Pour des petites déviations de la fréquence et la tension l'intervention des automatismes de régulateur primaire est importante pour ramener le système en équilibre autour des consignes préalables de fréquence et de tension.

Donc pour améliorer la performance et de maintenir la stabilité, l'unité de production est équipée des systèmes de contrôle qui sont toujours prêts à réagir proportionnellement aux critères d'optimisation prédéterminés la tension et la fréquence sont les variations du système de contrôle sont associés à l'unité de production que sont souvent des turbo-alternateurs.

I-4 Conclusion:

A la fin du premier chapitre , nous avons parlé de réseaux électriques et ses différentes fonctions et les facteurs principales de la stabilité de notre système , et nous allons parler dans le prochain chapitre sur le modélisation.

Chapitre II: Modélisation du système de fréquence bouclé LFC

II-1- Introduction

Les rôles principales du boucle « LFC » est de :

- maintenir la fréquence à une valeur de consigne.
- maintenir la puissance électrique à une valeur désirée. La boucle «LFC » intervenir dans les petites perturbations de fréquence et de charge.

II-2- Nécessité de stabilisation de fréquence

Dans le régime nominal de fonctionnement un réseau est caractérisé par le maintien de la fréquence à une valeur stable choisit , ceci est justifié par les raisons énumérés ci-dessous :

- 1) La plupart des machines à AC tournent à des vitesses reliées directement à la fréquence.
- 2) La conception de tous les turbines est faite pour tourner à une vitesse constante (fréquence constante) .
- 3) Facilité de commander le fonctionnement de système si l'erreur de fréquence est compris dans des limites étroites ± 0.05 HZ .

II-3- Relation entre charge – fréquence

Le fonctionnement de réseau dans son état normal doit satisfaire et vérifier les conditions d'égalité ou bien les contraintes, ces conditions sont représentées par l'équation imaginaire dite

« Équation de continuité »

$$\Sigma \text{ productions} = \Sigma \text{ charges} + \Sigma \text{ pertes}$$

Pour un réseau, on énonce que la puissance active fournit aux accès des réseaux par l'ensemble des producteurs est égale à chaque instant (vue qu'on ne peut pas emmagasiner l'énergie électrique sous aucune forme électrique et à importante quelle endroit du système) à la somme des puissances active absorbées des utilisateurs et des pertes actives dans le réseau

(Lignes, générateurs, transformateurs).

Si cette équation n'est pas satisfaite c'est-à-dire. Apparition d'un déséquilibre, alors l'énergie cinétique entre en jeu, est comme cette énergie dépend de la vitesse du générateur. On conclu enfin que toute déséquilibre de puissance ce n'est qu'une variation de vitesse (fréquence).

Soit le schéma d'un générateur entraîné par une turbine Fig. (II-1).

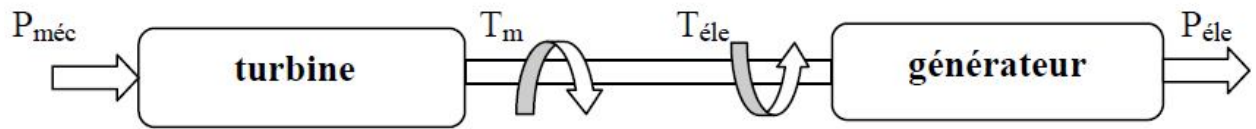


Figure II.1 : Couples et puissance du système

On peut écrire en régime stationnaire

$$P_{mec} = P_e + P_{pertes} \dots \dots \dots (II-1)$$

En cas de déséquilibre (changement de vitesse), on tient compte alors de changement de l'énergie cinétique.

$$P_{mec} = P_e + P_{pertes} + I\omega \left(\frac{d\omega}{dt} \right) \dots \dots \dots (II-2)$$

$$\left(\frac{d\omega}{dt} \right) = \frac{(P_{mec} - P_e - P_{pertes})}{I\omega} \dots \dots \dots (II-3)$$

Cette équation montre bien que si :

$P_{mec} = P_e$	$\omega = cte$	$f = cte$
$P_{mec} > P_e$	$\omega \nearrow$	$f \nearrow$
$P_{mec} < P_e$	$\omega \searrow$	$f \searrow$

On constate que la variation de la puissance active P demandé, provoque une baisse ou augmentation simultanément de la vitesse du groupe générateur, cela est compensée par une variation de la puissance mécanique débitée, et cela ne peut être faite qu'avec un régulateur de la turbine, qui permette d'ouvrir ou fermer l'admission de la turbine.

Enfin on peut conclure que :

La variation de charge nécessite un contrôle de la production d'énergie électrique

Cette méthode de contrôle est souvent appliquée automatiquement

II-4- Etude d'un système de contrôle de fréquence à réponse fréquentiel

Le modèle du boucle ALFC représenté par la Figure.(II-6) doit agir lors de n'importe quelle perturbation par une réponse fréquentielle.

II-4-1- Type de générateur

Les relations de base, sont données par les relations suivantes :

$$I\alpha = T_{net} \dots \dots \dots (II-4)$$

$$M = \omega I \dots\dots\dots (II-5)$$

$$P_{net} = \omega T_{net} = (I\alpha)\omega = M\alpha \dots\dots\dots (II-6)$$

Nous prenons : l'indice « 0 » pour les valeurs nominales et « Δ » pour toutes déviation .

Une machine tourne à ω_0 , L'angle de phase δ_0 , les déviations de $\Delta \delta$.

δ est l'angle entre l'axe de référence quand la machine tourne à ω_0 et l'axe quand la machine tourne à une accélération α .

La vitesse de la machine est donnée par :

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \dots\dots\dots (II-7)$$

$$\begin{aligned} \Delta \delta &= \int_0^t (\omega_0 + \alpha t) dt - \int_0^t \omega_0 dt \\ &= \omega_0 t + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha t^2 - \omega_0 t = \left(\frac{1}{2}\right) \alpha t^2 \dots\dots\dots (II-8) \end{aligned}$$

La variation de la vitesse $\Delta \omega$ de sa valeur nominale , peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\Delta \omega = \alpha t = \frac{d}{dt} (\Delta \delta) \dots\dots\dots (II-9)$$

La relation entre la déviation de l'angle de phase et le couple d'accélération net est

$$T_{net} = I\alpha = I \frac{d}{dt} (\Delta \omega) (\Delta \delta) \dots\dots\dots (II-10)$$

La relation entre les déviations de la puissance mécanique et la puissance électrique.

$$P_{net} = P_{mec} - P_{élé} \dots\dots\dots (II-11)$$

D'où

$$P_{net} = P_{net0} + \Delta P_{net} \dots\dots\dots (II-12)$$

$$P_{net0} = P_{mec0} - P_{élé0} \dots\dots\dots (II-12.a)$$

$$\Delta P_{net} = \Delta P_{mec} - \Delta P_{élé} \dots\dots\dots (II-12.b)$$

$$P_{net} = (P_{mec0} - P_{élé0}) + (\Delta P_{mec} - \Delta P_{élé}) \dots\dots\dots (II-13)$$

De la même manière pour les couples :

Utilisant l'équation (II-6) :

$$P_{net} = \omega T_{net} = (\omega_0 + \Delta \omega) (T_{net0} + \Delta T_{net}) \dots\dots\dots (II-15)$$

Substituant les équations (II-13)(II-14) :

$$(P_{mec0} - P_{élé0}) + (\Delta P_{mec} - \Delta P_{élé}) = (\omega_0 + \Delta \omega) [(T_{mec0} - T_{élé0}) + (\Delta T_{mec} - \Delta T_{élé})] \dots\dots\dots (II-16)$$

En régime permanent

$$P_{mec0} = P_{élé0} \text{ et } T_{mec0} = T_{élé0} ,$$

le deuxième terme

$\Delta\omega(\Delta T_{mec} - \Delta T_{élé})$ peut être négligé

$$\Delta P_{mec} - \Delta P_{élé} = \omega_0(\Delta T_{mec} - \Delta T_{élé}) \dots \dots \dots (II-17)$$

D'après l'équation (II-10) :

$$(T_{mec0} - T_{élé0}) + (\Delta T_{mec} - \Delta T_{élé}) = I \frac{d}{dt} (\Delta\omega) \dots \dots \dots (II-18)$$

ou $T_{mec0} = T_{élé0}$

on combinant (II-17) (II-18) on aura :

$$(\Delta P_{mec} - \Delta P_{élé}) = \omega_0 I \frac{d}{dt} (\Delta\omega) = M \frac{d}{dt} (\Delta\omega) \dots \dots \dots (II-19)$$

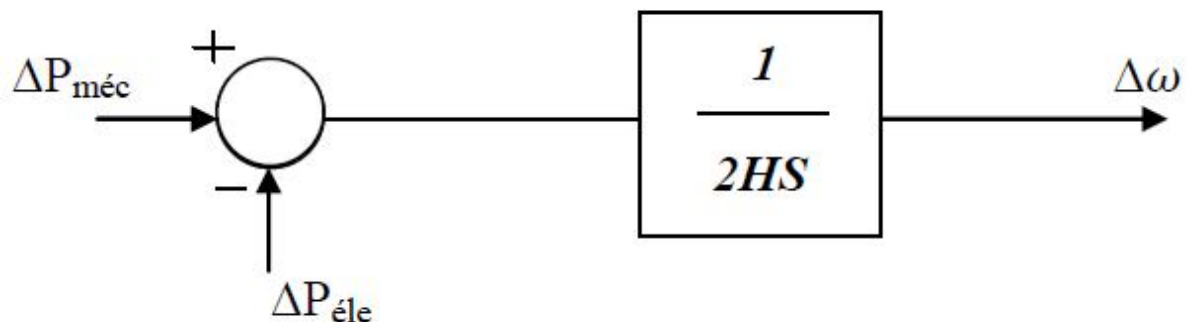
Appliquons la transformé de Laplace dans équation (II-19) :

$$(\Delta P_{mec} - \Delta P_{élé}) = MS(\Delta\omega) \dots \dots \dots (II-20)$$

On note que $M = 2H$

H : constante d'inertie = ω / S_{base}

La relation (II-20) est représentée sous forme d'un schéma bloc dans la Fig.(II-2)



Figure(II-2) : Relation entre puissance électrique-puissance mécanique-vitesse

II-4-2- Type de charge

Les moteurs électriques représentent les charges majoritaires dans les installation électriques ,caractérisés par la variation (énergie - fréquence) d'où l'utilité d'un modèle qui répond à ce changement

$$\Delta P_{L(fre)} = D\Delta\omega \quad \text{ou} \quad D = \frac{\Delta P_{L(fre)}}{\Delta\omega}$$

Ou

$$D = \Delta P_{L(fre)} / \Delta f \text{ pu ou MW/HZ}$$

Donc on a : $\Delta P_{\text{élé}} = D\Delta\omega + \Delta P_L \dots \dots \dots (II-21)$

En remplace (II-21) dans (II-20)

$$\Delta L_{mec} = 2HS\Delta\omega + D\Delta\omega + \Delta P_L \rightarrow \Delta P_{mec} - \Delta P_L = (2HS + D)\Delta\omega \dots \dots \dots (II-22)$$

Introduisant cette relation dans le bloc passé on obtient le schéma suivant :

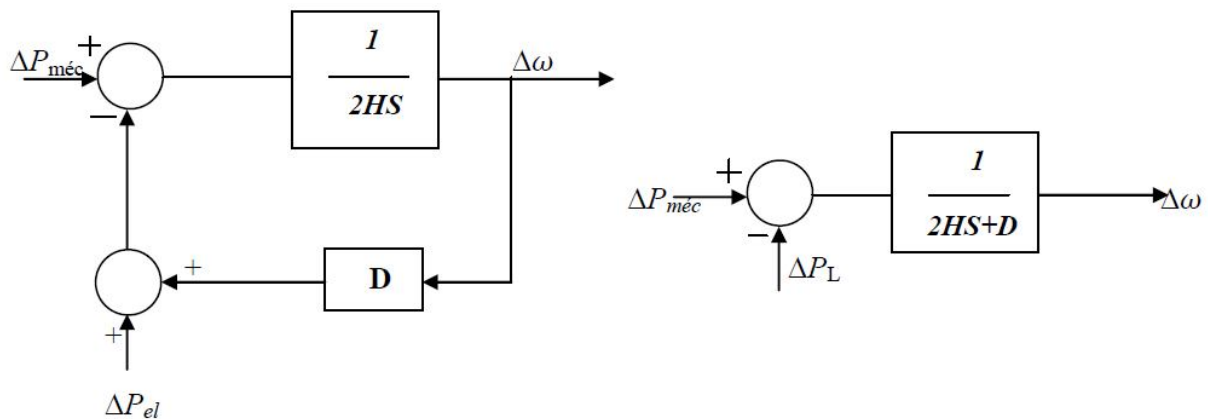


Figure (II-3):schéma bloc du générateur + charge

Coefficient D :

D s'appelle le taux de variation de la puissance appelée avec la variation de la fréquence du système (Damping factor) .

D=0 pour le charges résistives , **D** dépend de la nature des charges mécaniques entraînées ,s'il s'agit d'une charge constituée de moteur **D** est compris entre 0.5 et 2 . On note que la valeur de **D** est changeable si la puissance de base du système est différent de la valeur nominale de la puissance de charge.

II-4-3- Type du turbine

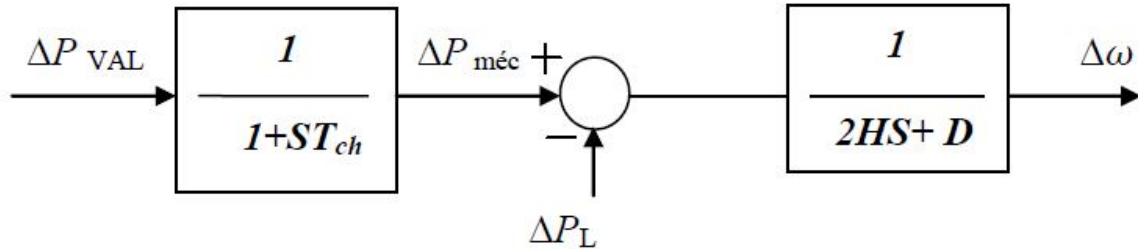
Turbine sans réchauffage :

Pour une turbine à vapeur simple (sans réchauffage) a une fonction de transfert :

$$G_T = \Delta P_{mec} / \Delta P_{valve} = 1 / (1 + ST_{ch})$$

Avec T_{ch} : constante de temps (temps de charge) si le temps suffisant pour que la vapeur arrive du valve au cylindre de la turbine .

T_{ch} est compris entre 0. 1 , 0.5s [1].



Figure(II- 4) : Type de turbine – générateur charge

II-4-4 Type gouverneur de vitesse

Le gouverneur est un mécanisme responsable de contrôle et ajuster sur les entrées des valves . il y on a plusieurs types de gouverneur , le plus simple c'est le gouverneur représenté à la

Fig.(II-5.a) . Ce type est composé d'un mécanisme de mesure de vitesse qui va sensé la vitesse de la machine .

Cette dernière est comparée avec une vitesse de référence , cette comparaison donne naissance à une erreur $\Delta\omega$ qui va être amplifiée par un gain K_g après avoir changer de signe . Enfin on l'intègre pour produire un signal de contrôle ΔP_{valve} .

$$\text{si } \Delta\omega < 0 \quad \Delta P_{valve} > 0 \text{ ouverture de valve}$$

$$\text{si } \Delta\omega > 0 \quad \Delta P_{valve} < 0 \text{ Fermeture de valve}$$

Donc notre gouverneur est un régulateur PI.

Pour des raisons de stabilité et pour tendre $\Delta\omega$ vers 0 le système doit avoir une boucle autour de l'intégrateur comme il est montré dans la Fig.(II-5.b) . Le schéma bloc pour ce gouverneur a un net gain de $1/R$ et une constante de temps T_g Fig.(II-5.c) .

Ou $R = \Delta\omega / \Delta P$ (pu) ou HZ/MW coefficient de régulation $\frac{1}{R}$:gain de régulation

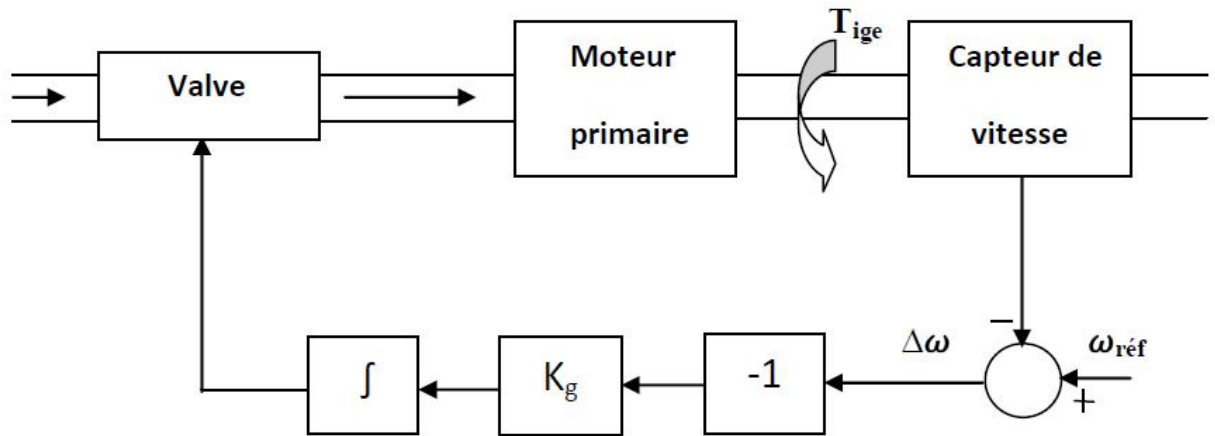


Figure (II.5-a) : Représentation du gouverneur de vitesse

R : coefficient de régulation.

C'est une caractéristique de régulation de vitesse qui détermine le changement de la puissance générée pour un changement de fréquence qui égale en pu de la fréquence divisé par le changement en pu de la puissance générée.

La valeur de R est généralement égale à 0.06 pour les grands systèmes.

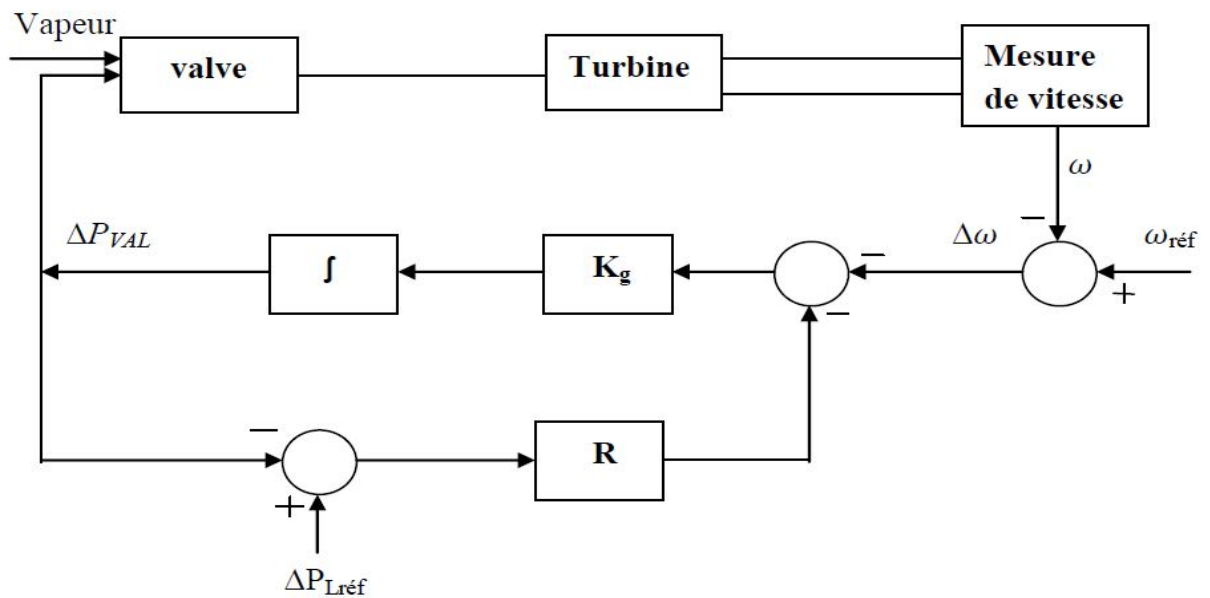


Figure (II-5. b): gouverneur avec boucle de retour

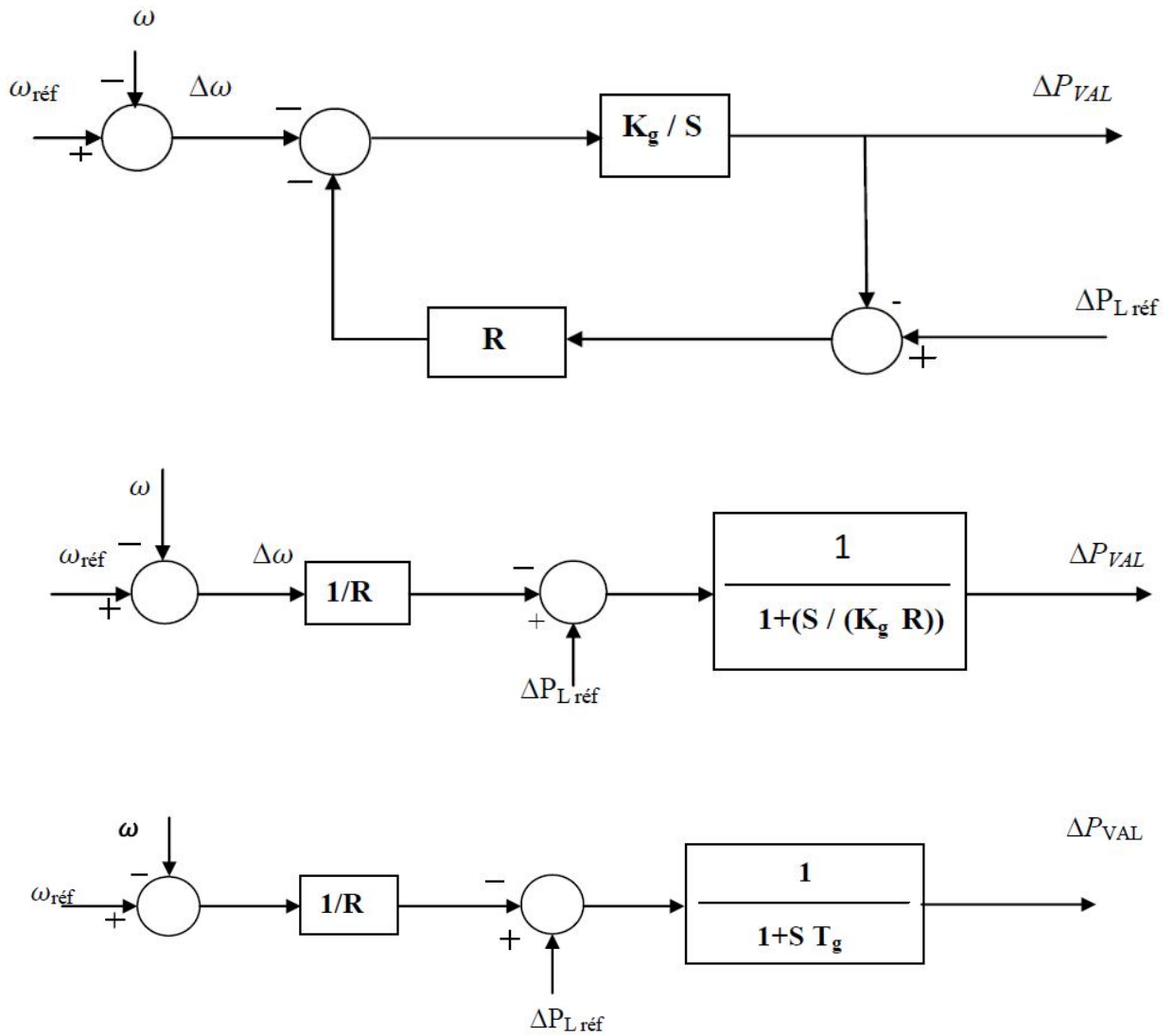


Figure (II-5-c) : fonction de transfert du gouverneur

N.B : les générateurs alimentés en parallèle ont le même coefficient de régulation pour qu'il puissent se subdiviser les variations de charge chacun suivant sa capacité.

Introduisant le gouverneur dans le schéma précédent on obtient donc le schéma globale comme il est montré dans la Fig.(II-6)

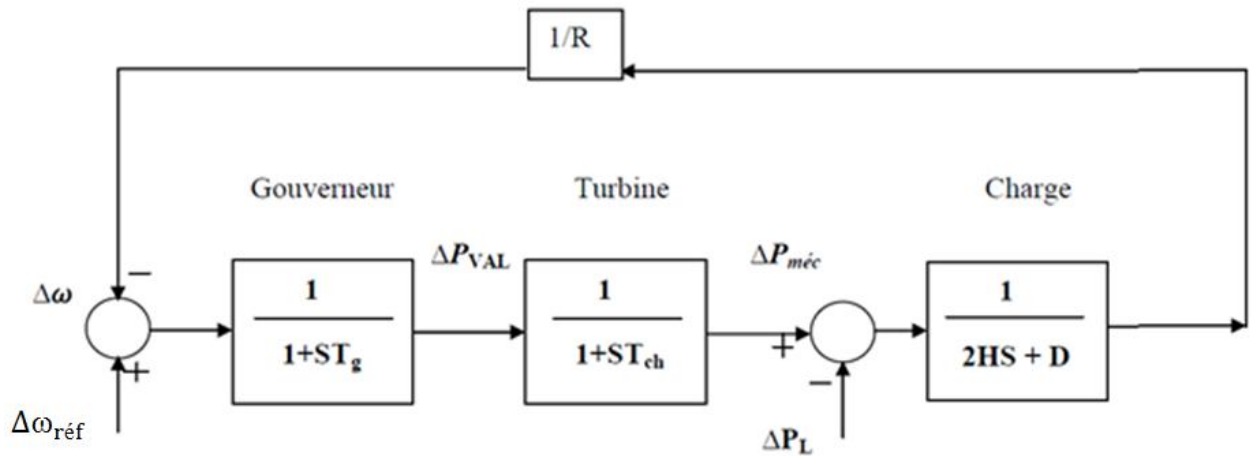


Figure (II-6) : Schéma bloc du gouverneur turbine – générateur – charge

Supposant qu'on a un changement de charge sous forme d'échelon :

$$\Delta P_L(s) = \frac{\Delta P_L}{s} \dots \dots \dots (II-22)$$

$$\left[\Delta P_{ref} - \left(\frac{1}{R} \right) \Delta \omega \right] (G_g G_T - \Delta P_L) 1/(MS + D) = \Delta \omega$$

Pour

$$G_g = \frac{1}{1 + ST_g} \quad ; \quad G_T = \frac{1}{1 + ST_{ch}}$$

$$\Delta P_{ref} = 0$$

$$(1/(MS + D)) \left(- \left(\frac{1}{R} \right) \Delta \omega G_g G_T \right) - \Delta P_L \left(\frac{1}{MS + D} \right) = \Delta \omega \dots \dots \dots (II-22.a)$$

$$\begin{aligned} \Delta \omega(s) &= -\Delta P_L(s) [(1/(MS + D)) / (1 + \left(\frac{1}{R} \right) G_g G_T \left(\frac{1}{MS + D} \right))] \\ &= -\Delta P_L(s) [(1/(MS + D)) / (1 + \left(\frac{1}{R} \right) \left(\frac{1}{1+ST_g} \right) \left(\frac{1}{1+ST_{ch}} \right) \left(\frac{1}{MS+D} \right))] \dots \dots \dots (II-23) \end{aligned}$$

Appliquons le théorème de la valeur finale

$$\Delta \omega_0(s) = \lim_{s \rightarrow 0} [s \Delta \omega(s)]$$

$$\Delta \omega_0(s) = \left(-\frac{\Delta P_L}{D} \right) \left(1 + \left(\frac{1}{R} \right) \left(\frac{1}{D} \right) \right) = -\frac{\Delta P_L}{n \left(\frac{1}{R} \right) + D} \dots \dots \dots (II-24)$$

$$\text{Pour } D \rightarrow 0 \quad \Delta \omega = -R \Delta P_L \dots \dots \dots (II-25)$$

$$\text{Pour } R \rightarrow \infty \quad \Delta \omega = -\Delta P_L / D \dots \dots \dots (II-26)$$

Si on plusieurs générateurs et chacun a son propre gouverneur l'erreur de la variation $\Delta \omega$ devient

$$\Delta \omega = \Delta P_L / \left(\left(\frac{1}{R_1} \right) + \left(\frac{1}{R_2} \right) + \dots \left(\frac{1}{R_n} \right) + D \right) \dots \dots \dots (II-27)$$

Chapitre III :Simulation du système de fréquence bouclé LFC

III-1- Résultats de simulation

Réponse fréquentielle du système à la suite d'une telle perturbation on a considéré que la variation de ΔP_L est sous forme de fonction échelon P_{step} . On choisit les paramètres suivants :

$$H = 3.5, D = 1, T_g = 0.3, T_{ch} = 0.1 \text{ s}, R = 0.06$$

La Fig. (III-1) montre la variation de la vitesse en fonction du temps une sinusoïde amortie, qui diminue en fonction du temps jusqu'à un minimum puis augmente à un niveau de vitesse qui se stabilise dans la limite de 4.5(s) ou $\Delta\omega = -0.057(\text{rad/s})$

La Fig.(III-6) et Fig.(III-7) montre la variation de valve et puissance mécanique ΔP_{valve} , ΔP_{mec} .

III-1-1- Etude des paramètres et leurs influences

III-1-1-1- Influence de paramètre T_g :

La Fig (III-3) montre que l'influence du paramètre T_g est relativement faible sur la variation $\Delta\omega$. Plus T_g est petit le système va se stabiliser rapidement et le dépassement devient faible aussi. Pour les différentes valeurs de T_g ($T_g = 0.15 ; 0.35 ; 0.55 \text{ s}$) On voit que pour $T_g = 0.15$ Le système se stabilise à la limite d'une seconde et dépassement est faible.

III-1-1-2-Influence des constantes de temps T_g et T_{ch} :

D'après l'équation (I-23), si on néglige T_{ch} , on obtient :

$$\Delta\omega(s) = R / (1 + R(MS + D)) \cdot \Delta P_L(s)$$

Pour un échelon de $\Delta P_L(s)$ la Fig.(III-2) montre que la réponse est purement exponentielle. On comparant la réponse de cette figure avec celle de la Fig.(III-1), on constate que la réponse avec les constantes T_{ch} et T_g sont indispensables et importants pour que le système oscille et soit amortie.

III-1-1-3-Influence de paramètre R

L'ouverture de la boucle de gain de régulation est équivalent à $R = \infty$

La Fig.(III-4) montre que la réponse de vitesse de système est purement exponentielle, la variation $\Delta\omega = -1 \text{ rad/s}$ le système va se stabiliser vers 37 s.

La Fig.(III-5) montre pour les différentes valeurs de R ($R=0.02$; 0.04 ; 0.06) que

1- plus R est petite plus $\Delta\omega$ est petite ($R=0.02$; $\Delta\omega=0.02$).

2- la vitesse de système augmente pour R petite c.à.d. pour un gain de régulation élevé :

D'après ces deux figures on montre que la présence de gain de régulation $1/R$ est la minimisation de R son conseillé .

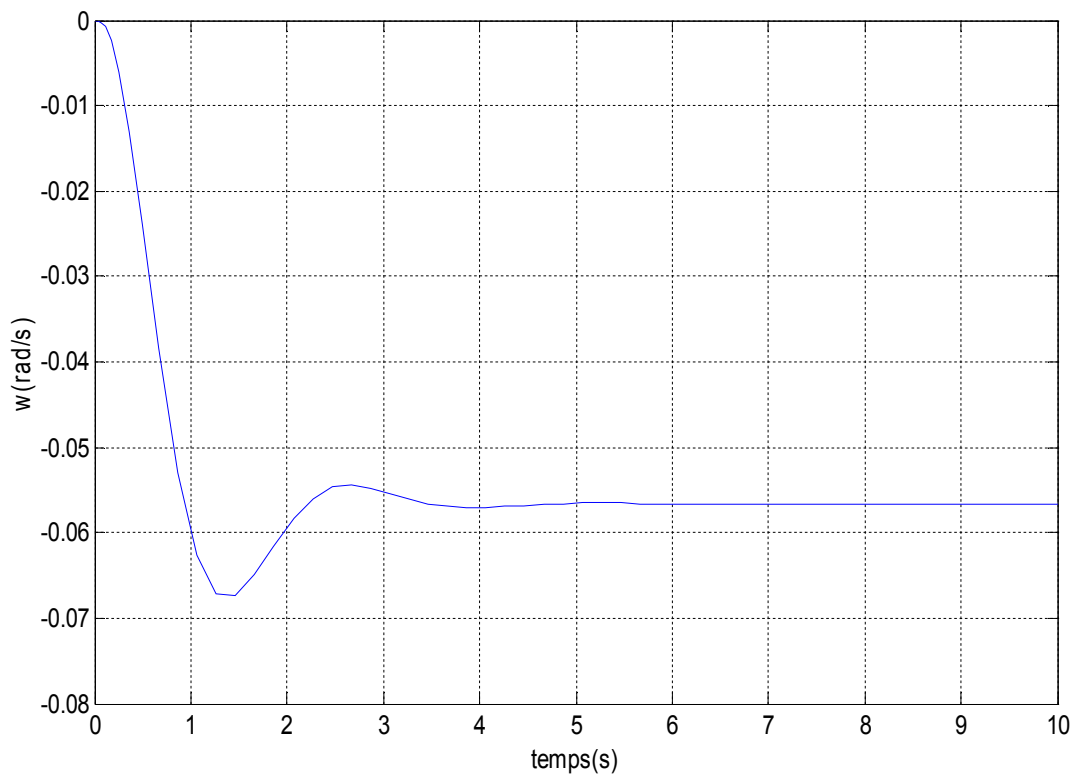


Figure (III-1) : Réponse de variation de ω pour step de P_L

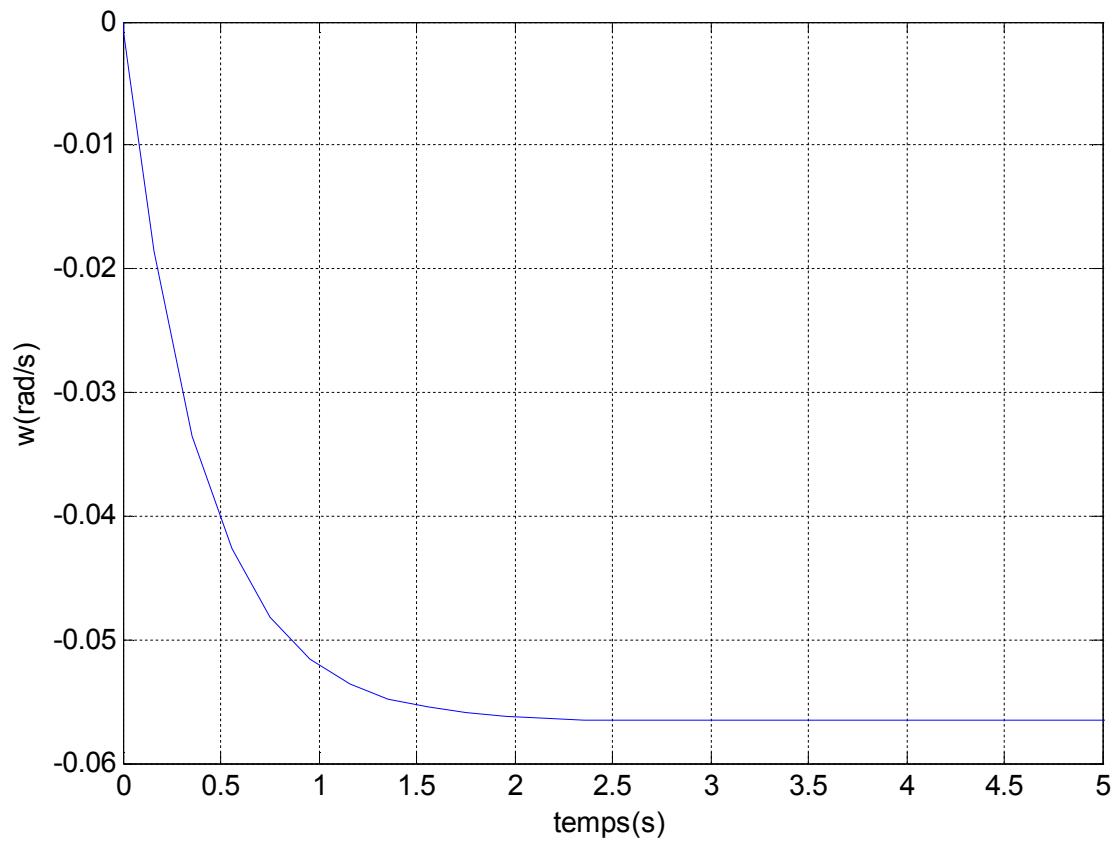


Figure (III-2): réponse de la boucle LFC avec($T_g=T_{ch}=0$)

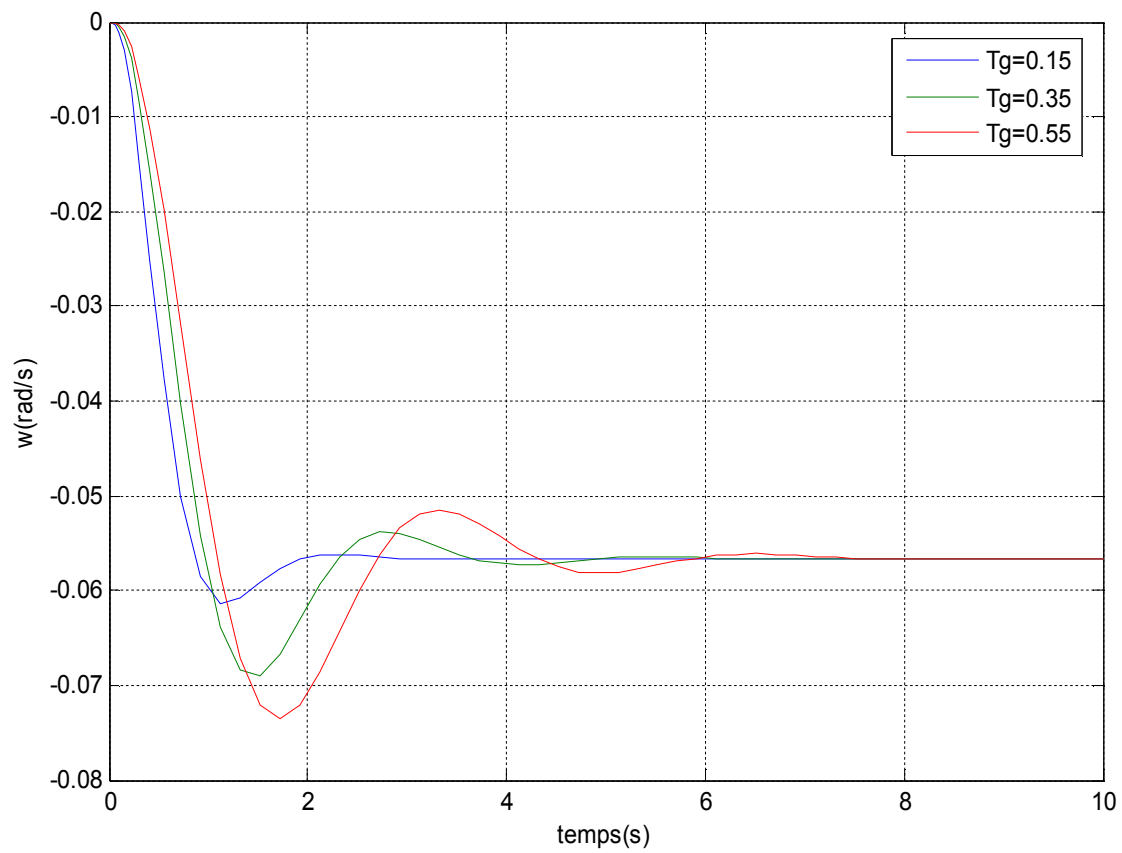


Figure (III-3) réponse de variation de ω pour T_g variable

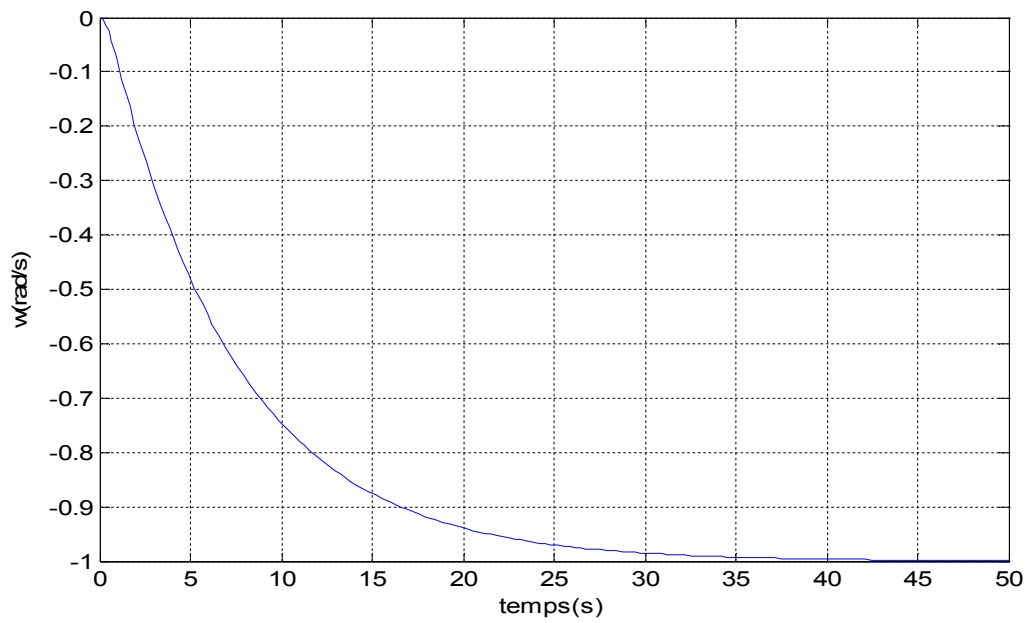


Figure (III-4) : Réponse de variation de ω pour la boucle de R ouverte

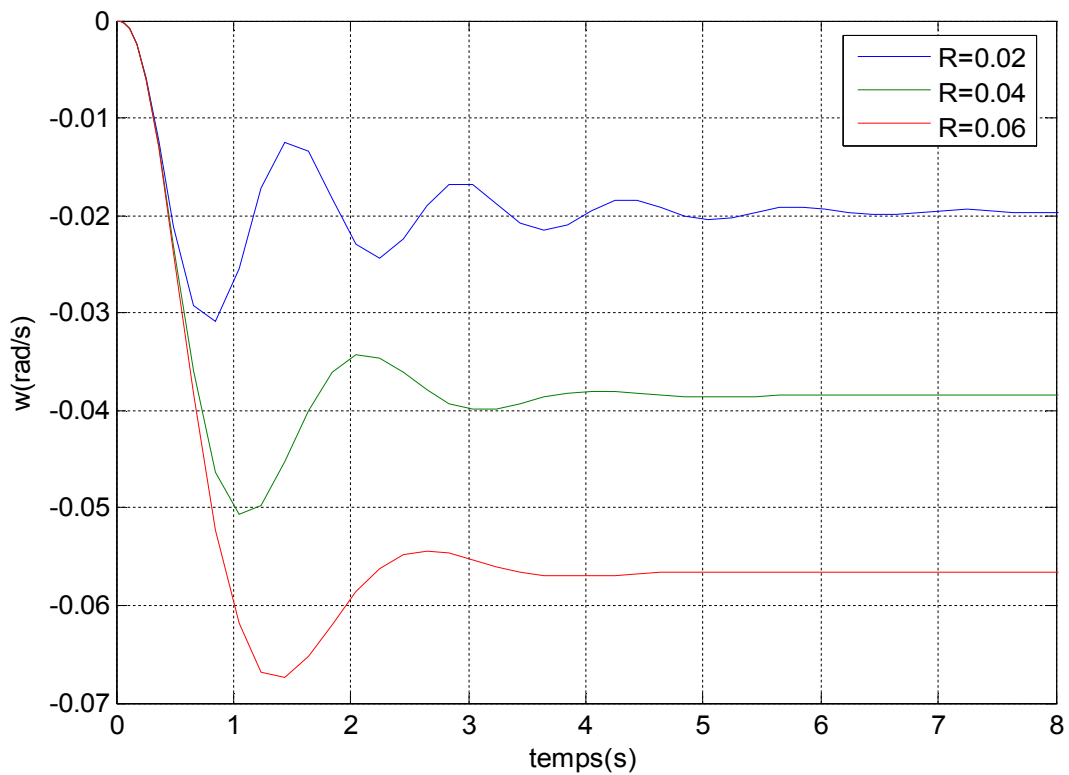


Figure (III-5) : Réponse de variation de ω pour R variable

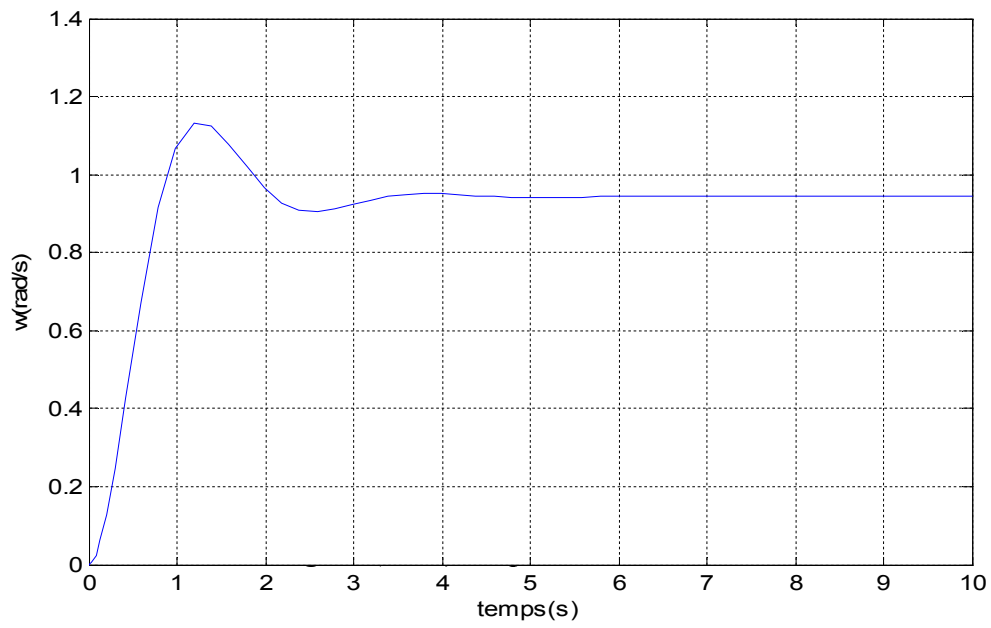


Figure (III-6) : Réponse de variation de ΔP_{valve}

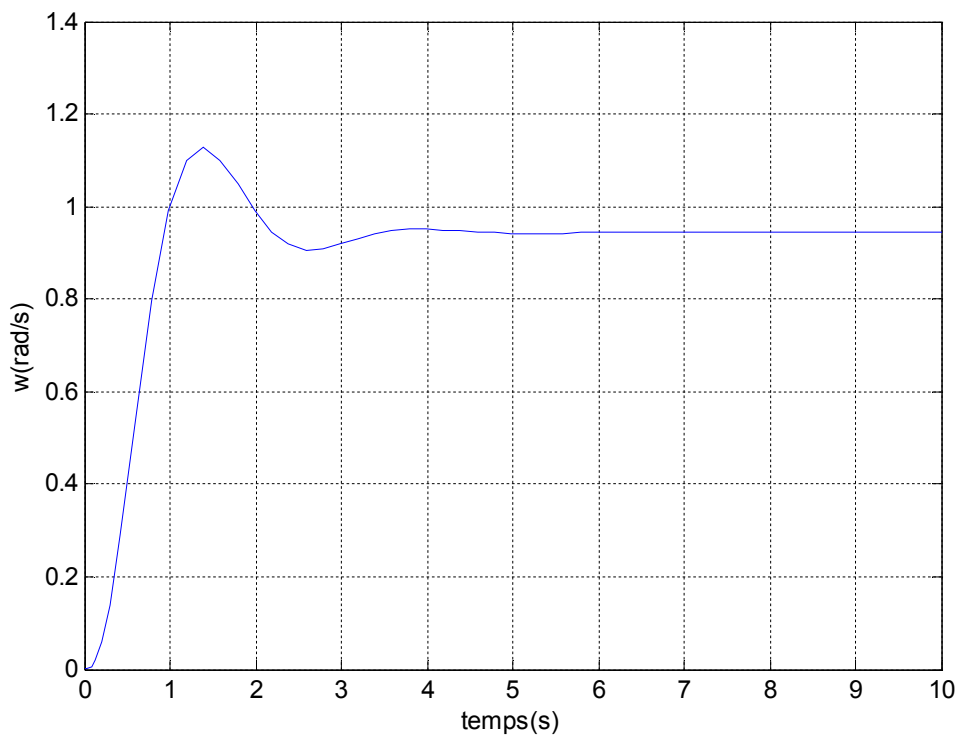


Figure (III-7) : Réponse de variation ΔP_{mec}

III-2- Boucle LFC secondaire « contrôle supplémentaire »

Le type de contrôle étudié doit satisfaire à un certain nombres d'exigences :

- Il faut que la boucle de contrôle soit stable.
- Après un changement de charge sous forme $P_{ch(step)}$ il faut que l'erreur de fréquence ou vitesse soit égale à 0 .

pour satisfaire à ces besoins . un contrôle supplémentaire est additionné à la boucle primaire .

On appelle contrôle « le contrôle intégrale » « reste contrôle ».

Ce type de contrôle est additionné au gouverneur , voir Fig.(III-8) .

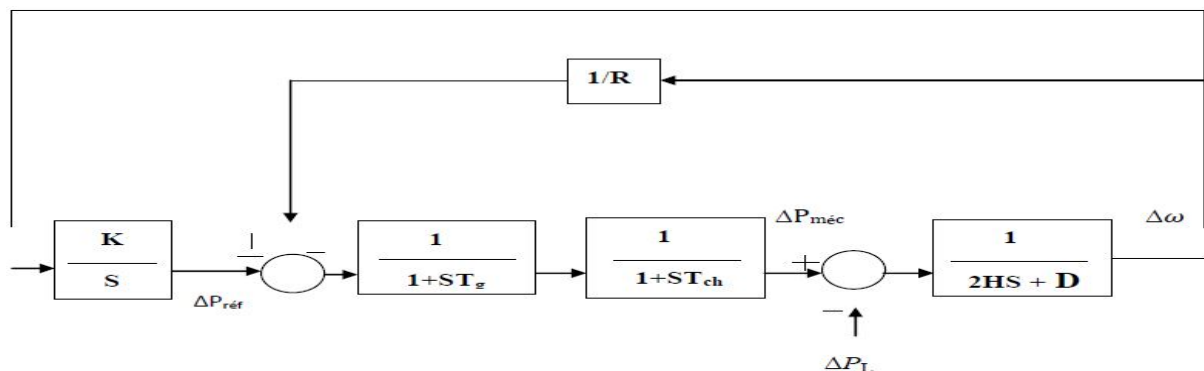
La stratégie de ce contrôle se résume que le signal donné par le gouverneur est obtenue après l'amplification et l'intégration de l'erreur de fréquence ou vitesse c'est-à-dire :

$$\Delta P_{ref} = -K\Delta\omega dt$$

L'unité de **K** est (MW/HZ) ou (pu)

La constante d'amplification **K** contrôle la moyenne de l'intégration et par suit la vitesse de réponse de la boucle .

La polarité négative de l'intégrateur doit être choisit pour donner un signale négative si l'erreur de la fréquence ou vitesse est positive . On appelle le signal qui alimente l'intégrateur par ACE « Area contrôle erreur »



Figure(III-8): Unité de génération équipée d'un contrôle supplémentaire

L'intégrateur va donner une erreur statique égale à zéro pour la raison suivante:

comme l'erreur est encore apparue, l'intégrateur va continuer à donner des signaux qui causent le fonctionnement du gouverneur, le signal de sortie de l'intégrateur et du gouverneur atteint une valeur constante seulement après que l'erreur de fréquence ou vitesse soit égale à zéro

La Fig.(III-9) montre les résultats de simulation pour différentes valeurs de K . Une étude sur les courbes de réponse montre que l'erreur $\Delta\omega$ va diminuer en augmentant la valeur de K jusqu'à elle atteigne l'axe de zéro ($\Delta\omega=0$ rad/s pour $K=9$) va diminuer par le même exponentielle montré dans la Fig.(III-1) cette exponentielle va diminuer lui aussi en augmentant la valeur de K

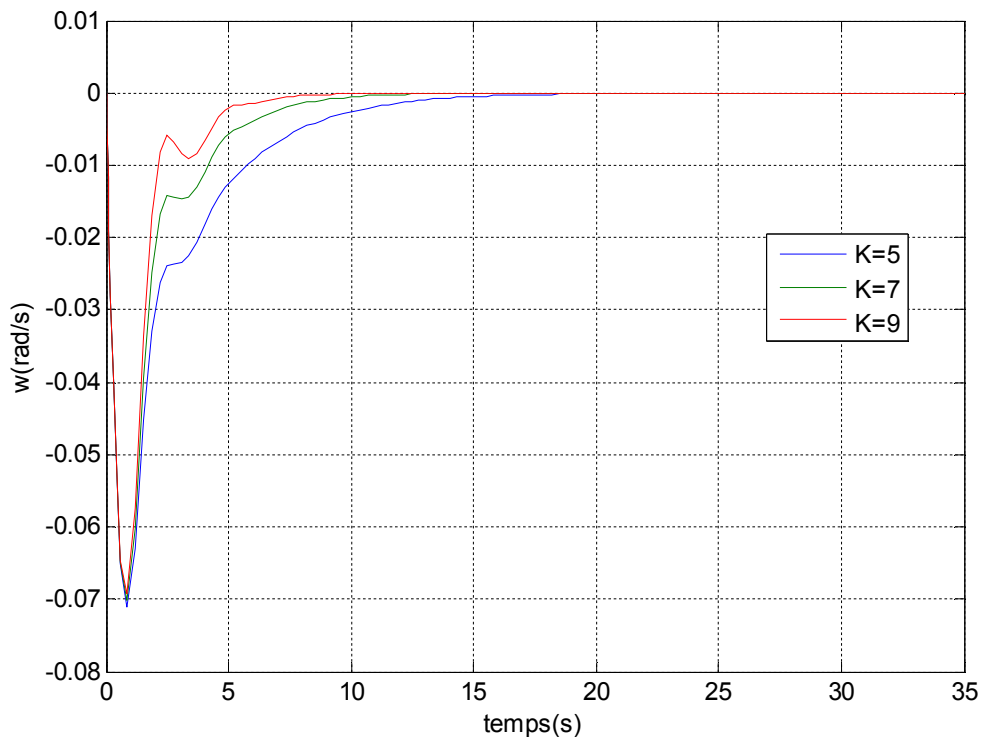


Figure (III- 9): Réponse de variation de ω pour K variable

Conclusion générale

Dans présent la modéliser la boucle (LFC) en détail (équation , transformation de Laplace , modélisation , schéma bloc , simulation).

Dans ce travail , nous avons étudié le système de contrôle de fréquence bouclé (LFC) .

La variation des paramètres du système donnent la bonne réponse et pour obtenir un resultat précis et comparer aussi entre les differents resultats.

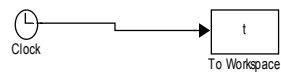
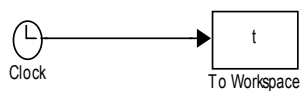
En fin , on dit que es parametres de la boucle de contrôle de la fréquence jouent un role très important pour maintenir la fréquence constante.

Bibliographies

- [1] **ELGERD** , " Théorie d'énergie du système électrique : Introduction , " édition arabe 1982 "
- [2] **ENDERSON, P.M and FOUAD , A.A** : " power system control and stability " vol1 , Iowa state university press 1977
- [3] **IEEE COMITE REPORTE**: "computer représentation of excitation système " IEE trans , vol pas 87,n6, 1406-1464 june 1968
- [4] **IEEE COMITE REPORTE** : " Dynamique models for steam and hydro turbines in power system studies " Vol pas 92,n6, Nov/Dec/1973"
- [5] **IEEE COMITE REPORTE** " understanding automatic Generation control " 91wm229-5PWRS 1991 IEE
- [6] **LPSINGH** "Advanced power system analysis and dynamics " second edition 1986
- [7] **STANGG and EL-ABIAD** " computer method in power system analysis" MACGRAW – HILL 1981 USA
- [8] **ALLEN JWOOD BRUCEF WOLLENBERG** "Power generation operation control" Copy right 1984
- [9] **IEEE TRANS** "Design of a PSS sensing frequency deviation " vol , pas 90,n2,March /April 1971
- [10] **M.AGUET ET JJ MORPH** "Energie électrique " édition dunod
- [11] **MARTIN ROEKMAN** "Modélisation et commande de la machine synchrone pour la générateur électrique d'un AERONEF " thèse de doctorat ,INP de GRENOBLE 1993
- [12] **D.KORICHI** " Analyse et technique des phases de lestage sur les systèmes de puissance " projet de fin d'étude ,ENP, juin 1993
- [13] **MORICE RIVOIRE JEON –LUISE FERRIER** " Cours d'automatique asservissement-régulateur –commande analogique " édition chihab- eyrolles
- [14] **CONTROLE DE LA PUISSANCE ACTIVE DE RESEAU ELECTRIQUE**' mémoire d'ingénieur 2007 ,Université El-Oued réalisé par Ouabri Ahmed- Houas Abd eloiahed - Zeghoud M^{ed} Alaeddine encadré par Dr- DJilani Ben Attous »

Annexe

Paramètres	Valeurs
R : coefficient de régulation	0.06
D : coefficient de la charge.	1
H: constant d'inertie	0.3
T_{ch} : Constant de temps de la charge	0.1
T_g : Constant de temps du gouverneur	3.5



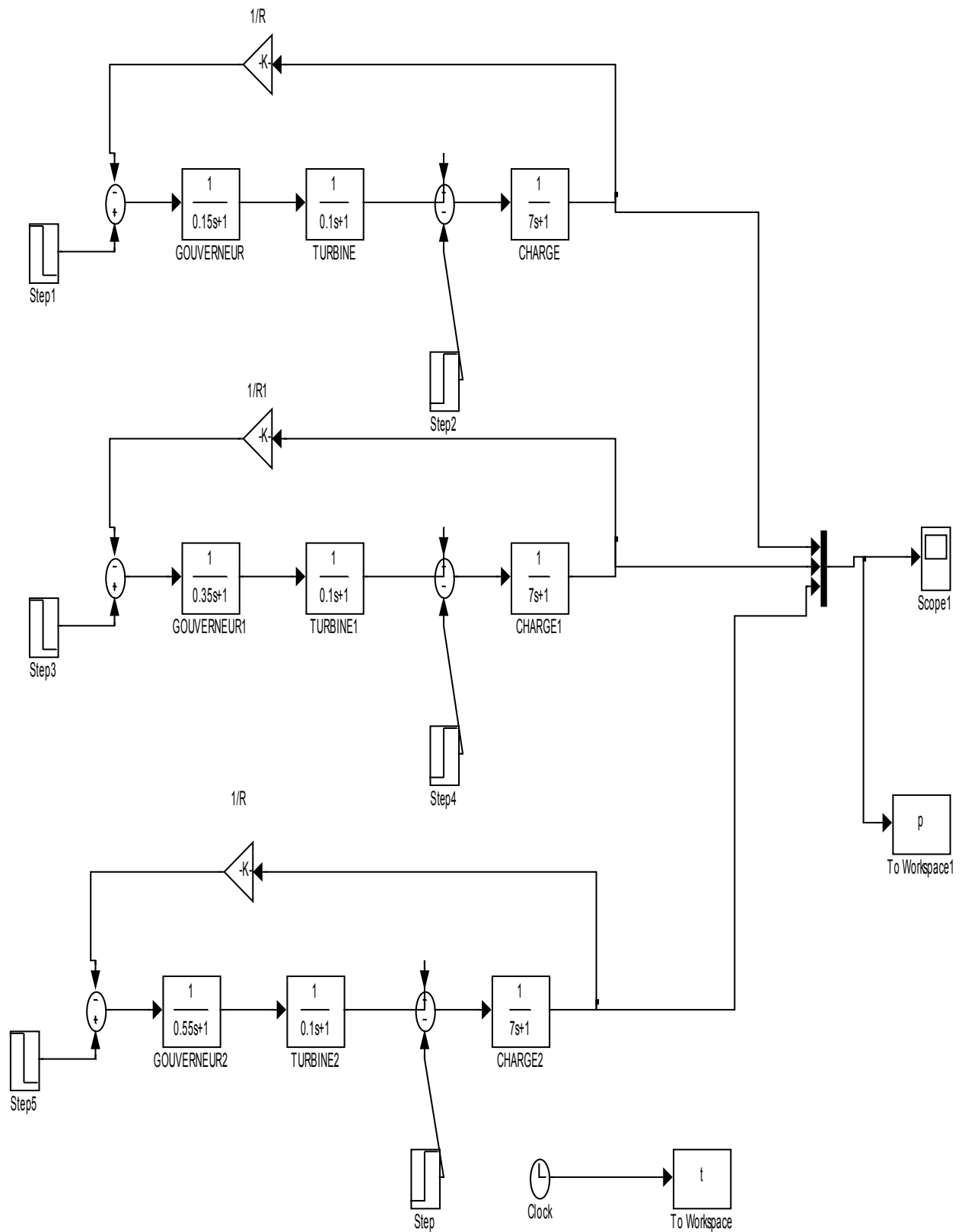


Figure (III-3) réponse de variation de ω pour T_g variable

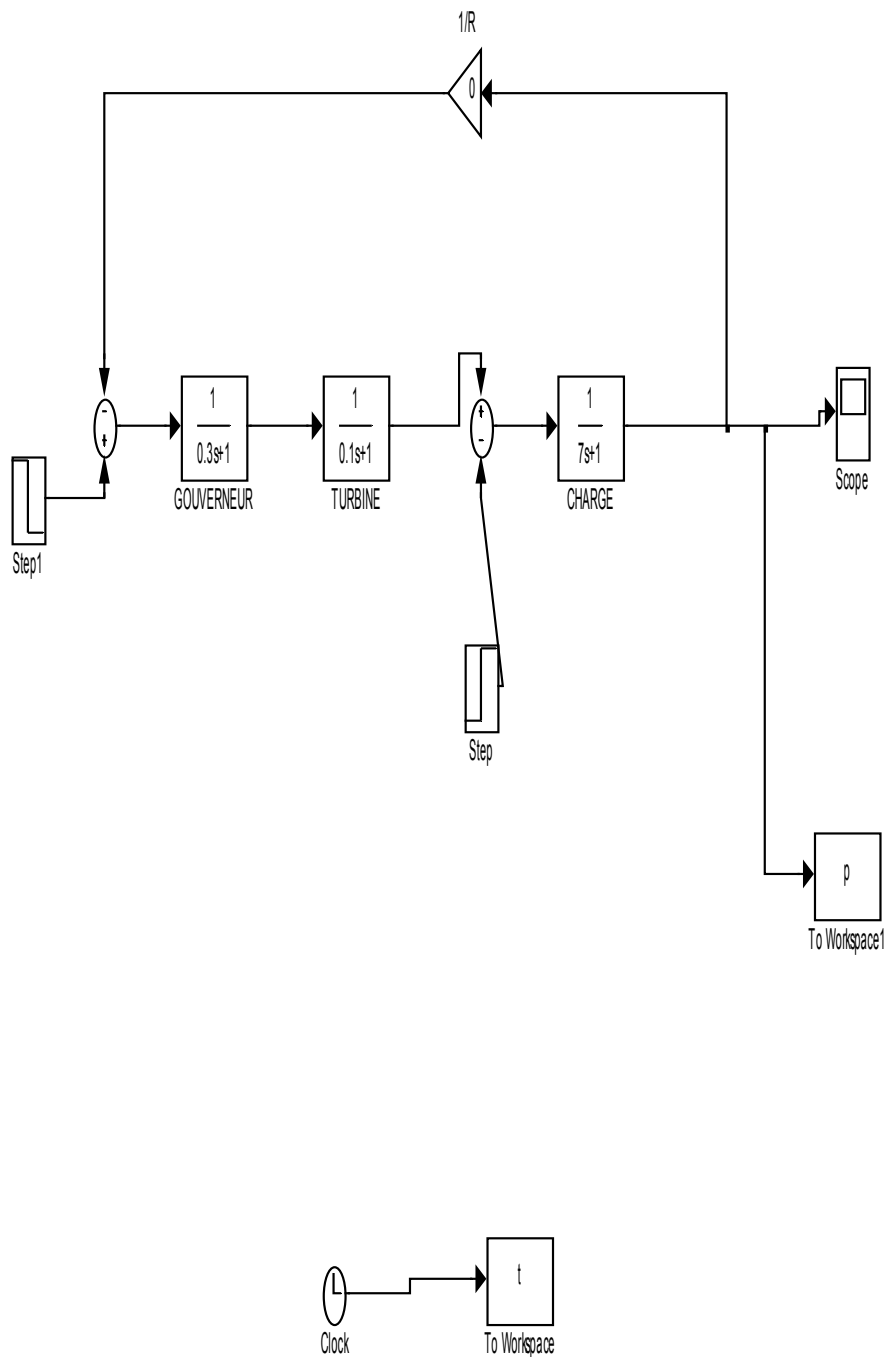


Figure (III-4) : Réponse de variation de ω pour la boucle de R ouverte

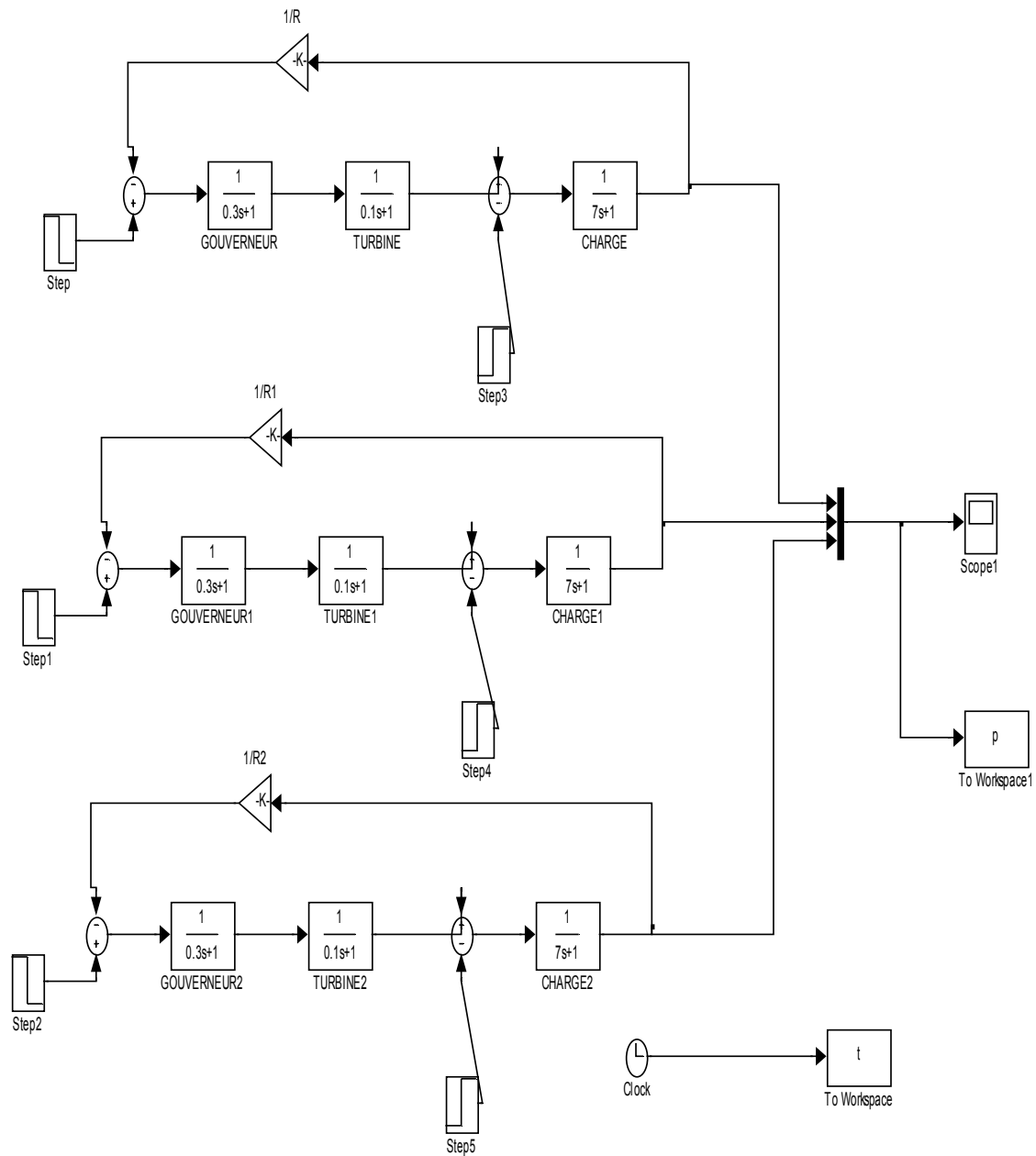


Figure (III-5) : Réponse de variation de ω pour R variable

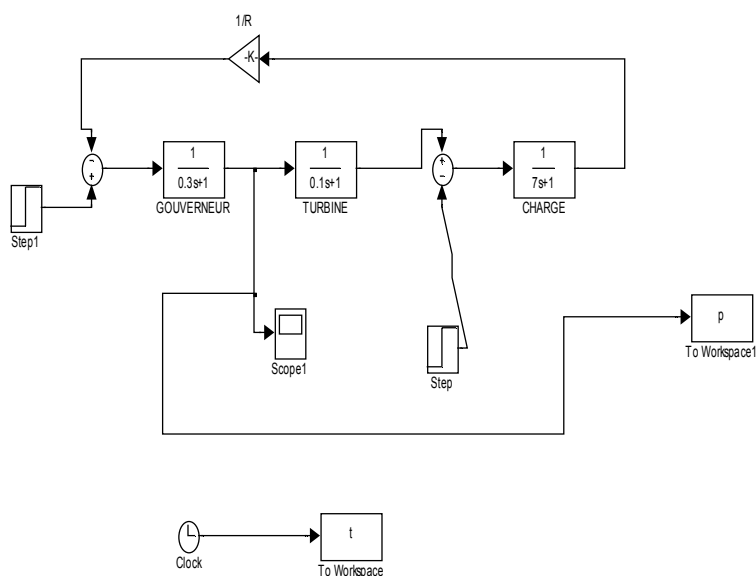


Figure (III-6) : Réponse de variation de ΔP_{valve}

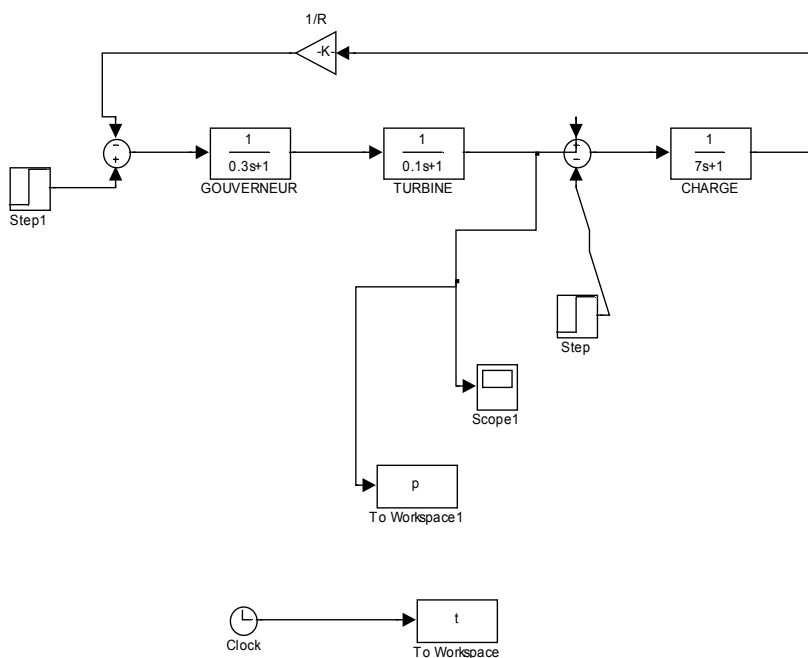


Figure (III-7) : Réponse de variation ΔP_{mec}

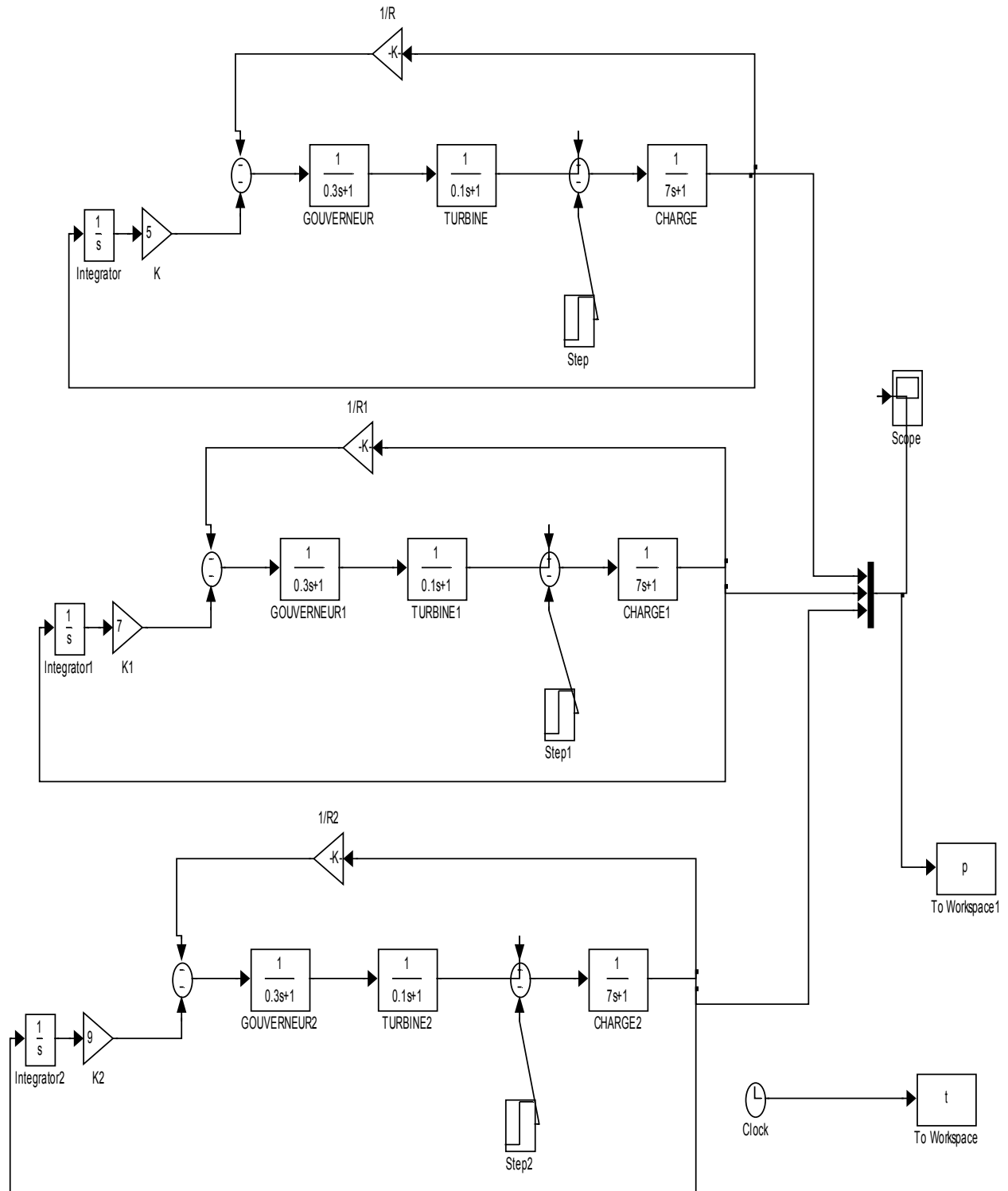


Figure (III- 9): Réponse de variation de ω pour K variable