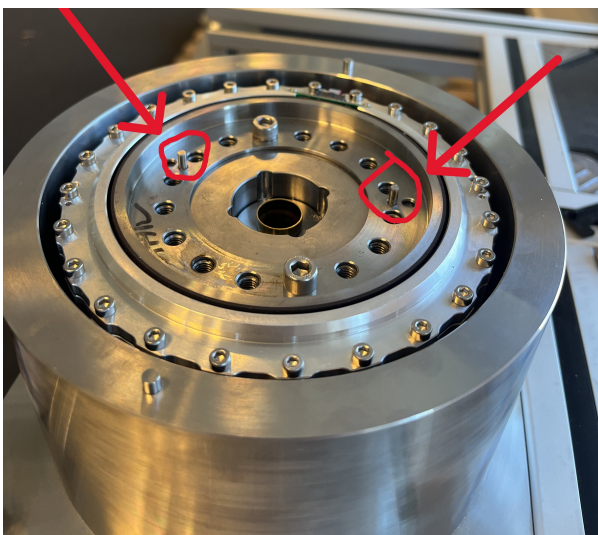


Förbättrad robotlednollning för industriella kollaborativa robotar

Industrirobotar och kollaborativa robotar, co-bots, måste ofta kalibreras om från grunden när en led byts ut, detta kostar både tid och pengar. Ett examensarbete vid Lunds universitet visar att en enkel, passiv mekanisk fixtur kan återställa ledens nolläge med mikrometernoggrannhet, helt utan optisk utrustning eller ändringar i robotens mjukvara.

Kollaborativa robotar blir allt vanligare i industrin. De svetsar, monterar och paketerar sida vid sida med människor, och förväntas samtidigt klara mycket snäva toleranser, ofta bättre än en millimeter. För att lyckas måste varje led i robotarmen vara exakt nollställd, det vill säga att styrsystemet vet precis i vilken vinkel leden står när vinkeln ska vara noll. Det största problemet uppstår vid underhåll av leden. När en sliten led byts ut förloras det inställda nollläget, och felet förstärks genom hela armen. Ett litet vinkelfel i en led nära basen kan bli flera millimeter fel ute vid verktyget. Idag löses detta oftast med icke precisa markeringar på roboten, med hjälp av vattenpass, eller en fullständig omkalibrering av roboten, vilket kräver dyr mätutrustning, kontrollerade förhållanden och leder till produktionsstopp.

I samarbete med Kassow Robots i Köpenhamn undersökte arbetet om det går att nollställa en enskild led tillräckligt exakt för att slippa hela omkalibreringen. En känslighetsanalys visade att en repeterbarhet på cirka 20 mikrometer vid ledens referenspinne, se Figur 1, räcker för att hålla verktygsfelet längst ut på armen under en millimeter, även för de största robotmodellerna. Tre lösningar jämfördes: en mekanisk fixtur, ett



Figur 1: Bild på leden sittandes i den koppformade fixturen med referenspinnarna inringade.

lasersystem och en kameralösning. De optiska alternativen kunde teoretiskt sett nå rätt noggrannhet, men var dyra, känsliga för omgivningen och krävde ändå precisionsmekanik. Valet föll därför på den mekaniska lösningen. Konstruktionen är en koppformad fixtur

som leden placeras i. Ovanpå leden ligger ett löst placerad block. När leden vrids med ett svagt vridmoment driver den blocket mot fasta referenspinnar tills allt låser sig i ett enda, väldefinierat läge. Eftersom kontaktytorna bara kan mötas på ett sätt contrerar blocket sig självt likadant varje gång, oavsett hur den lades på från början. Robotens egen givare läses sedan av i det låsta läget.

En prototype 3D-printades först för att testa principen och tillverkades därefter i rostfritt stål. Den maskinbearbetade versionen testades i 89 nollställningscykler. Efter rensning av resultatet blev en standardavvikelse på 0.18 mm vid verktyget på änden av armen och ungefär 3 mikrometer vid referensspinnen, långt under kravet och i samma storleksordning som betydligt mer avancerade lösningar på problemet. Se Tabell 1.

Quantity	Resultat (n=89)	Requirement
Std. dev. (encoder)	0.010°	—
Std. dev. (pin)	3μm	< 20μm
Std. dev. (TCP)	0.18mm	< 1mm
Range (TCP)	1.36mm	< 2mm
Samples within ±1mm (TCP)	89/89(100%)	—

Tabell 1: Summering av resultaten från

Lösningen är helt passiv. Den behöver ingen optik inga kalibreringsalgoritmer och inga ändringar i robotens fasta programvara. Fixturen kan därför läggas in i det befintliga underhållsflödet, och leden nollställs med hjälp av sin egen givare. Prototypen kostade cirka \$1880 att tillverka, men eftersom noggrannheten har god marginal kan toleranserna sänkas, samt en omdesign för lättare tillverking kan få ner priser markant. Arbetet visar att en enkel mekanisk design kan lösa ett problem som annars kräver avancerad utrustning, och att robotunderhåll kan bli både snabbare och billigare.

Dante Neckmar, *Improved Joint Zero Offset Calibration for Industrial Cobot Arms*, 2026, examensarbete vid Institutionen för reglerteknik, Lunds Tekniska Universitet