



Testopstelling van een hydrostatische aandrijving.

FOTO: PCLT

Energie-efficiëntie, drijfveer in de landbouwmecanisatie

Machinesfabrikanten – en niet alleen diegene die specifiek voor de landbouw werken – streven naar ‘schonere’ machines, die minder vervuilen en beter omspringen met energieverbruik. – JOHAN BUDIN, PCLT –

• mechanisatie •

Sinds het prille begin kent de mechanisatiesector een enorme evolutie. De eerste machines hadden tot doel om lastige werkzaamheden die de boer tot dan manueel deed, uit handen te nemen. Nu lijken andere criteria belangrijk, zoals energie-efficiëntie.

Howest Kortrijk organiseerde in november een studiedag waarop onder meer de belangrijkste resultaten van hun Tetraproject ‘Energieoptimalisatie van hydraulische mobiele applicaties’ werden voorgesteld. Heel wat constructeurs van landbouwmachines waren partner binnen dit project. Energie-efficiëntie en energierecuperatie bij mobiele hydraulische installaties waren de kernwoorden van Kurt Stockman, opleidingscoördinator elektromechnica, projectleider Bart Van-

walleghem en de projectmedewerkers Carl Dousy en Bram Vanseveren.

Evolutie

Dirk Stukkens van Komatsu Europe schetste de evolutie in de machinebouw (figuur 1). Voor de industriële revolutie was er geen mechanisatie. De boer deed alles met de hand en gebruikte hoogstens werkdieren en eenvoudige werktuigen zoals ploeg, sikkels of dorsvlegel. De industriële revolutie zorgde ervoor dat zware, lastige werkzaamheden machinaal konden gebeuren. De eigenaar/boer zag het werk minder zwaar worden en met de intrede van de eerste tractoren, meerschare ploegen en dorsmachines nam ook de capaciteit toe. Op de machines werden eerst hydraulica (1950) en later ook elek-

tronica (1980) geïntroduceerd. Drijfveer voor deze overgang was om de machines beter en veiliger te laten werken. Vooral de gebruikers van de machines profiteerden door het toegenomen comfort en gebruiksgemak. De machines werden ook veelzijdiger en complexer.

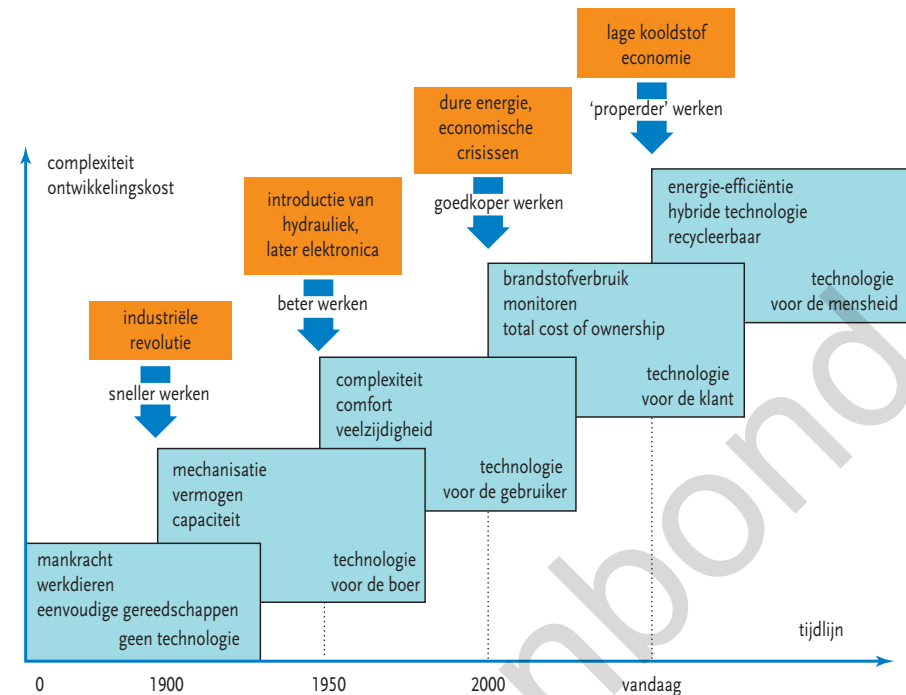
De stijgende energieprijzen en elkaar opvolgende economische crisissen (rond 2000) zorgden voor nieuwe drijfveren om de machines verder te verbeteren. Zo werd onder meer het brandstofverbruik aangepakt, net als de tco (total cost of ownership) of de totale kost van een machine tijdens haar levensduur en de monitoring. Vooral de klant haalde voordeel uit deze evolutie. Hij kocht een machine aan die het werk goedkoper deed.

Vandaag is de drive in de machinebouw de lagekoolstofeconomie. Machines moeten 'schoner' zijn dan voorheen. De hele wereld zal profiteren van deze nieuwe machines die lagere emissies hebben, gebaseerd zijn op hybride technologie, energie-efficiënt zijn en achteraf recycleerbaar.

Energie recuperatie

Een machine laten optrekken tot een bepaalde snelheid kost energie. De dieselmotor levert die energie via de versnellingsbak naar de wielen. Tijdens het versnellen, bouwt de machine een zekere kinetische energie op. Een machine laten afremmen gebeurt traditioneel door middel van remmen die de kinetische energie omzetten in warmte en die dus eigenlijk de kinetische energie verkwisten. Met remenergie recuperatie worden oplossingen bedoeld die de energie, die tijdens het afremmen traditioneel in de remmen verspild wordt, opslaan en bij de volgende start gebruiken om de machine te versnellen. Dergelijke systemen hebben alleen maar zin bij grote en/of snelle machines die veelvuldig accelereren en afremmen. Bijvoorbeeld (haven)heftrucks en vuilniswagens. Elektrische heftrucks en hybride-auto's laden tijdens het afremmen hun batterijen weer op.

Tijdens de studiedag werd een hydraulische oplossing om remenergie te recupereren op havenheftrucks voorgesteld. Tijdens het afremmen pompt een hydraulische pomp/motor olie vanuit een reservoir naar een hydraulische accumulator op hoge druk. Als er de volgende keer wordt opgetrokken, drijft de olie op hoge druk de pomp/motor als motor aan en helpt hij zo de machine te versnellen. Howest toonde een proefopstelling waar een hydraulisch aangedreven massa met een grote traagheid (kinetische energie vergelijkbaar met een auto die aan 30 km/uur rijdt) met behulp van een hydraulische pomp/motor en hydraulische accumulatoren afgeremd en nadien versneld kan worden. Op landbouw machines met hun lage rijsnelheden



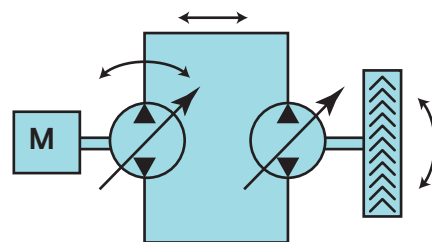
Figuur 1 Evolutie in de machinebouw

lijkt remenergie recuperatie niet meteen nuttig.

Energie-efficiëntie van een hydrostatische aandrijving

Hydrostatische aandrijvingen komen in de landbouw heel vaak voor. De rijaandrijving van oogstmachines – zoals maaidorsers, maishakselaars, bietenrooiers en spruitenplukkers – zijn typische voorbeelden. Het grote voordeel van een hydrostatische aandrijving is de traploze snelheidsregeling. Vooreerst worden de toerentallen van het oogstmechanisme niet beïnvloed door de rijsnelheid. Daarnaast kan men tijdens het oogsten aan de hoogst mogelijke snelheid rijden waarbij het oogsten nog optimaal verloopt. Daardoor kan men de hectarecapaciteit van de oogstmachine maximaliseren.

Een hydrostatische aandrijving (figuur 3) bestaat uit een dieselmotor die de pomp met variabel slagvolume van de hydrostatische aandrijving laat draaien. De pomp zet de mechanische energie van de dieselmotor om in hydraulische vorm. De oliestroom die door de pomp wordt geleverd, wordt naar de wielmotor(en) gestuurd



Figuur 2 Basisschema van een hydrostatische aandrijving

die de wielen laat draaien. De dieselmotor draait op een constant, hoog toerental om het oogstmechanisme aan te drijven en steeds voldoende vermogen te kunnen leveren.

Door de instelling van het slagvolume van de pomp te wijzigen, verandert de rijrichting en de snelheid van de machine. Wanneer het slagvolume van de pomp op 0 staat, wordt er geen olie verpompt en draait de wielmotor niet. De machine staat dus stil. Laat men het slagvolume van de pomp toenemen, dan wordt een steeds groter debiet aan olie verpompt en maakt de wielmotor meer toeren en rijdt de machine sneller. Bij pompen van een hydrostatische aandrijving kan de instelling van het slagvolume ook doorheen het nulpunt ingesteld worden, waardoor de olie eigenlijk in de andere richting rondgepompt wordt en de machine in de andere richting rijdt.

Als een nog groter snelheidsbereik gewenst is, is ook het slagvolume van de wielmotoren instelbaar van een maximum naar een minimum waarde, of is er nog een traditionele versnellingsbak met 2, 3 of 4 versnellingen voorzien achter de wielmotor(en) of een combinatie van beide. Soms wordt in laatste instantie nog het dieselmotortoerental verhoogd om de maximumsnelheid te bereiken. Courant wordt voor een combinatie van de instelbare pomp en instelbare wielmotor(en) geselecteerd. Om te komen tot een traploze snelheidsregeling tussen stilstand en de maximumsnelheid wordt conventioneel eerst het slagvolume van de pomp vergroot van 0 tot zijn maximumwaarde en vervolgens wordt het slagvolume van de

wielmotor(en) geregeld van de maximum- naar de minimumwaarde.

Een hydrostatische aandrijving heeft de reputatie een slecht rendement te hebben en dus niet energie-efficiënt te zijn. Toch is het in de totale aandrijflijn, dieselmotor-pomp-wielmotor(en) niet de hydrostaat die het slechtste rendement scoort. Een dieselmotor haalt maximum slechts iets meer dan 40% mechanische energie uit de energie die in de verbruikte dieselbrandstof zit. De hydrostaat kan een rendement van iets meer dan 80% halen. Het maximale rendement van de totale aandrijflijn komt uit op $0,4 \times 0,8 = 32\%$.

Toch is het zo dat bovenvermelde rendementen van heel wat factoren afhankelijk zijn: rijsnelheid, wielbelasting, toerental van de dieselmotor, slagvolume van de pomp, druk in de hydrostaat, slagvolume wielmotor(en), ... In het Tetraproject werd

onderzocht of een andere manier van het instellen van het toerental van de dieselmotor, het slagvolume van de pomp en het slagvolume van de wielmotor(en) een rendementsverbetering – en dus een lager brandstofverbruik – zou kunnen opleveren.

In een computersimulatie werden alle rendementscurven van een dieselmotor (Deutz BF6M), een hydraulische pomp (Sauer Danfoss HI, -165 tot 165 cm³/toeren) en een hydromotor (Sauer Danfoss S51, 32,2 tot 160 cm³/toeren) ingevoerd. Voor verschillende hydromotorbelastingen (100 tot 1000 Nm) en hydromotortoerentalen (500 tot 2500 toeren/minuut) werd telkens bepaald wat het hoogst mogelijke rendement van de hydrostatische aandrijving kon zijn en de bijhorende instelling van dieselmotortoerental, slagvolume van de pomp en slagvolume van de hydromotor (figuur 3).

Wanneer de aandrijflijn maximaal belast wordt (hoog hydromotortoerental en hoog hydromotorkoppel), moet de dieselmotor draaien bij het motortoerental waar het maximale vermogen beschikbaar is, circa 2000 tpm. Uit de simulatie blijkt dat in geval van deellast, het beste rendement van de totale aandrijflijn behaald wordt bij een relatief laag dieselmotortoerental (circa 1400 tpm) (figuur 4).

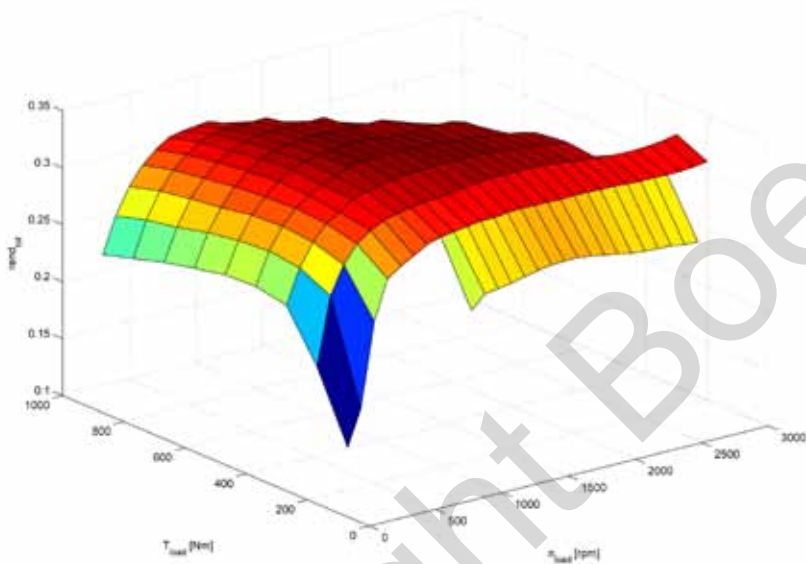
Een dieselmotor draait rond 1400 tpm in zijn zone van het beste specifiek brandstofverbruik (aantal g brandstof nodig om 1 kWh mechanische energie te produceren aan het vliegwiel). De dieselmotor waar men van uitgaat, verbruikt om een vermogen van 140 kW te leveren bij 2200 tpm, 225 g/kWh. Het leveren van diezelfde 140 kW vermogen leveren bij 1400 tpm vraagt 205 g/kWh. Dit komt overeen met een minderverbruik van 9%! Ook de hydrostaat heeft een iets beter rendement bij het lagere dieselmotortoerental waardoor het gevraagde vermogen aan de dieselmotor lager is, wat ook een minderverbruik inhoudt. In deellastsituaties konden rendementswinsten voor de totale aandrijflijn van 25% berekend worden. We moeten opmerken dat, op een zelfrijdende oogstmachine, het laten zakken van het motortoerental ook een invloed heeft op het oogstmechanisme.

Proefopstelling

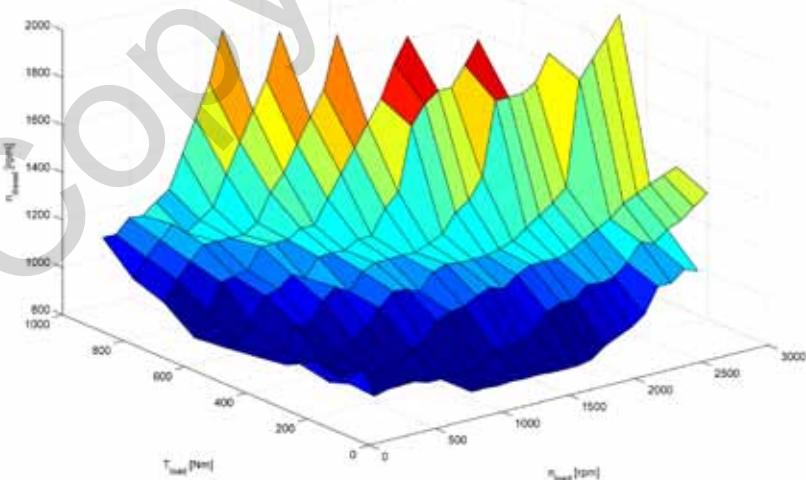
Howest beschikt over een proefopstelling van een hydrostatische aandrijving waarbij de hydraulische pomp aangedreven wordt door een elektromotor en de hydromotor belast wordt door een generator (foto p. 28). Op die testbank werden de resultaten van de computersimulatie in de praktijk nagemeten.

In de praktijk wordt het laten werken van machines bij een lager dieselmotortoerental al veelvuldig toegepast. Denk maar aan de eco-stand van de aftakas op tractoren, waar de aftakas 540 tpm draait bij circa 1600 tpm van de dieselmotor in plaats van ruim 2000 tpm. Of de tractoren uitgerust met een continu variabele transmissie die hun maximum snelheid kunnen rijden bij 1500 tpm. Er zijn al hakselaars op de markt die bij wegtransport automatisch het dieselmotortoerental laten dalen tot de laagst mogelijke waarde – minimaal 1400 tpm – zonder aan rij-snelheid te verliezen... ■

Meer informatie over het Tetraproject 'Energieoptimalisatie van hydraulische mobiele applicaties' vind je op de website www.fluid-power. Je kan er de presentaties van de verschillende sprekers van de studie dag downloaden en ook rekenbladen die voor de ontwerper van hydraulische installaties of hydrostatische aandrijvingen van nut kunnen zijn.



Figuur 3 Totaalrendement van de hydrostatische aandrijving in functie van de belasting (hydromotorkoppel x toerental) – Bron: Howest



Figuur 4 Optimaal dieselttoerental in functie van belasting (hydromotorkoppel x toerental) – Bron: Howest