

CAD-SOFTWARE HELPT BIJ KEUZE ELEKTRISCHE AANDRIJVING

WORKFLOW VOOR AANDRIJFSELECTIE MET CAD

Het ontwerp van een machine gebeurt meestal in CAD-software. 73% van de KMO's geeft aan dergelijke software te gebruiken bij het ontwerpproces. Innovaties op het gebied van deze CAD-pakketten zorgen ervoor dat het ontwerpen van de elektrische aandrijvingen voor uw machines veel flexibeler en makkelijker kan gebeuren en dit ondanks een groeiende complexiteit van machines. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk uw machine en aandrijving lichter, energie-efficiënter en performanter te maken zonder al te veel te experimenteren met prototypes. In het TETRA-project AMoCAD wordt vanuit de theoretische kennis en praktijkervaring omtrent selectie van aandrijvingen een workflow ontwikkeld en dit met maximaal gebruik van CAD-software.

Heinz Vervaeke

ONTWERPKEUZES

Het ontwerp- en ontwikkelingsproces bij KMO's doorloopt de evidente stappen vanaf idee tot productieplanning. Het ultieme doel is een machine te ontwikkelen welke zijn functionaliteiten naar behoren uitvoert.

De aandrijving is essentieel om de vereisten te behalen. Vooral bij enkelstukmachines of kleine series is de benadering van het ontwerp rechttoe rechtaan en hebben de ontwerpkeuzes een significante impact op de finale kostprijs.

Gezien de groeiende complexiteit van de te ontwerpen machines, de steeds hogere performantie-eisen, ... is het niet evident om optimale componenten te selecteren zonder prototype. Alle ontwerpkeuzes (reductor, type motor...) hebben immers invloed op elkaar.

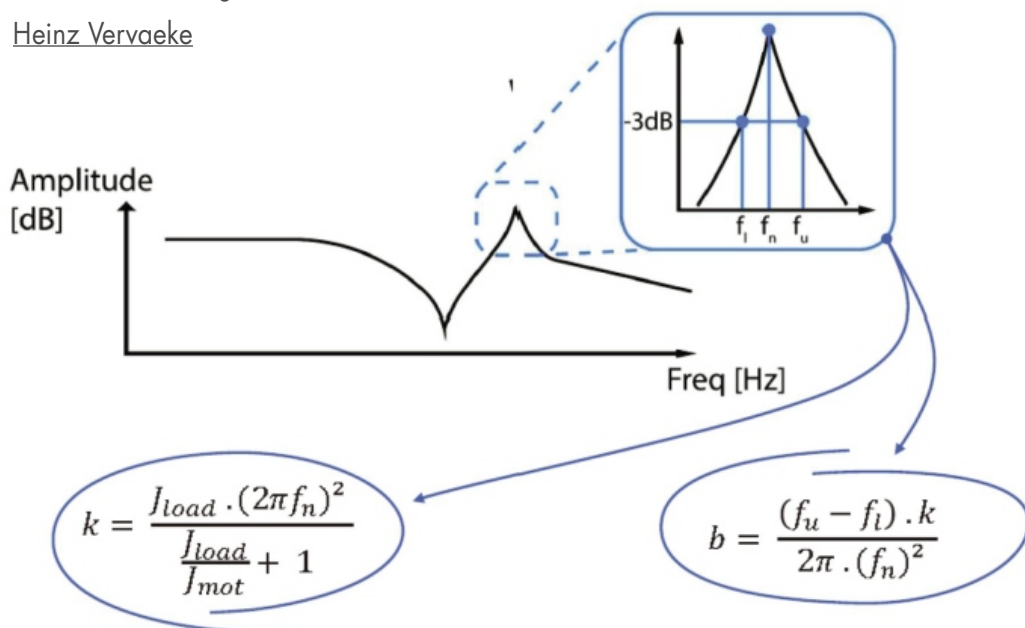
CAD EN DIGITAL TWIN

Alhoewel CAD-software al behoorlijk ingeburgerd is, wordt deze meestal alleen gebruikt om stuktekeningen te maken. Veelal worden voor het dimensioneren en selecteren van de aandrijving gebruik gemaakt van handboeken met vuistregels en basisrekenbladen, terwijl de componenten worden geselecteerd uit datasheets en online catalogi.

Het maken van ontwerpkeuzes wordt bovendien beïnvloed door factoren zoals tijdsdruk, materiaal/productiekost en engineeringkost.

Omwille van tijdsdruk en engineeringkost worden ontwerpen effectief geproduceerd om te testen of in een volgend model eventueel te optimaliseren. Indien het testen of optimaliseren reeds in een vroeger stadium in het ontwerpproces gebeurt kan op de ontwikkelingskosten (o.a. prototypes, materiaalkeuzes,...) heel wat worden gespaard en dit zonder aan kwaliteit in te boeten.

Het maken van een identiek virtueel model



Om een Bodediagram te bekomen en er mechanische eigenschappen uit te halen werden gedurende het project eenvoudige methodes uitgewerkt die snel nauwkeurig resultaat opleveren zonder diepgaande theoretische kennis

van de machine of de zogenaamde 'digital twin' is een methode die dit moet mogelijk maken. Overigens kunnen eventuele aandrijfproblemen - zoals vroegtijdig falen of breken van componenten - reeds in de ontwerffase worden aangepakt doordat de ontwerper meer inzichten in de werking krijgt.

TETRA-PROJECT AMOCAD

Naast het optimaal gebruiken van de CAD-functionaliteiten kunnen ook andere stappen in het ontwerpproces digitaal worden ondersteund. Tijdens het project is een workflow ontwikkeld voor het virtueel ontwerpen van een mechatronisch systeem. Voor elke belangrijke stap - die aangeduid werd met een letter in het overzicht - werden reken-tools, tips and tricks, demo's en (online)handleidingen ontwikkeld.

Optimalisatie machine-aandrijving

De workflow focust vooral op het optimaliseren van de machine-aandrijving en is ingedeeld in drie grote fasen:

- definiëren van het systeem,
- selecteren van de componenten en
- het instellen van de regelaar.

Elke fase kan apart worden geïmplementeerd in het bedrijf om op die manier een geleidelijke aanpassing van uw bedrijfsprocessen door te voeren. De workflow is gedetailleerd voor elektrische aandrijvingen maar is desondanks ook bruikbaar voor de ontwikkeling van pneumatische en hydraulische aandrijvingen.

CAD-MODEL WORDT DYNAMISCH

CAD-software wordt in de meeste gevallen enkel gebruikt om 2D-tekeningen en statische

Schema legenda

A	Traject
B	Metingen
C	Metingen
D	Dynamische simulaties
F	CAD-software
G	Trajecoptimalisatie
H	Type motor
I	Webtools
K	Feedforwardprincipe
L	Bodediagram
M	PID-cascaderegeling

sterkteberekeningen te genereren. Op vandaag zijn extra functionaliteiten beschikbaar in alle courante CAD-pakketten om dynamische simulaties uit te voeren [D]. Dit houdt in dat de interactie van bewegende delen zichtbaar wordt en ook botsingen worden gedetecteerd.

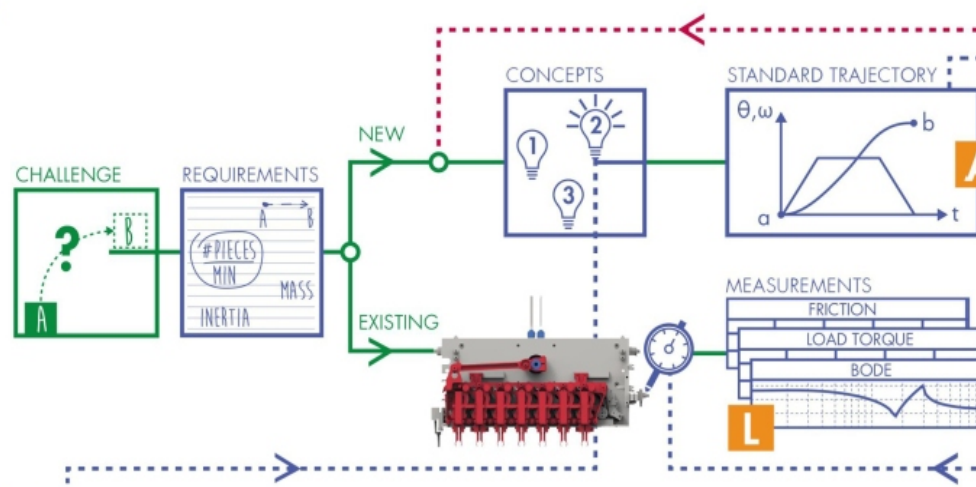
Verder is analyse van krachten en snelheden op elk ogenblik en op alle plaatsen mogelijk. Als input voor de bewegingssimulatie wordt bijvoorbeeld een traject [A] tussen twee posities vooropgesteld en geïmporteerd in de CAD-software. Het benodigde aandrijfkoppel en toerental hoeft dan niet langer via complexe analytische berekeningen of onnauwkeurige rekenbladen gegenereerd te worden maar kan onmiddellijk volgen uit de CAD-software [F]. Alle simulatieresultaten werden ook gevalideerd met analytische berekeningen en de metingen [C].

Om een correcte koppelhoerentalgrafiek te bekomen is een inzicht noodzakelijk in verschillende systeemeigenschappen [F] die het benodigde aandrijfkoppel bepalen zoals inertie, wrijving, flexibiliteit, demping... De meeste van deze parameters zijn echter uit de datasheets af te lezen.

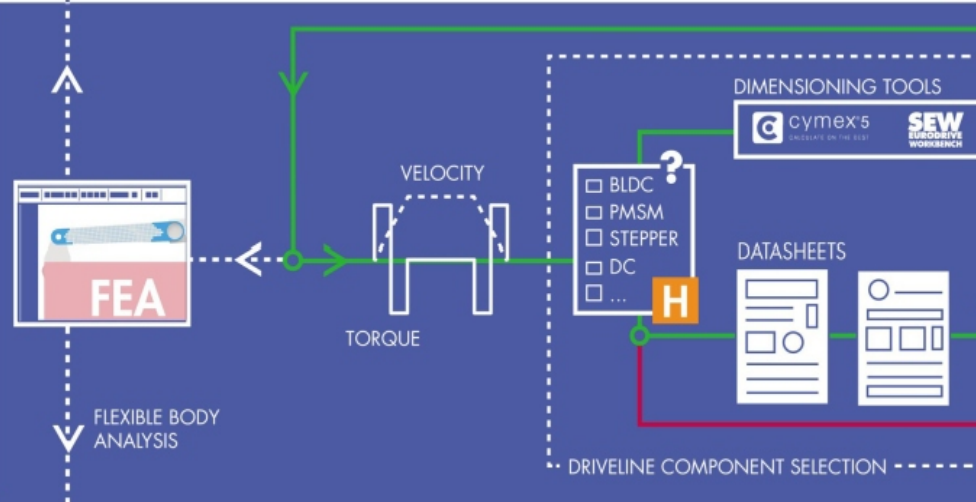
De inertie is dan weer eenvoudig te bepalen door materiaaleigenschappen toe te kennen aan het CAD-model. Indien men beschikt over een, reeds bestaande, te optimaliseren machine of prototype, kunnen de systeemeigenschappen door metingen [B] worden bepaald.

Zo is het bijvoorbeeld mogelijk de wrijving te bepalen door meting bij constante snelheid of kunnen flexibiliteit en demping

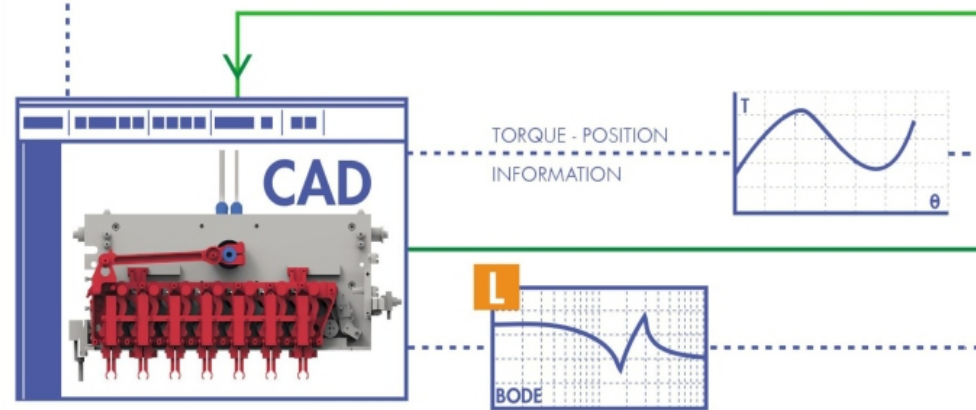
1. SYSTEM DEFINITION



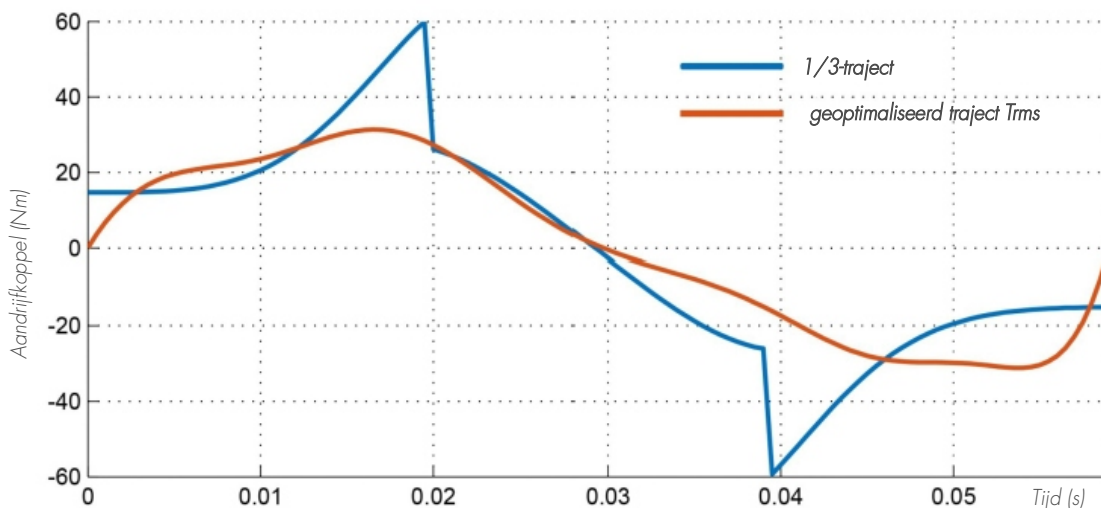
2. DIMENSIONING



3. CONTROLLER TUNING



Benodigd aandrijfkoppel



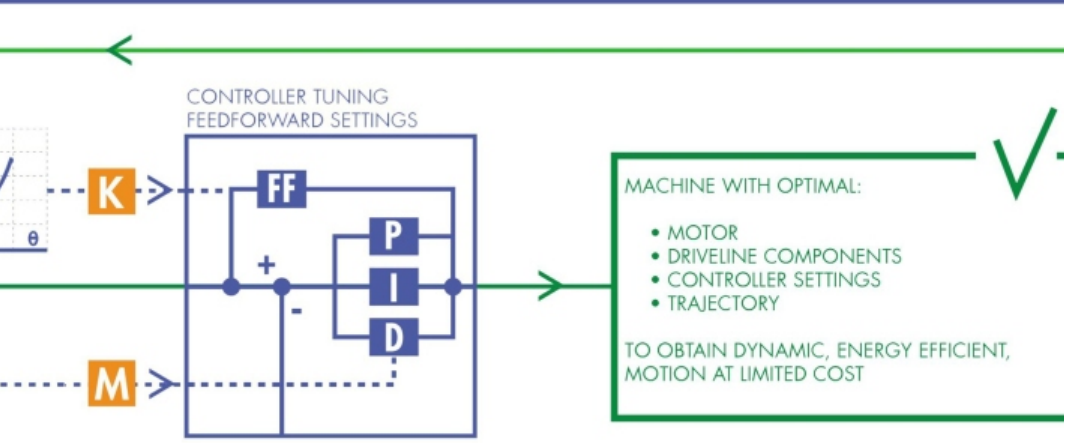
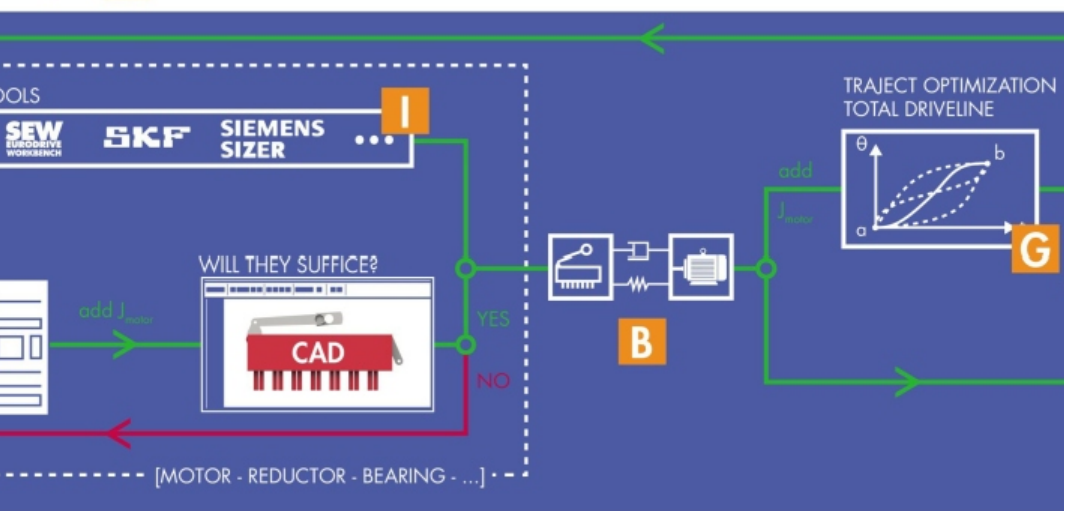
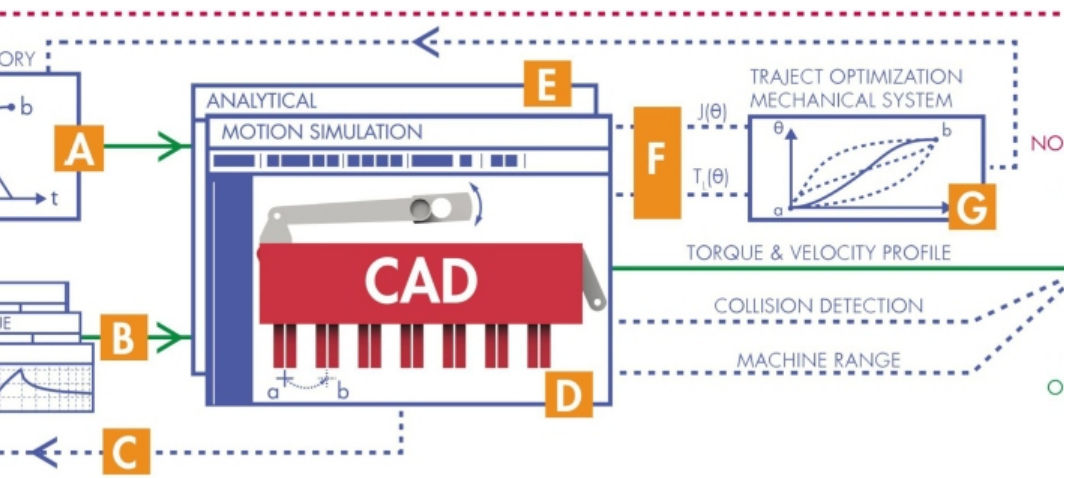
worden bepaald uit een Bodediagram [L].

Om een Bodediagram te bekomen van een systeem werden gedurende het project zeer eenvoudige methodes uitgewerkt die snel en nauwkeurig resultaat opleveren zonder diepgaande theoretische kennis.

Keuze aandrijftraject

Voor complexe toepassingen met een variabele inertie blijkt nog heel wat optimalisatie mogelijk over de keuze voor het correcte aandrijftraject.

Het correcte en meest optimale traject is afhankelijk van welke parameter u wil optimaliseren; is het volume



koppelhoerentalgrafieken kunnen geïmporteerd worden. Het grote voordeel ten opzichte van de conventionele methode is dat dergelijke software automatisch de inerties van de gekozen motor en/of reductor direct in rekening brengt bij de selectie.

VIRTUELE AFREGELING VAN UW AANDRIJVING MET PID & FEEDFORWARD

Eens het ontwerp is bepaald en de aandrijving gedimensioneerd is, moet een positie-regelaar ontworpen worden die het mogelijk maakt de geoptimaliseerde trajecten effectief te volgen. Vermits het merendeel van de driveleveranciers gebruik maakt van een PID-cascaderegeling [M] zijn de instellingen hiervan bepaald voor enkele cases. Vertrekkende van het Bodediagram uit het CAD-model kan de regelaar robuust, agressief of net in combinatie met feedforward ingesteld worden.

De mogelijkheden van trajectoptimalisatie naar TRMS (gemiddeld koppel) en T_{max} (piekkoppel) zijn reëel en werden virtueel aangetoond op een positioneertoepassing. Het besparingspotentieel kan pas gerealiseerd worden indien het traject ook perfect gevolgd wordt. De kenmerkende parameter hiervoor is de maximale volgfout die het doorschot of het najien registreert. Zelfs met perfecte PID-instellingen blijkt de volgfout tot 0 reduceren niet haalbaar, de maximale volgfout bedraagt nog 12% t.o.v. wenswaarde.

Vandaar is het feedforwardprincipe [K] toegepast; dit is een drivefunctionaliteit die het mogelijk maakt externe signalen zoals koppel of snelheidswaarden toe te voegen op de PID-regelaar. Door koppelfeedforward toe te passen is de maximale volgfout zelfs gereduceerd tot 0,05%. Om dit te verwezenlijken zijn de geïnjecteerde koppelwaarden op ieder ogenblik in de regelaar gestuurd met koppel uit het CAD-model. Hoe nauwkeuriger het CAD-model, des te beter de regelaar kan worden afgesteld. □

bepert, moet het energieverbruik zakken, ?

Bijvoorbeeld kan op een punt met weinig inertie versneld worden om het piekkoppel te beperken en bijgevolg een kleinere motor te kunnen selecteren. Om dit te bekomen moet het traject worden aangepast, dit wordt trajectoptimalisatie [G] genoemd.

Met trajectoptimalisatie blijft het concept van de machine dus hetzelfde, het start en eindpunt liggen vast, enkel het aandrijftraject of de manier hoe tussen de twee posities wordt bewogen zal worden geoptimaliseerd. Gedurende het project zijn rekentools ontwikkeld om dit mogelijk te maken voor de ontwerper en zijn er energiebesparingen aangetoond op de cases oplopend tot 20%. De basialgoritmen zijn uitvoerbaar in wiskundige freeware zoals Octave.

HOE NAUWKEURIGER HET CAD-MODEL, DES TE BETER DE REGELAAR KAN WORDEN AFGESTELD

GEDEGEN COMPONENTENSELECTIE MET DIGITALE TOOLS

Eens de koppeltoerentalgrafiek, van een eventueel geoptimaliseerd traject, aan de aandrijf-as bepaald is kunnen de aandrijfcomponenten worden geselecteerd. Denk naast motoren ook aan lagers, lineaire geleidingen en structuurelementen die aan een nieuwe FEA kunnen worden onderworpen.

Belangrijk is dat een lijst met keuzecriteria voor uw toepassing wordt opgesteld. Afhankelijk van het type toepassing zal de ene type motor [H] meer geschikt zijn, bijvoorbeeld zich meer dynamisch gedragen of meer overbelastbaar zijn, goedkoper zijn of minder volumineus zijn. Leveranciers bieden webtools [I] met al dan niet merkonafhankelijke databases waarin

TETRA AMoCAD studiedag

Het digitale ontwerpproces van machines kan ervoor zorgen dat met een minimale inspanning uw KMO sneller kan inspelen op de vraag van de klant. Cases tonen aan dat het aandrieffkoppel al snel tot 20% kan gereduceerd worden. Dit leidt tot minder energieverbruik en een kleiner gedimensioneerde motor.

Op 14 september 2017 biedt het onderzoeksteam Aandrijvingen u daarom de mogelijkheid om een studienamiddag bij te wonen.

Meer informatie kan u bekomen via mail naar heinz.vervaeke@ugent.be.

Dit onderzoek werd uitgevoerd samen met zijn collega's Kurt Stockman, Stijn Derammelaere, Bart Vanwalleghem, Simon Houwen en Foeke Vanbecelaere.