Wanneer is multi-body-modellering zinvol om een machineontwerp te verbeteren?

03 juli 2015, 02:00

Jean-François Delaigle

In het kader van het EcoMechatronica-traject is een methode ontwikkeld om binnen beperkte tijd een bruikbaar multi-body-model op te bouwen. Centraal hierbij is dat het model hand in hand opgebouwd wordt met gerichte experimenten op een bestaande machine. De effectiviteit van deze methode werd aangetoond door toepassing op het ontwerp van een ophanging voor een industriële wasmachine van Alliance.

Multi-body-modellering bestaat al enkele decennia, maar wordt veel minder toegepast in de industrie dan bijvoorbeeld eindige-elementen-modellering. Typisch stelt een multi-body-model een machine voor als een systeem van starre lichamen (inerties) die verbonden zijn met discrete componenten (veren, dempers, geleidingen,…). Algemeen beschrijft een multi-body-model de realiteit dus met een hoge graad van abstractie. Hiervoor zijn een groot aantal vereenvoudigingen nodig die weloverwogen gemaakt moeten worden. Daarom is de instapdrempel voor een multi-body-model op systeemniveau doorgaans groter dan voor een eindige-elementenanalyse op componentniveau om tot een eerste bruikbaar resultaat te komen.

De case study besproken in dit artikel toont aan dat met gerichte, maar beperkte inspanningen het mogelijk is nuttige inzichten te verwerven in de werking van een industriële machine en verbeteringen te definiëren.

Case van industriële wasmachine

Onderstaande figuur toont de ophanging van een industriële wasmachine, bestaande uit een relatief soepel-veer-dempersysteem. De ontwerpcriteria voor een goede ophanging zijn:

1. De uitwijkingen van de trommel worden voldoende beperkt. Op die manier volstaat een compactere behuizing en is de nodige inbouwruimte voor een wasmachine in een wassalon kleiner.
2. De dynamische reactiekrachten naar de grond zijn zo klein mogelijk, zodat de wasmachine ter plaatse blijft tijdens werking.
3. De resonanties van de trommel op de ophanging liggen voldoende ver verwijderd van de stationaire toerentallen tijdens de wascyclus en tijdens het zwieren

Aan deze criteria moet voldaan zijn voor verschillende mogelijke beladingen van de trommel.



Ophanging en trommel van een industriële wasmachine van Alliance tijdens experimenten

Aanpak modellering

Multi-body-modellering is geschikt voor het verbeteren van het trillingsgedrag van de ophanging van een wasmachine omdat:

- het toelaat bewegingen en krachten in de ruimte, die in de praktijk moeilijk op te meten zijn, te berekenen. Bij multi-body-modellering worden complexere fysische fenomenen zoals centrifugaaleffecten en gyrospcopische effecten intrinsiek meegenomen.
- de relatieve beweging van de trommel ten opzichte van de ophanging kan gesimuleerd worden zoals in realiteit (in tegenstelling tot eindige elementen modellering die typisch geen relatieve bewegingen toelaat).
- de dempers en veren kunnen eenvoudig gemodelleerd worden als discrete componenten,
- de verschillende onderdelen kunnen eenvoudig ingegeven worden als starre lichamen met bijhorende massa en traagheidsmomenten.

In realiteit zijn de structuren geen starre lichamen, maar zijn ze flexibel en treden er resonanties op. Experimenteel werd geverifieerd dat deze structurele resonanties voor het ontwerp van de ophanging van secundair belang zijn. Voor deze case study is het dus niet nodig om de componenten flexibel te modelleren, zoals met een eindige-elementenpakket.

Onderstaande figuur toont het multi-body-model van de wasmachine:



De volgende figuur (bovenaan) toont de verplaatsing van enkele hoekpunten op basis van de gemeten accelerations op deze punten in drie richtingen. Bij deze meting werd het toerental van de wasmachine met onbalans traag opgedreven, enkele seconden op constant toerental gehouden en daarna werd het toerental even traag afgebouwd. De figuur onderaan toont de overeenkomstig gesimuleerde verplaatsingen. Een vergelijking tussen metingen en simulaties toont dat het model het dominante gedrag goed beschrijft en kan gebruikt worden om het effect van aanpassingen aan de ophanging te voorspellen.





Metingen en simulaties van de verplaatsing van de trommel

Resultaten

De laatste figuur toont een overzicht van de gesimuleerde verplaatsingen en krachten voor 12 varianten. Eens het model opgebouwd is, is het eenvoudig om het effect van een groot aantal ontwerpaanpassingen te simuleren. Voor deze varianten werden een aantal parameters significant gevarieerd: verdubbeling van stijfheid en demping, aanpassing locaties en oriëntatie van dempers, ... De laatste variant ('var12') toont dat een optimalere ophanging zowel de verplaatsingen vermindert (-40 procent) als de krachten (-10 procent) ten opzichte van de originele ophanging ('default'). Een verbetering was mogelijk door een betere keuze van de waarden van de veren en de dempers. De voornaamste verbetering werd gerealiseerd door een betere locatie en oriëntatie.

Het ontwerp van de ophanging werd aangepast op basis van de laatste variant ('var12'). Metingen uitgevoerd door Alliance toonden dat er ook in realiteit een aanzienlijke vermindering van de uitwijking gerealiseerd kon worden in combinatie met een vermindering van de reactiekrachten.



Overzicht van gesimuleerde verplaatsingen en krachten van verschillende varianten

Conclusie

De voornaamste reden waarom multi-body-simulatietools niet vaak gebruikt worden in de industrie is niet zozeer de kost van een pakket, maar eerder dat de ervaring nog vaak ontbreekt om deze tools in te zetten voor een bruikbaar resultaat. Het EcoMechatronics-projectteam heeft een systematische pragmatische aanpak ontwikkeld om tot bruikbare simulatieresultaten te komen die zowel grote als kleine bedrijven toelaat met behulp van multi-body-modellering het machineontwerp daadwerkelijk te verbeteren. Gerichte experimenten op de machine staan hierbij centraal.

In volgend filmpje wordt de aanpak om een multi-body-model op te bouwen op een experimentele setup vereenvoudigd weergegeven: https://www.youtube.com/watch?v=_YeNz6KTnAI

Meer weten over het Ecomechatronics-project? Op de website vindt u alle informatie en andere cases!

Auteurs



Jean-François Delaigle