

University of Groningen

Condition-based maintenance for complex systems

Olde Keizer, Minou Catharina Anselma

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2016

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Olde Keizer, M. C. A. (2016). *Condition-based maintenance for complex systems: coordinating maintenance and logistics planning for the process industries*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen, SOM research school.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Conditiegestuurd onderhoud voor complexe systemen

GECOÖRDINEERDE PLANNING VAN ONDERHOUD EN LOGISTIEK VOOR DE
PROCESINDUSTRIE

Onderhoudsplanning in de procesindustrie is uiterst complex om verscheidene redenen. Van installaties wordt verwacht dat ze een continue hoge output leveren, wat over het algemeen wordt bereikt door de installatie non-stop te laten draaien. Er is beperkte tijd beschikbaar voor het uitvoeren van preventief onderhoud, terwijl storingen voorkomen moeten worden omdat deze kunnen leiden tot stilstand en hoge inkomstenverliezen. Correctieve onderhoudsstrategieën, zoals storingsgestuurd onderhoud (failure-based maintenance), zijn dus niet geschikt. Bovendien zijn preventieve onderhoudsstrategieën, zoals leeftijdsgestuurd onderhoud (age-based maintenance) of periodieke vernieuwingen (block replacement), over het algemeen te conservatief, door onderhoud vaker te plannen dan strikt noodzakelijk is. Conditiegestuurd onderhoud (condition-based maintenance, CBM) biedt daarom veel potentieel, omdat het de onderhoudsbeslissingen op de huidige staat van het systeem baseert.

CBM kan succesvol worden geïmplementeerd middels een slijtagdrempel voor systemen bestaande uit één component. Preventief onderhoud wordt dan uitgevoerd zodra de slijtagewaarde (conditie) deze drempelwaarde bereikt. In de procesindustrie omvatten systemen over het algemeen echter meerdere componenten, die onderling op verscheidene manieren afhankelijk kunnen zijn. In dergelijke gevallen leidt de optimale onderhoudsstrategie voor één component niet altijd tot een (vrijwel) optimale oplossing voor het complete systeem.

Aangezien onderzoek zich in toenemende mate richt op complexere systemen die beter aansluiten bij de praktijk, constateerden we dat de bestaande classificaties van typen afhankelijkheden (structureel, stochastisch en economisch) niet langer toereikend zijn. We stelden daarom een completere classificatie voor in dit proefschrift, waarin we de definitie van structurele afhankelijkheid uitbreidden met de gevallen waarin de prestatie van het systeem afhangt van de systeemstructuur (zoals serie of parallel). Bovendien voegden we afhankelijkheid

van hulpbronnen (resource afhankelijkheid) toe als het geval waarin meerdere componenten bijvoorbeeld een set van gereedschappen of reserveonderdelen delen, of waarbij het onderhoud op meerdere componenten wordt gedaan door hetzelfde onderhoudspersoneel. Op basis van deze nieuwe indeling hebben we de vooruitgang die is geboekt met betrekking tot CBM onderzocht. Onze aandacht ging hierbij uit naar de effecten van verschillende typen afhankelijkheden op de structuur van de optimale CBM strategie, waarbij we huidige hiaten in de literatuur benadrukten die de basis voor dit proefschrift vormden.

We richtten ons op het verkrijgen van inzichten in de structuur van de optimale CBM strategie voor systemen met verschillende typen afhankelijkheden, en in het bijzonder op beslissingen zoals wanneer te inspecteren, wanneer te onderhouden, wanneer een redundant component toe te voegen, en wanneer reserveonderdelen te bestellen. Voor systemen met economische afhankelijkheid en structurele afhankelijkheid (via een seriële of parallelle opstelling) bleek dat significante kostenbesparingen verkregen kunnen worden door een aperiodiek inspectieschema toe te passen. Hierbij worden inspecties vaker gepland naarmate het systeem verslechtert. Verder hebben we voor diverse complexe systemen aangetoond dat componenten niet noodzakelijk op hun individuele optimale onderhoudsmoment worden vervangen. Economische afhankelijkheid vormt een stimulans om onderhoudsactiviteiten te clusteren, wat bereikt kan worden door onderhoud te vervroegen of uit te stellen. Redundantie (i.e., structurele afhankelijkheid) staat zelfs toe dat onderhoud op gefaalde componenten uitgesteld wordt, zonder de beschikbaarheid van het systeem te beïnvloeden, om verdere clustermogelijkheden te realiseren. Een gedeelde belasting (load sharing, i.e., stochastische afhankelijkheid) kan echter reden zijn om correctief onderhoud zo spoedig mogelijk uit te voeren. De effecten van deze typen afhankelijkheden zijn dus sterk met elkaar verweven. Daarnaast bleek dat het toevoegen van een redundant component aan het systeem de onderhoudskosten doet toenemen, maar de kans op een systeemstoring reduceert. Load sharing vormt een extra stimulans om een redundant component toe te voegen. Tevens hebben we aangetoond dat resource afhankelijkheid (via een gedeelde set reserveonderdelen) de onderhoudsbeslissingen kan beïnvloeden. Een conditiegestuurde voorraadstrategie presteert aanzienlijk beter dan de veelgebruikte (s, S) strategie, doordat kosten bespaard kunnen worden door een bestelling voor reserveonderdelen uit te stellen zolang de componenten in goede staat zijn.

Onze belangrijkste bevinding is dat CBM planning verder reikt dan enkel het gebruik van conditie-informatie voor tijdige planning van onderhoud. Zo kunnen afhankelijkheden tussen componenten de (onderhouds)beslissingen op

systemniveau in sterke mate compliceren. Veel complexe systemen vereisen een op maat gemaakte dynamische CBM strategie, aangezien klassieke onderhoudsstrategieën of CBM via een drempelwaarde aanzienlijk duurder kunnen zijn. De verkregen inzichten in dit proefschrift vormen een belangrijke stap richting dergelijke toegespitste CBM strategieën.

