

**DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT**

**(Arrêté du 25 mai 2016)**

Date de la soutenance : **30 novembre 2018**

Nom de famille et prénom de l’auteur : **GIBERT Pierre-Marie**

Titre de la thèse : « Utilisation de prédicteurs sinusoïdaux pour la simulation temporelle de systèmes électriques en courant alternatif / Use of sinusoidal predictors for time domain simulation of AC power systems ».



**Résumé**

Simuler temporellement les réseaux électriques modernes requiert d’importants moyens de calcul de par la dimension et la raideur des systèmes différentiels algébriques résultants. De plus, la fréquence d’oscillation de certains signaux simulés contraint fortement le pas d’intégration des schémas classiques, y compris en régime établi où ils sont proches de sinusoïdes oscillant à la fréquence nominale du système. L’objectif de la méthode des prédicteurs sinusoïdaux proposée dans cette thèse est donc de tirer parti de cette propriété afin d'améliorer les performances du solveur tout en contrôlant l’erreur de calcul. Elle consiste à décomposer la solution en deux parties : une sinusoïde, dont les coefficients de Fourier sont fixés pour chaque intervalle d’intégration puis mis à jour par estimation paramétrique, et un terme de correction sur lequel le système d’EDA est reformulé et résolu à l’aide d’un schéma d’intégration à pas adaptatif. Une attention particulière a été portée au choix de l’estimateur paramétrique, ce dernier ayant un impact direct sur le pas d'intégration de par sa précision et indirect de par son effet sur la stabilité globale de la méthode. L’estimateur finalement développé consiste à calculer les coefficients de Fourier qui minimisent une mesure de la stationnarité du système. Ce dernier étant convergent en régime permanent, le terme de correction est progressivement amorti, permettant ainsi d’accroître considérablement le pas d’intégration. Cette méthode, intégrée au sein du solveur SUNDIALS IDA puis interfacée avec un moteur de calcul industriel, permet d’accélérer très nettement les simulations en comparaison avec une implémentation classique.

**Mots-clés :** simulation temporelle de systèmes électriques, schéma d’intégration à pas adaptatif, estimation paramétrique, stabilité numérique

**Abstract**

Modern power systems time-domain simulations require important computational resources due to the resulting differential algebraic systems dimension and stiffness. In addition, some simulated signals oscillation frequency dramatically limits the classical schemes step size, even in steady-state during which they are close to sinusoids oscillating at system nominal frequency. That’s why the sinusoidal predictors method proposed in this thesis aims at taking this property into account in order to enhance solver performances while controlling the integration error. It consists in decomposing the solution into two parts: a sinusoid, whose Fourier coefficients are fixed for each time integration interval and then updated by parametric estimation, and a correction term on which the DAE system is rewritten and solved using an adaptive step size integration scheme. A particular focus has been given on the estimator choice, given its precision direct impact on the step size and its indirect effect on the global method stability. The finally developed estimator consists in computing Fourier coefficients minimizing a system stationarity measurement. As it converges in steady-state, the correction term is progressively damped, which enables to considerably increase the step size. This method, integrated into the reference solver SUNDIALS IDA and interfaced with an industrial simulation engine, enables to very significantly accelerate simulations in comparison with a classical implementation.

**Keywords:** power systems time-domain simulation, adaptive step size integration scheme, parametric estimator, numerical stability