
Abstract

The multibody system transfer matrix method is a rather novel modeling method developed over recent 28 years. It has gained great attention and been used widely to solve about 150 kinds of various engineering problems with some advantages over classical dynamics methods, such as low matrix order independent of degree-of-freedom, high computational speed, and high programmability. To further improve the multibody system transfer matrix method w.r.t. these features is one of the main research contents of the national key project of the Chinese government.

In the thesis, several forms of transfer equations and transfer matrices of a multi-input rigid body, a multi-hinge subsystem, subsystems composed of both, and various hinges are deduced for the newest version of the multibody system transfer matrix method using different strategies. Based on the results, four automatic deduction principles of the overall transfer equation are stated, enriching the multibody system transfer matrix method and its transfer matrix library.

Especially a reduced transfer matrix method based on Riccati relations is deduced using both ordinary element transfer matrices and decoupled hinge equations for chain, closed-loop, tree and general systems, respectively. The boundary conditions of the system are always strictly satisfied during the entire computational process. As a result, the truncation and accumulation errors are reduced and the computational stability is improved compared with the classical version of multibody system transfer matrix method, while computational speed is the same as for the new version of the multibody system transfer matrix method.

A tracked vehicle is taken as an engineering application example. The automatic deduction of its overall reduced transfer equation is realized by using the above principles. Its driving dynamics model, equations and simulation are established systematically to achieve a simulation with high speed, which may be used to design the driving dynamics of the system. The results obtained by simulation are in good agreement with those of practical experiments for a real tracked vehicle.

Key words: transfer matrix method, multibody system dynamics, transfer matrix, transfer equation, automatic deduction principle, chain system, closed-loop system, tree system, general system, reduced transfer matrix method, decoupled hinge equation, tracked vehicle dynamics

Zusammenfassung

Die Methode der Übertragungsmatrizen für Mehrkörpersysteme ist eine relativ neue Methode, die in den letzten 28 Jahren entwickelt wurde. Aufgrund einiger Vorteile gegenüber klassischen dynamischen Methoden, wie zum Beispiel vom Freiheitsgrad unabhängige Systemmatrizen niedriger Ordnung, hohe Rechengeschwindigkeit und gute Programmierbarkeit, hat sie große Aufmerksamkeit erlangt. Besonders in der VR China ist sie relativ weit verbreitet und wurde verwendet, um etwa 150 Arten von verschiedenen technischen Problemen zu lösen. Die weitere Entwicklung der Methode der Übertragungsmatrizen ist einer der Hauptforschungsschwerpunkte des nationalen Leitprojekts der chinesischen Regierung.

In der Dissertaion werden allgemeine Formen der Übertragungsgleichungen und -matrizen für starre Körper mit mehreren Eingängen, Subsysteme aus mehreren Bindungen sowie deren Kombinationen für die neueste Version der Methode der Übertragungsmatrizen unter Verwendung verschiedener Strategien hergeleitet. Basierend auf diesen Ergebnissen werden vier automatische Deduktionsprinzipien formuliert, die das Verfahren der Übertragungsmatrizen und die Bibliothek der Übertragungsmatrizen bereichern und verbessern.

Desweiteren wird die Methode der Riccati-reduzierten Übertragungsmatrizen unter Verwendung der gewöhnlichen Elementübertragungsmatrizen sowie unter Verwendung entkoppelter Bindungsgleichungen für Ketten-, Baum-, Schleifen- und allgemeine System-Strukturen hergeleitet. Die Randbedingungen des betrachteten Systems werden dabei während des gesamten Berechnungsprozesses strikt eingehalten. Als Ergebnis werden, wie durch Rechenbeispiele gezeigt, die Rundungs- und Akkumulationsfehler der neuen Version des Übertragungsmatrizenverfahrens reduziert und die Rechenstabilität gegenüber klassischen Versionen verbessert, wobei die Rechengeschwindigkeit der neuen Version der Methode der Übertragungsmatrizen erhalten bleibt.

Als ein technisches Anwendungsbeispiel wird ein Kettenfahrzeug mit der dargestellten Methode untersucht. Die Ableitung der Gesamt-Übertragungsgleichungen erfolgt unter Verwendung der vorgestellten automatischen Deduktionsprinzipien. Das Fahrdynamikmodell und die mathematischen Gleichungen werden systematisch erstellt und die Simulationen effizient durchgeführt, um beispielsweise die Fahrdynamik des Systems ausgelegt zu können. Die Simulationsergebnisse mit Übertragungsmatrizen stimmen mit den Messergebnissen aus praktischen Versuchen für das reale Kettenfahrzeug gut überein.

Stichwort: Übertragungsmatrizenverfahren, Mehrkörpersystemdynamik, Übertragungsmatrix, Übertragungsgleichung, automatische Deduktionsprinzipie, Ketten-, Baum-, Schleifen- und allgemeine Systemtopologie, reduziertes Übertragungsmatrizenverfahren, entkoppelte Bindungsgleichungen, Kettenfahrzeugdynamik