

Samenvatting

Eén van de ontwerpaspecten van moderne railvoertuigen is het verzekeren van een goed rijcomfort. Dit betekent het verminderen van trillingsamplitudes van de carrosserie. Een nieuwe methode voor het verminderen van trillingen is het gebruiken van een actief controle systeem om de elastische trillingen van de carrosserie van het railvoertuig af te zwakken.

Trillingen ontstaan wanneer een systeem uit zijn evenwichtspositie wordt gehaald. Het systeem heeft dan de neiging terug te keren in zijn evenwichtspositie door toedoen van herstelkrachten (zoals elastische krachten voor een massa aan een veer of de zwaartekracht van een slingersysteem). Het systeem blijft heen en weer bewegen rond zijn evenwichtspositie.

Mechanische resonantie treedt op wanneer een mechanisch systeem de neiging heeft om meer energie vast te houden wanneer de frequentie van de trilling van externe verstoringen gelijk is aan de natuurlijke frequentie van het systeem dan bij andere frequenties. Het voorkomen van resonantie is een van de hoofdzorgen in het ontwerpen van gebouwen, torens en bruggen.

Een systeem dat trillingen dempt of controleert wordt actief genoemd wanneer extern vermogen gebruikt wordt om zijn functie uit te voeren. Actief dempen van trillingen wordt gebruikt om de gevolgen van trillingen in het systeem te verminderen of te verwijderen; Vermoeiing of slijtage, stabiliteit of ongecontroleerd gedrag.

Het doel van dit rapport is het vinden van mogelijk onderzoek naar het toepassen van actief dempen van trillingen in logistieke transportsystemen; kraansystemen, axiaal bewegende continua, railvoertuigsystemen en windturbines.

Er zijn 2 totaal verschillende benaderingen voor het wegnemen van excitaties; feedback en feedforward controle. Feedback controle is een systeem dat reageert op veranderingen in het proces en dan bepaalt welke actie ondernomen moet worden en dit dan terugkoppelt aan de invoer. Feedforward controle is een systeem dat reageert op veranderingen in een proces met een van tevoren bepaalde actie. Feedbackcontrolesystemen maken gebruik van actuatoren, regelaars en sensoren. In feedforwardcontrolesystemen komen sensoren en/of vervormers voor.

Het wereldwijde gebruik van kranen gekoppeld aan de noodzaak om ongewenste trillingen te controleren heeft geleid tot menig onderzoek naar controle voor deze constructies. Ingenieurs hebben gezocht naar verbetering van gebruiksgemak, verhoging van de operationele efficiëntie en vermindering van de veiligheid belangen door het aanpakken van de drie hoofdaspecten van een kraansysteem die gecontroleerd moeten worden; positioneringvermogen, beweginggeïnduceerde en verstoringengeïnduceerde trillingen.

Alle onderzoeken van trillingen van axiaal bewegende continua zijn gebaseerd op de bepalende bewegingsvergelijking. De snaarvergelijking wordt traditioneel gebruikt als een vereenvoudigd model om axiaal bewegende systemen te beschrijven. Tegenwoordig wordt het Euler-Bernoulli balkmodel vaak gebruikt, omdat deze de niet te verwaarlozen buigstijfheid van het materiaal in de berekening meeneemt.

Railtransportsystemen zijn systemen die gebruikt worden bij het vervoeren van personen en goederen per trein, tram of metro. Tijdens het transport is het van belang dat de passagiers/vrachten comfortabel en veilig vervoerd worden. Om de prestatie van het transportmiddel te vergroten wordt

de snelheid verhoogd met korte reistijd als resultaat. Het nadeel van hogere snelheid is bijvoorbeeld dat de variatie in kracht van contact tussen pantograaf en hoogspanningskabel ook toeneemt met slijtage als resultaat.

Een windturbine bestaat uit een aantal met elkaar verbonden mechanische elementen. De voornaamste componenten zijn de turbinebladen, naaf, aandrijving, generator, nacelle en de toren. De aerodynamische krachten op de rotor hebben niet alleen invloed op de productie van elektrische energie, maar zorgen ook voor belastingen op de rotor. Doordat de componenten min of meer flexibel zijn, zorgen deze belastingen voor bewegingen. Bovendien zijn de bewegingen van alle losse elementen dynamisch gekoppeld.

Feedbackcontrole kan wel trillingen veroorzaakt door externe verstoringen zoals wind of regen controleren dit in tegenstelling tot feedforwardcontrole. Het voordeel van een feedforwardstelsel is dat het geen gebruik maakt van vertragingsonderdelen als regelaars en actuatoren. Feedforward controle kan gebruikt worden bij grotere bandbreedtes.

Bij kraansystemen wordt al veel actief dempen toegepast om het slingeren van de last tegen te gaan. De onderzoeken hebben allemaal het verkleinen van de zwaaihoek van de kabel waar de last aanhangt als resultaat. onderzoeken gaan uit van een vereenvoudigd model met een starlichaam als kraanconstructie. Dit is in werkelijkheid niet het geval, hier kan naar gekeken worden.

De afgelopen jaren is er veel onderzoek geweest naar de studie van trillingen in axiaal bewegende continua met grenswaarden. Deze systemen zijn nog niet uitvoerig bestudeerd. Actieve controle is voornamelijk toegepast op axiaal bewegende snaren. Er zijn wel resultaten met betrekking tot bewegende balken maar deze zijn niet uitvoerig bestudeerd. Ook kan er meer studie gedaan worden naar het actief dempen van een snaar-balk-overgangsmodel.

Veel onderzoek is er gedaan naar de interactie tussen hoogspanningskabel en pantograaf met het actief dempen van de pantograaf als resultaat. Onderzoek naar het toepassen van actief dempen van een hoogspanningskabel voor een railsysteem is mogelijk door gebruik te maken van actieve controle van snaarsystemen. Onderzoeken naar actief controleren van carrosseriesystemen is gedaan om het rijcomfort te verbeteren en vermoeiing in de constructie tegen te gaan. Trillingen veroorzaakt door rijdende treinen in de rails, bodem of in tunnelconstructie worden niet actief gedempt. Het toepassen van actief dempen voor tunnelconstructie is een mogelijk onderzoeksgebied.

Veel onderzoek is er al gedaan naar het verminderen van trillingen bij windturbines en de potentie van belastingvermindering door verschillende benaderingen. De volgende stap is onderzoek naar actieve controle bij prototypes op ware grootte.