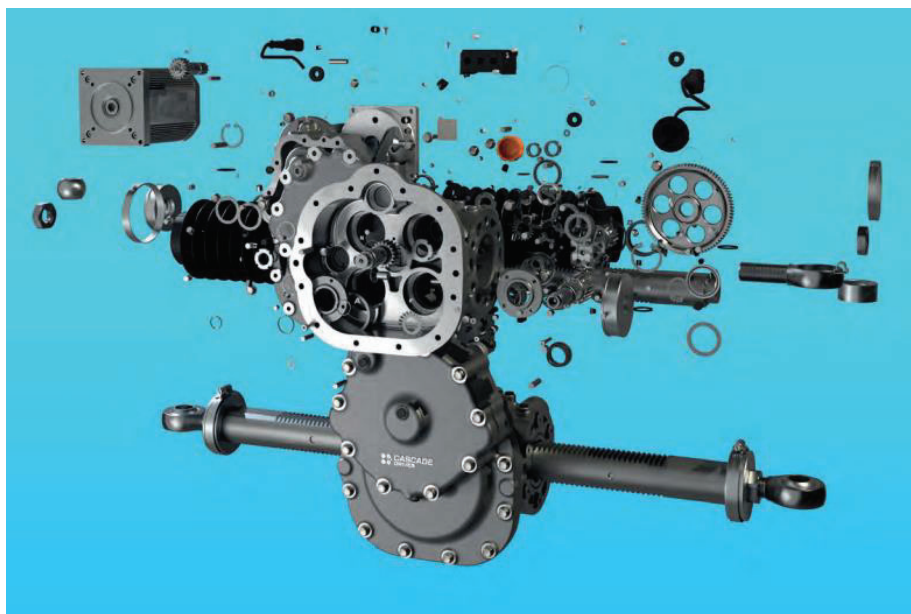


Electric boom actuator for battery-electric excavators

Publik rapport



Författare: Namgyu Kim, Sungsu Kim
Datum: 2023 Nov 30
Projekt inom

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	4
5 Mål	4
6 Resultat och måluppfyllelse	4
7 Spridning och publicering	6
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	6
7.2 Publikationer.....	6
8 Slutsatser och fortsatt forskning	6
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	6

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Electro Mechanical Actuator (EMA)-lösning är en lovande teknik för att omvandla rotationskraften hos en elektrisk roterande motor till linjär rörelse av en mekanisk kraft och denna lösning kan ge ytterligare värde för vår Emobility-maskinkund. vi visste att det finns potential för denna lösning såsom energieffektivitet, exakt kontroll och miljövänlig (hydraulolfjafri). Men flera olika tekniker konkurrerar så vi vill gärna få kunskap om dessa tekniker och kontrollera genomförbarheten av olika lösningar. Racktypen har också unika styrkor som stöthantering så vi skulle vilja verifiera potentialen genom funktionell prototyping. så vi startade ett projekt för att integrera lösningar i maskiner för att verifiera potential och ta reda på utmaningar.

Med tanke på energieffektivitet, genom att byta hydraulbomscylinder till EMA, kan 25 % av maskinens ingående energi minskas på grund av bättre effektivitet, återvinningsbesparingar och andra förluster. så bomcylindrar som ursprungligen monterades på maskinen ersattes av ett elektromekaniskt manöverdon med kuggstång från CASCADE Drives. Modifiering av bomställdon, HV-system, kylsystem, maskinstruktur och bomfäste är modifierade för att vara utrustade med ett EMA ställdonssystem. Demonstratorn har trimmats och testats för att verifiera prestanda hos EMA-ställdonet vid bomfäste och mäta energiförbrukningen för att beräkna den procentuella förbättringen av energiförbrukningen jämfört med originalsystemet med en hydraulisk bomcylinder.

Genom utvecklingsaktiviteter fick vi kunskap och erfarenhet av EMA i verklig tillämpning. Dessutom har vi verifierat potentialen för EMA:s tillämpning av bomfunktion på vissa rörelser, såsom gräv- och dumpningsrörelser. Maskintestet för funktionsprototyp utfördes för att kontrollera den tekniska genomförbarheten av prestanda, effektivitet och funktioner för bommen EMA på grävmaskinen.

Energiförbrukningen för Boom EMA-maskinen analyserades, och den jämfördes med energiförbrukningen för det ursprungliga hydraulsystemet med hydrauliskt bomställdon för att mäta mängden energiförbrukningsminskning baserat på samma driftsförhållanden, riktiga gräv- och tömningstester. Resultatet visar att den totala elenergireduktionen på maskinnivå är 20,4 %. Som ett resultat, baserat på det begärda innehållet, är svarstiden och energieffektiviteten @ Boom singeldrift bättre än det konventionella hydrauliska ställdonet, men EMA bromsutlösningsskott, EMA-motorvridmomentjustering inklusive standby-vridmoment och kombinerad matchning måste förbättras i nästa steg, vilken nuvarande mognadsnivå är endast för att utföra testningen.

2 Executive summary in English

Electro Mechanical Actuator(EMA) solution is a promising technology to convert the rotational force of an electric rotary motor into linear movement of a mechanical force. We already knew that potential of this solution. However, several different technologies are competing so we'd like to get knowledge of these technologies and check the feasibility of different solutions. The rack and pinion type has also unique strengths such as shock management so we would like to verify potential through functional prototyping. So we started a project to integrate solutions to machines to verify potential and find out challenges.

Considering energy efficiency, by changing the hydraulic boom cylinder to EMA, 25% of input energy at machine level can be reduced due to better efficiency, recuperation savings, and other losses. so boom cylinders originally equipped on the machine was replaced by rack and pinion type electro-mechanical actuator which is sourced from CASCADE Drives. The boom actuator modification, HV system, Cooling system, machine structure, and boom attachment are modified to be equipped with an EMA actuator system. The demonstrator has been tuned and tested to verify the performance of the EMA actuator on boom attachment and measure energy consumption to calculate energy consumption improvement % compared to the original system with a hydraulic boom cylinder.

Through development activities, we got the knowledge & experience of EMA at real application. In addition, we verified potential of EMA application of Boom function on certain motion such as digging and dumping motion. The test with functional prototyping machine was performed to check the technical feasibility on the performance, efficiency and functions of the boom EMA on the excavator.

The energy consumption of Boom EMA machine was analyzed, and it was compared to the energy consumption of original hydraulic system with hydraulic Boom actuator to measure the energy consumption reduction amount based on the same operating condition, real digging and dumping test. The result shows that the total electric energy reduction is 20.4%

As results based on the requested contents, response time and energy efficiency @ Boom single operation is better than the conventional hydraulic actuator, but EMA brake release shock, EMA motor torque tuning including standby torque and combined matching need to be improved at the next step, which current maturity level is just to perform the testing.

3 Bakgrund

Electro Mechanical Actuator (EMA)-lösning är en lovande teknik för att omvandla rotationskraften hos en elektrisk roterande motor till linjär rörelse av en mekanisk kraft och denna lösning kan ge ytterligare värde för vår Emobility-maskinkund. Vi visste att det finns potential för denna lösning såsom energieffektivisering, exakt kontroll och miljövänlig (hydraulolfri). Men flera olika tekniker konkurrerar så vi skulle vilja få kunskap om dessa tekniker och kontrollera genomförbarheten av olika lösningar. Kuggstångstypen har också unika styrkor som stöthantering så vi skulle vilja verifiera potentialen genom funktionell prototyping.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Huvudsyftet med detta projekt är att utveckla en Boom EMA-maskin baserad på en batteridrivna grävmaskin och få kunskapen om EMA i en verklig applikation. Att ta reda på tekniska förbättringsområden och skapa förslag till nästa steg.

Eftersom det inte är lätt att göra en rigg för en verklig miljö, skulle vi vilja göra funktionella prototyper med en gammal protomaskin för att verifiera teknologins potential. Den huvudsakliga potentialen är potentialen för att minska energiförbrukningen och även för prestationsuppfyllelse.

5 Mål

Projektet syftar till att utveckla konceptet med ett elektromekaniskt ställdon för bommen av grävmaskin och installera den för att verifiera en grävmaskins lämplighet och prestanda. Syftet är att bedöma och utvärdera de potentiella uppskattade energibesparingarna som skulle öka drifttiden för en helelektrisk batterigrävmaskin. Att använda elektromekaniska ställdon kan påskynda övergången till elektrifierade och hållbara entreprenadmaskiner

6 Resultat och måluppfyllelse

Test summary

Test utfördes för att kontrollera den tekniska genomförbarheten på prestanda, effektivitet och funktioner för bommen EMA på grävmaskin som AE-projekt. Som resultat baserat på det begärda innehållet, är svarstid och energieffektivitet @ Boom singeldrift bättre än det konventionella hydrauliska ställdonet, men EMA bromsutlösningsskott, EMA-motorvridmomentjustering inklusive standby-vridmoment och kombinerad matchning måste förbättras i nästa steg, vilken nuvarande mognadsnivå är bara för att utföra testningen.

Dessutom, från nästa steg måste EMA-applikationen på Boom designas med hänsyn till robustheten och samma arbetsområde jämfört med konventionella maskiner baserade på den riktade EXC-miljön.

Energy efficiency in digging and dumping test

Energiförbrukningen för Boom EMA-maskinen analyserades och den jämfördes med energiförbrukningen för det ursprungliga hydrauliska systemet med hydrauliskt bomställdon för att mäta mängden energiförbrukningsminskning baserat på samma driftsförhållanden, verkliga grävnings- och tömningstest. Resultatet visar att den totala elenergi-reduktionspotentialen är 20 ~ 35 % på maskinnivå.

VOLVO

Electric boom actuator for battery-electric excavators

Summary

Conclusion

- Get the knowledge & experience of EMA at real application
- Technology potential is verified
 - Energy saving potential is 20 ~ 35%
 - EMA performance meets the target in real DnD motion
- Found challenge on working range
- Deliver the knowledge into the expert community

CASCADE DRIVES

VOLVO

Electric boom actuator for battery-electric excavators

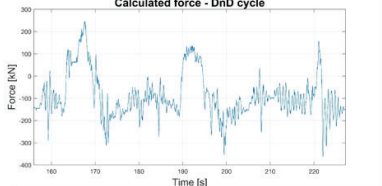
Output and learnings

- Energy recuperation: 62 - 71%
- Mechanical efficiency: 75 – 88%
- Potential energy saving: 65 - 77%
- Controllability tuned by VCE

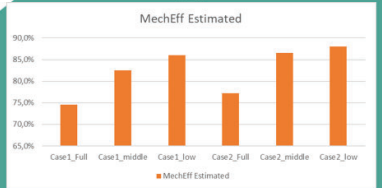
Volvo Group
Department name | Document name/ Issuer | Classification

CASCADE DRIVES

Calculated force - DnD cycle



MechEff Estimated



CampX
BY VOLVO GROUP

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Ursprunglig avsikt är att få kunskap och verifiera potential med utmaningar. Vi är nöjda med inhämtad kunskap och erfarenhet av innovativ teknik.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt		
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Not applicable

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Målet med detta projekt var att få kunskap och erfarenhet av EMA vid verklig tillämpning och verifiera EMA-system på en funktionell prototypmaskin samt ta reda på tekniska förbättringsområden och skapa förslag för nästa steg.

✓ Vi fick goda kunskaper och erfarenheter, inte bara om EMA och dess tillämpning på maskiner, utan vi tog också reda på tekniska utmaningar som bromsning, arbetsräckvidd och motordimensionering för att överväga mer i framtida aktiviteter.

✓ När det gäller energieffektiviseringen uppnåddes målet (20%@Real DnD at machine) i detta projekt och förväntas ha en potentiell ökning på upp till 35% om systemet är väl optimerat.

✓ Prestandamässigt, förutom begränsningen av arbetsområdet som vi var medvetna om, var den totala prestandan för EMA-ställdonet tillräckligt bra när det gäller det första försöket på en riktig maskin och för verkligt arbetstest (grävning och dumpning). Men vi har också listat ut några begränsningar och förbättringspunkter för denna nuvarande design och maskinkoncept.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Construction Equipment AB

: Namgyu Kim (namgyu.nk.kim@volvo.com) _ Chief Project Manager

Volvo Construction Equipment Korea

: Sungsu Kim (sungsu.kim@volvo.com) _ Technical Project Leader

Cascade Drives AB

: Pontus Karlsson (pontus.karlsson@cascadedrives.com) _ CTO

: Kristian Floresjö (kristian.floresjo@cascadedrives.com) _ CEO