



Etude de la stabilité dynamique du réseau ouest algérien

A. Allali, M. Rahli

Faculté de Génie Electrique dépt. D'électrotechnique USTO B.P 1505 Oran El M'naouer, Algérie

L. Abdelmalek

Département D'électricité ENSET BP 1523 Oran El M'naouer, Algérie

M. Sebbani

Département De physique Université de Senia Oran

allali@univ-usto.dz

Résumé:

Dans le présent article, nous proposons l'étude de la stabilité dynamique du réseau ouest algérien par la méthode de Runge-Kuta. Le calcul de l'écoulement de des puissances par la méthode de Gauss Seidel est conçu premièrement pour obtenir un système des conditions prioritaires de distribution. Après ce calcul, l'analyse de la stabilité transitoire a été étudié à partir d'équations algébriques qui représentent le problème de la stabilité.

L'étude de la stabilité transitoire des réseaux électriques se fait en deux étapes (écoulement et stabilité) pour un réseau à n nœuds pour différents types de variantes liées aux temps de simulation, temps de défaut et à la position de défaut sur le réseau considéré.

Mots clés:

La stabilité dynamique des réseaux électriques, réseau ouest algérien, calcul de l'écoulement de puissances, temps de défaut, nœud de défaut, temps de simulation, établissement du régime permanent.

Abstract:

In this article, we propose the study of the dynamic stability of the Algerian western network by the method of Runge-Kuta. The basic of the load flow by the Gauss Seidel is conceived firstly to obtain a system of the priority conditions of distribution. After this calculation, the analysis of the transient stability was studied starting from algebraic equations which represent the problem of stability. The study of the transient stability of the electrical supply networks is done in two stages (load flow and stability) for a network with N nodes for various types of alternatives related to times of simulation, time of defect and with the position of defect on the network considered.

1 - Introduction :

L'étude de la stabilité transitoire donne des informations reliées à la capacité des systèmes d'énergie pour atteindre le synchronisme durant la majorité de la distribution. Le degré de stabilité des systèmes électro-énergétiques est un facteur très important dans l'exploitation des réseaux électriques. Beaucoup de systèmes physiques complexes sont définis par des équations différentielles. Nous avons déduit l'équation différentielle, sur laquelle se base l'étude de la stabilité transitoire des réseaux. La résolution de cette équation déterminée, qui est une équation différentielle du deuxième ordre est difficile à résoudre de point de vue analytique. Pour cela, on utilise des méthodes numériques dont on peut citer par exemple : pas à pas, Euler, Euler modifié, Runge-kutta, Adams, ...etc.

2 - Méthode de Runge-Kuta [1]

En appliquant cette méthode à un réseau multi machines dont tous les alternateurs sont représentés par leurs tensions internes et les réactances sont constantes, les évolutions des angles de déphasage et des vitesses angulaires peuvent être obtenue par la résolution de l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2 \delta_i}{dt^2} = \frac{\Pi f}{H_i} (P_{mi} - P_{ei}(\delta)) \quad (1)$$

$$\frac{d \delta_i}{dt} = \omega_i(t) - (P_{mi}(t) - P_{ei}(t)) \quad (1;2)$$

$$\frac{d w_i}{d t} = \frac{\Pi f}{H_i} (P_{mi}(t) - P_{ei}(t))$$

Cette méthode est basée sur la représentation de la solution recherchée par la série de Taylor avec le nombre de termes limites, ce qui veut dire que l'ordre d'approximation est limite. On va utiliser la méthode de Runge-kutta d'ordre 4 dont l'expression générale de la solution recherchée est donnée par la formule suivante :

$$Y_{i+1} = Y_i + \frac{1}{6}(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4) \quad (2)$$

Avec :

$$\begin{aligned} K_1 &= hf(X_i, y_i) \\ K_2 &= hf\left(X_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{K_1}{2}\right) \\ K_3 &= hf\left(X_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{K_2}{2}\right) \\ K_4 &= hf(X_i + h, y_i + K_3) \end{aligned} \quad (3)$$

Où h est le pas d'intégration.

Dans l'application de la méthode de Runge-kutta du quatrième ordre d'approximation, la variation des angles de déphasages et les vitesses angulaires des machines est donnée par la formule (4) :

$$\begin{cases} \delta_i(t + \Delta t) = \delta_i(t) + \frac{1}{6}[K_{1i} + 2K_{2i} + 2K_{3i} + K_{4i}] \\ w_i(t + \Delta t) = w_i(t) + \frac{1}{6}[L_{1i} + 2L_{2i} + 2L_{3i} + L_{4i}] \end{cases} \quad (4)$$

Avec $i=1 \div n$

Et la solution du système d'équation (1.2) est exprimée par les expressions suivantes :

Les valeurs k_{1i} et L_{1i} sont données par :

$$\begin{cases} K_{1i} = (w_i(t) - 2\Pi f)\Delta t \\ L_{1i} = \left(\frac{\Pi f}{H_i}(P_{mi} - P_{ei}(t))\right)\Delta t \end{cases} \quad (5)$$

$\omega_i(t)$ et $P_{ei}(t)$ représentent respectivement la vitesse et la puissance électrique de l'alternateur au temps t.

Les valeurs calculées k_{1i} et L_{1i} permettent de déterminer les nouvelles valeurs des f.e.m E_i par :

Les valeurs k_{2i} et L_{2i} sont :

$$\begin{cases} K_{2i} = \left(w_i(t) + \frac{L_{1i}}{2} - 2\Pi f\right)\Delta t \\ L_{2i} = \left(\frac{\Pi f}{H_i}(P_{mi} - P_{ei}^1(t))\right)\Delta t \end{cases} \quad (6)$$

P_{ei}^1 : puissance de l'alternateur quand l'angle vaut $\delta_i(t) + k_{1i}/2$

K_{2i} et L_{2i} nous permettent de déterminer les nouvelles valeurs des f.e.m qui sont représentées sous la forme suivante :

$$E_i^2 = |E_i| \angle \delta_i + \frac{K_{2i}}{2} \quad (7)$$

Les valeurs de K_{3i} et L_{3i} sont :

$$\begin{cases} K_{3i} = \left(w_i(t) + \frac{L_{2i}}{2} - 2\Pi f\right)\Delta t \\ L_{3i} = \left(\frac{\Pi f}{H_i}(P_{mi} - P_{ei}^2(t))\right)\Delta t \end{cases} \quad (8)$$

Avec P_{ei}^2 : puissance de l'alternateur quand l'angle vaut $\delta_i(t) + k_{2i}/2$

et :

$$E_i^3 = |E_i| \angle \delta_i + \frac{K_{3i}}{2} \quad (9)$$

Avec P_{ei}^3 : puissance de l'alternateur quand l'angle vaut $\delta_i(t) + k_{3i}$

Les valeurs de K_{4i} et L_{4i} sont données par :

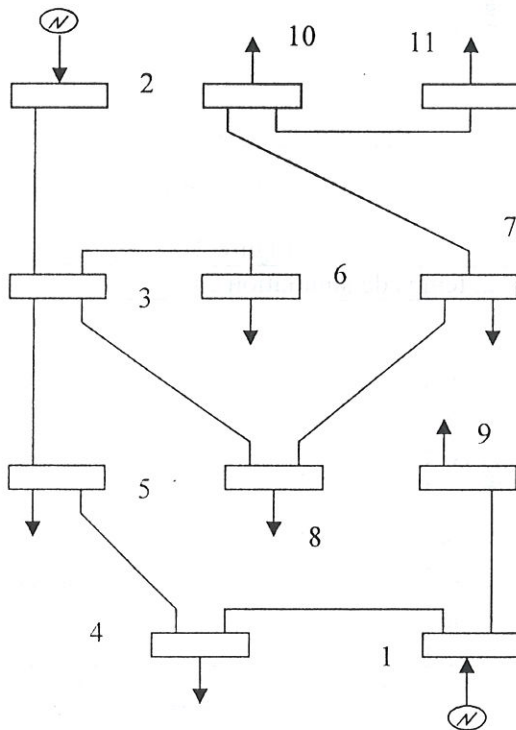
$$\begin{cases} K_{4i} = (w_i(t) + L_{3i} - 2\Pi f)\Delta t \\ L_{4i} = \left(\frac{\Pi f}{H_i}(P_{mi} - P_{ei}^3(t))\right)\Delta t \end{cases} \quad (10)$$

En remplaçant les valeurs des coefficients k_{ji} et j_i avec $j=1 \div 4$ dans l'équation (1.2), nous obtenons les valeurs finales des angles et des vitesses angulaires à l'instant $(t + \Delta t)$.

Etude de la stabilité dynamique du réseau ouest algérien.

3 - Application sur le réseau ouest algérien :

Soit le réseau ouest algérien se compose de 11 nœuds de comprenant deux de productions et 9 nœuds de consommation représenté par la figure suivante.



Les Caractéristiques du réseau considéré:

k-m	Z_{km}	$y_{sh_{km}}$
1-3	$0,00156+j0,07467$	$j0,00189$
2-4	$0,01692+j0,1806$	$j0,060780$
2-9	$0,02259+j0,1076$	$j0,081150$
3-5	$0,01829+j0,08711$	$j0,065700$
3-6	$0,00594+j0,02866$	$j0,023320$
3-8	$0,14840+j0,07069$	$j0,053320$
4-5	$0,01725+j0,06282$	$j0,045410$
6-7	$0,02880+j0,10207$	$j0,072780$
7-8	$0,01554+j0,07403$	$j0,055830$
7-10	$0,01405+j0,05182$	$j0,035590$
8-9	$0,01489+j0,07095$	$j0,053590$
10-11	$0,00865+j0,0289$	$j0,023040$

Tableau des valeurs planifiées des tensions et puissances:

N	Tension (p.u)	P_{Gi} (p.u)	Q_{Gi} (p.u)	P_{ci} (p.u)	Q_{ci} (p.u)
1	$1,06+j0,0$	0,0	0,0	0,0	0,0

2	$1,0+j0,0$	2,2832	0,3305	0,0	0,0
3	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,661	0,46
4	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,39	0,20
5	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,23	0,14
6	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,60	0,56
7	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,35	0,25
8	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,44	0,28
9	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,30	0,20
10	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	0,25	0,15
11	$1,0+j0,0$	0,0	0,0	1,1	0,50

Paramètres des alternateurs:

N	H	X_d	Y_d
1	5,82296	0,12448	8,033419
2	3,5774	0,2736	3,654970

H : Constante d'inertie

X_d : Reactance de l'alternateur

$Y_d = 1/X_d$

Avec : la tension de base,

$E_b = 220$ kV

La puissance apparente de base,

$S_b = 100$ MVA

III.1 - Résultats et analyse des simulations:

Nous avons simulé plusieurs cas de défaut sur différents nœuds avec des temps de défaut différents. On a constaté que le système perd sa stabilité dynamique à partir d'un certain seuil du temps de défaut et aussi du type du nœud considéré. Dans cette étude, on a présenté essentiellement le model mathématique de la stabilité dynamique des réseaux électriques de transport d'énergie par la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4. Nous avons présenté un travail qui consiste à l'application de la méthode de Gauss Seidel pour résoudre le problème de l'écoulement de puissance. Les résultats obtenus ont été appliqués pour l'étude de la stabilité transitoire des réseaux électriques. Dans le cas du défaut triphasé, les résultats obtenus ont montré les variations de l'angle δ et la vitesse angulaire ω correspondant à chaque centrale. Afin de connaître le comportement des générateurs des réseaux considérés, et pour un défaut triphasé égal à 0.1 seconde, l'allure montre que le système est stable. Par contre, pour un temps de défaut supérieur à 0.1 seconde, l'allure montre que le système est instable. D'autre part, nous avons simulé plusieurs cas de défaut sur différents nœuds (nœuds

que le système garde sa stabilité.

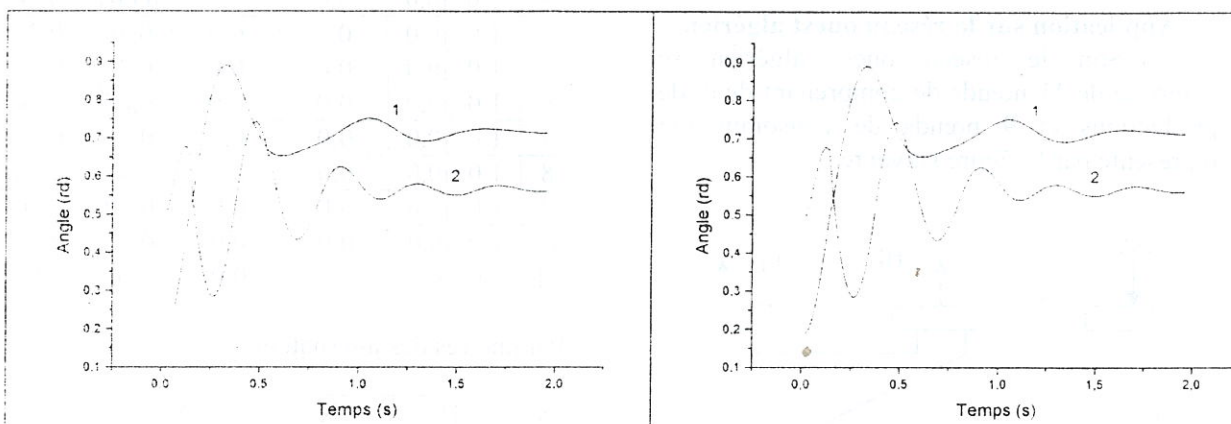


Figure 1

Figure 2

Temps défaut 0.1s ; nœud de défaut 2, temps de simulation 2s

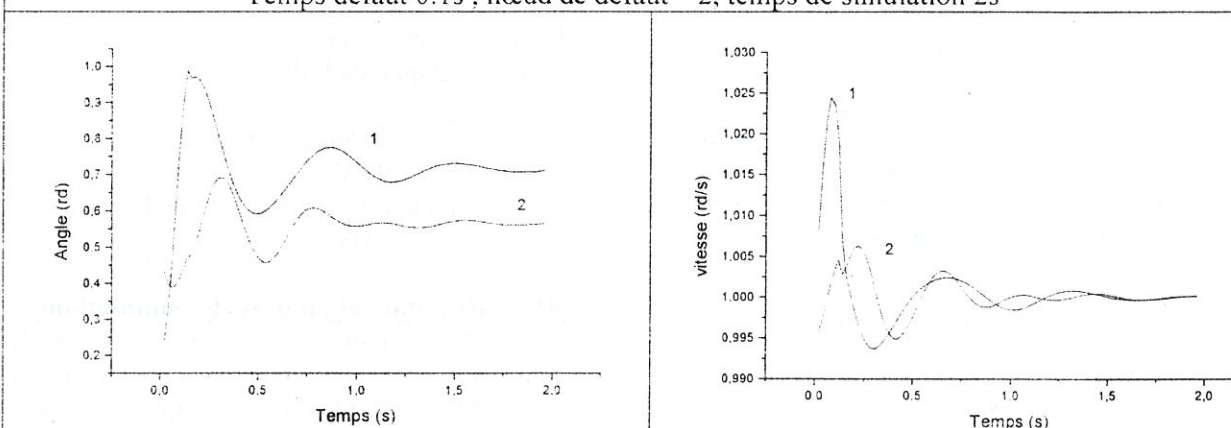


Figure 3

Figure 4

Temps défaut 0.1s ; nœud de défaut 2, temps de simulation 1s

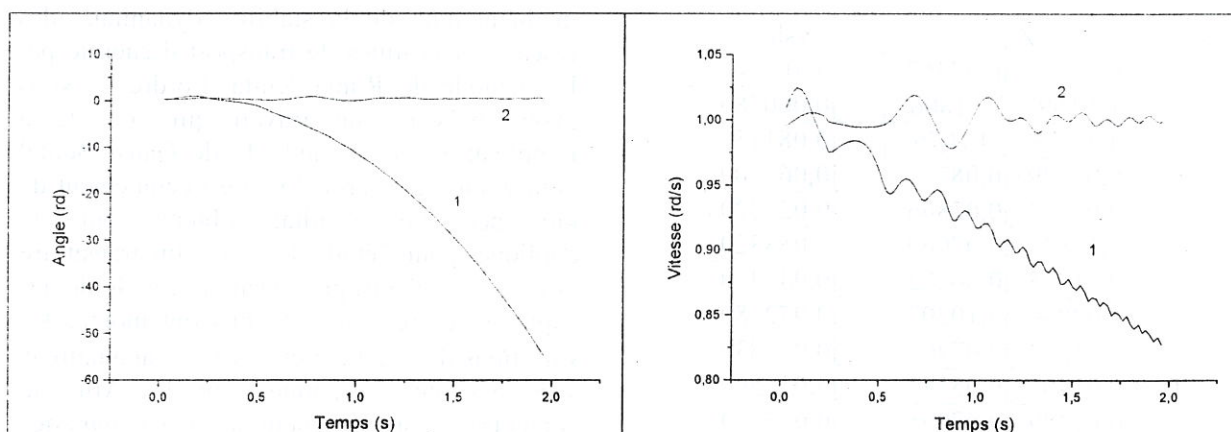


Figure 5

Figure 6

Temps défaut 0.2s ; nœud de défaut 2, temps de simulation 1s

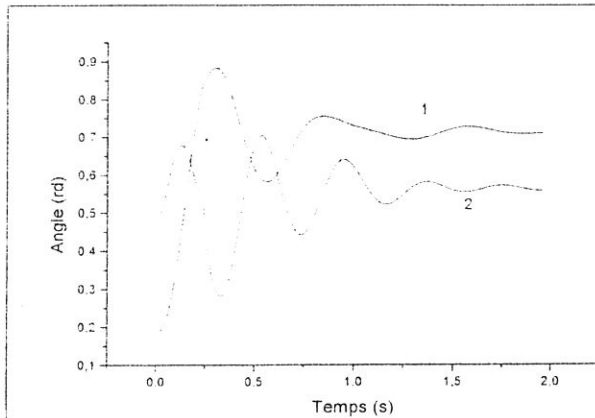


Figure 7

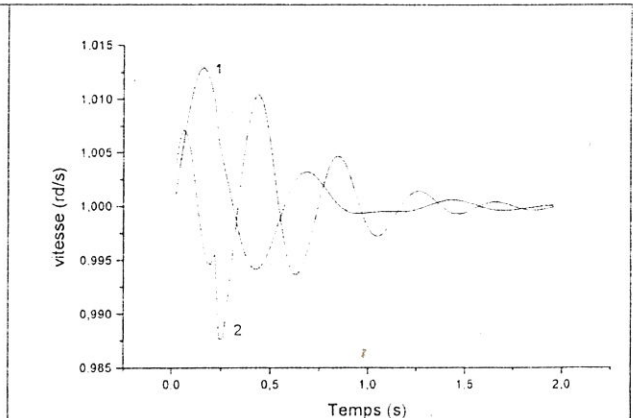


Figure 8

Temps défaut 0.2s ; nœud de défaut 2, temps de simulation 2s

Conclusion :

En analysant les réponses graphiques de la variation des angles de déphasage et les vitesses angulaires pour les différents cas de défaut, on a remarqué que si le défaut simulé se situe au niveau d'un nœud consommateur, ceci n'affecte en rien sur la stabilité du réseau; par contre; si le défaut est simulé au niveau d'un nœud producteur, la stabilité du réseau dépend de deux paramètres:

- Le premier étant le temps de défaut dont on a constaté que pour une certaine valeurs, le réseau garde sa stabilité, mais à partir d'un certain seuil, le réseau devient instable.
- Le deuxième étant la robustesse du nœud producteur en défaut.

Bibliographie:

- [1] G. STAG and A. ELABIAD « Computer method's in power analysis » International Student Edition MC GRAW HILL BOCK NEW YORK 1968
- [2] PISCONOV « Calcul différentielle et intégral » Edition MIR MOSCOU
- [3] P.M. ANDERSON « Power System Control and Stability » IOWA State University Press IOWA 1997
- [4] L. ZRACZ B BOUKAY « Power System Stability » ELSEVIER Edition 1998
- [5] CHARLES A. GROSS « Power System Stability » John Wiley R. Sons New York 1979.
- [6] L. P. Singh "Advanced power system analysis and dynamic" Wiley eastern limited, 1986

[7] O. I. El Gerd "Electrical energy systems theory"

Mc Graw Hill Company 1971.