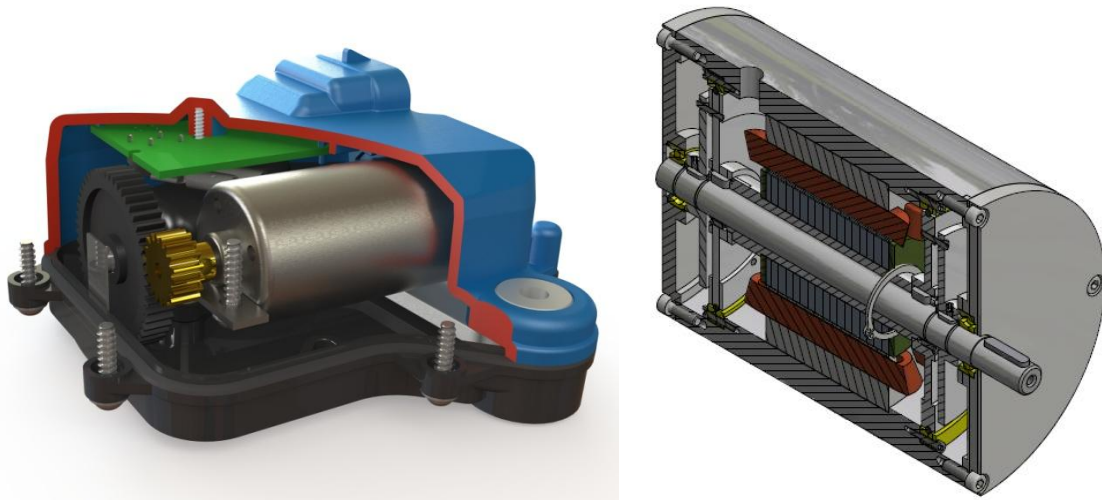




FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

# Systemintegration av aktuator i AT SbW-system



Författare: Jasmin Insanic  
Datum: 2015-06-26  
Delprogram: Fordonsutveckling

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Syfte.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Genomförande.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Resultat .....</b>	<b>11</b>
5.1 Bidrag till FFI-mål .....	14
<b>6. Spridning och publicering.....</b>	<b>14</b>
6.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	14
6.2 Publikationer .....	14
<b>7. Slutsatser och fortsatt forskning.....</b>	<b>15</b>
<b>8. Deltagande parter och kontaktpersoner .....</b>	<b>15</b>

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

Detta projekt har utförts av Kongsberg Automotive (KA) tillsammans med Lunds Tekniska Högskolan (LTH) samt SME partner BEVI och MagComp där målet var att utveckla ett konkurrenskraftigt och unikt SbW system som är lämpligt för automatiska växellådor (AT) till personbilar. Huvudsyftet med projektet var att utforska AT SBW teknik ur ett systemperspektiv och lägga fokus på delsystem där den nuvarande kunskapsnivån var låg. Sammanfattningsvis tre huvudkomponenter utgör ett AT SbW-system: växelväljaren, elektronisk styrenhet (ECU) och växling ställdon (aktuator). Den största kunskapsklyftan hittades vara avsaknaden av en mekanisk lösning för aktuatorn och dess ECU för vilka den största ansträngningen i detta projekt koncentrerades på.

Actuator konceptarbetet delades i två vägar: *Novell* och *Konventionell* (state-of-art). Det novella konceptet var planerat att utformas på ett mycket unikt sätt med lösningar av högteknologisk nivå som kunde ge svenska fordonsindustrin ledarposition på SbW marknaden även om teknik som används var inte redo ännu för massproduktion. Den konventionella lösningen, å andra sidan, skulle fokusera på tillgänglig teknik i syfte att skapa ett ställdon som skulle kunna slutföras för produktion inom en snar framtid.

Arbetet med den novella lösningen hade huvudsakligen utförts av LTH, BEVI och MagComp vilka använde ett vetenskapligt förhållningssätt till problemet. Deras arbete fokuserade på tre tekniska lösningar:

1. Direkt elektromagnetisk aktuator baserad på magnetiska minnesmaterial och magnetisk växelverkan av magnetiska skjувkrafter.
2. Integration av en elektromagnetisk kraftkälla med en harmonisk växel för att utnyttja komprimering och repulsionskrafter.
3. Integrering av en elektromagnetisk kraftkälla med en cykloid växel för att dra fördel av tryckkrafter.

De två första tekniklösningarna visade sig snart inte vara lämpliga för applikationen antingen genom att vara alltför tung och skrymmande eller för svår att ta fram på grund av materialbrist. Efter ett tag, var huvudfokusen satt på att använda direkt magnetisk omlokalisering av cykloid disken i en cykloid enhet. Flera begrepp fastställdes som skilde sig främst i koncept för växellösning. Till slut, den som ansågs mest lovande var konceptet där friktionen i en cykloid växel användes för överföring av den kraft som utvecklas i en elektromagnetisk kraftkälla med 12 spolar till aktuators utgående axel. Arbetsfriktion åstadkoms genom O-ringar som komprimeras mellan stator och rotor. Kraften skapad i cykloidväxeln omvandlades sedan till axiell rotation på utgående axeln med hjälp av en Oldham-koppling. En prototyp med denna lösning framställdes och testades i laboratoriet. Det högsta uppmätta vridmomentet var på en intressant nivå men det krävdes en betydande strömtillförsel för att nå dit vilket gav en alldeles för låg energiomvandling från elektrisk kraft till utgående mekanisk kraft i förhållande till sin storlek. En kort slutsats var att bättre effektivitet behövs om detta koncept skulle kunna kommersialiseras i framtiden.

Arbetet med den konventionella aktuatoren och dess ECU vilket skulle driva aktuatoren på ett säkert och önskvärt sätt utfördes huvudsakligen av KA. Det beslutades väldigt tidigt att kraftkällan skulle vara en vanlig borst likströmsmotor av en mindre storlek för att möta låg kostnad, vikt och volymdensitetskrav som identifierades i projektet. Å andra sidan, kan små motorer leverera relativt lågt vridmoment. Därför har motorn som valts i projektet kompletterats med tre olika växlar i rad för att ge en hög utväxling. På så sätt kunde aktuatoren uppnå tillräckligt med utgående vridmoment för att driva växlingen i en automat växellåda för personbilar. Detta växelsystem har utformats med mycket få komponenter och förpackats på ett sådant sätt att dess volym blir så liten som det bara kan bli. Efter konceptutvecklingen byggdes fullt fungerande prototyper och testades både i laboratorium och på fältet genom att vara installerad i en demo bil. Resultaten från dessa tester var mycket tillfredsställande och tydde på att denna aktuator inte bara mötte marknadens krav utan hade en överlägsen prestanda jämfört med befintliga SbW aktuatorer på marknaden. Detta växelsystem visade sig vara ganska unikt och av den anledningen ansökte KA om ett internationellt patent.

Förutom att hitta rätt koncept för aktuatoren, så har en hel del arbete utförts på utformningen av aktuatorns ECU. Säkerhetsstandarden ISO26262, vilket är en känd standard på marknaden, användes som ett referensdokument för att definiera begreppet för HW/SW konstruktion så att ECU:n skulle kunna uppnå marknadens krav när det gäller säkerhet och tillgänglighet. Detta var första gången för KA elektronik teamet att genomföra ett sådant arbete vilket kommer att hjälpa företaget i alla dess framtida projekt.

Sist men inte minst, KA har redan upplevt intresset från bilproducenter för det här systemet vilket ger stora hopp om att det skulle kunna kommersialiseras inom en snar framtid.

## 2. Bakgrund

En viktig trend inom fordonsindustrin är att ersätta traditionella mekaniska styrsystem med så kallad X-by-wire (XbW) teknik med olika elektromekaniska omvandlare, sensorer och avancerade elektroniska styrsystem vilka integreras med människa-maskin gränssnitt (HMI). Shift-by-Wire (SBW) teknik för automat växellåda (AT) har en betydande och ökande marknadspenetrering, en trend som motiveras av ett antal grundläggande drivkrafter som:

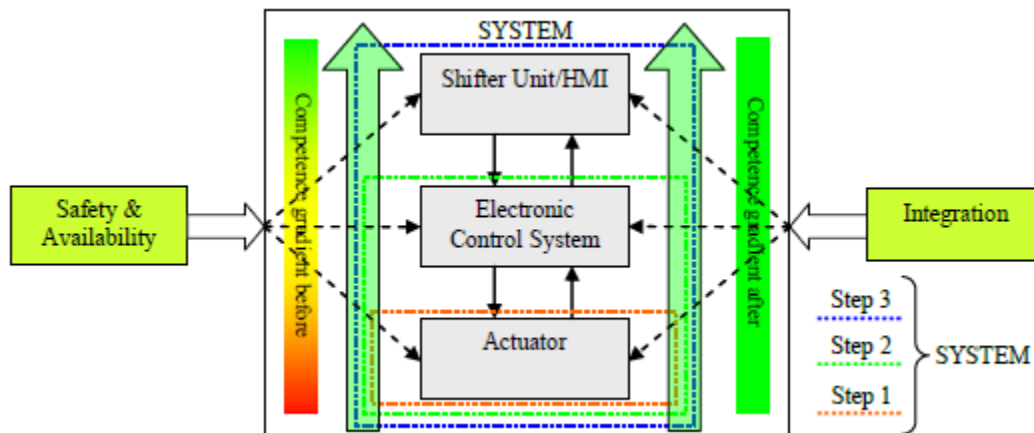
- Förbättrad förpackning
- Minskade kostnader
- Förbättrad säkerhet
- Bättre komfort och ergonomi
- Förbättrad bränsleekonomi och minskade utsläpp
- Anpassningsbar körupplevelse

## 3. Syfte

Projektets syfte är att samla kunskap och utveckla konkurrenskraftiga delsystem inom AT SbW teknik som kan kommersialiseras av KA som en tier 1 systemleverantör och på så sätt säkra positionen för den svenska fordonsindustrin. Dessutom kommer akademiska partners genom detta projekt kunna utveckla och styra sin expertis direkt i en industriell applikation och stärka sina band med den svenska fordonsindustrin samtidigt som de kommer utöka sina kunskaper inom elektromagnetisk påverkan.

## 4. Genomförande

Den övergripande strategin för projektets genomförande är definierad i figur 1. De grundläggande komponenterna som utgör en AT SbW system är ställdon, elektroniskt styrsystem och växelväljaren. Idag är det mesta av kompetens inom den svenska fordonsindustrin centrerad på den traditionella växelspaken och dess mekaniska kraftöverföring i ett fordon. Samtidigt vid den andra änden, växel ställdon för transmissionsenheten utgör ett område där kunskap fortfarande saknas. Dessutom är den tillhörande elektroniska styrsystemet som sköter kommunikationen mellan växelväljare och ställdon för att säkerställa en säker och trevlig körupplevelse ett annat kärnområde där kunskapsluckor måste stängas för att förverkliga full systemintegration.



**Figur 1. Schematisk illustration av projektstrategin som visar delsystem i ett SbW system och hur kunskaps nivån i dessa delsystem är tänkt att höjas i olika steg för att i slutändan erhålla ett komplett SbW system.**

Projektet fick också stöd från Volvo Personvagnar genom att KA fick tillgång till en kravspecifikation för AT SBW systemet, där vi använde oss av en V60 som testbil för aktuatorsystemet.

## Aktuatorns utvecklingsarbete

Planen för detta arbete var att utveckla och ta fram två koncept; en med hög risk tillvägagångssätt (novell) och en motsvarande med låg risk tillvägagångssätt (konventionell).

Novella lösningen var tänkt ha en radikal lösning på problemet med hjälp av högteknologiska lösningar aldrig använda tidigare. Målet var att få en lösning som skulle kunna ta svensk AT SbW industri till en annan nivå i framtiden. Av den anledningen etablerades samarbetet med experter på LTH universitet och deras *Industriell Elektroteknik och Automation* avdelning anlätades för att leda forskningsarbete medan SME partners MagComp och BEVI skulle bidra med deras kompetens inom magnetiska material respektive elektriska drivsystem. KA skulle använda det slutgiltiga konceptet och implementera det i ett SbW system. Konventionella lösningen, å andra sidan, var tänkt att baseras på redan tillgänglig teknik som skulle kunna kommersialiseras inom en snar framtid. Detta skulle ge svensk AT SbW industrin en grund att bygga vidare på. KA var den primära partnern som drev detta arbete.

### Novell aktuatorlösning

3 tekniska lösningar hittades för utredning och utvärdering:

1. Direkt elektromagnetisk aktuator baserad på magnetiska minnesmaterial och magnetisk växelverkan av magnetiska skjuvkrafter.
2. Integration av en elektromagnetisk kraftkälla med en harmonisk växel för att utnyttja komprimering och repulsionskrafter.
3. Integrering av en elektromagnetisk kraftkälla med en cykloid växel för att dra fördel av tryckkrafter.

Ju djupare studie för de magnetiska minnesmaterialegenskaper och utformning av lämpliga magnetiseringselementet gjordes desto mer visade sig att magnetiseringselementet blir för stort och prestandan för svag på grund av magnetiska egenskapers förändringar som en funktion av materialets töjning och hög temperatur beroende. Direkt elektromagnetisk aktuator, å andra sidan, visade sig vara fullt möjlig att använda för att tillhandahålla det önskade toppmomentet utan att bli stor och skrymmande. Samtidigt var denna lösning långt från att vara kostnadsoptimal för applikationen.

Integration av en harmonisk drivenhet i en elektromagnetisk aktuator var ett annat intressant alternativ för AT SbW applikationen på grund av sin kompakta och lätta natur i kombination med hög utväxling. Olyckligtvis, en tidig studie indikerade på att göra en harmonisk växel för denna typ av tillämpning skulle vara mycket svårt att genomföra. Material och komponenter som finns för att göra de föreslagna konstruktionslösningarna för flexibla ringen i den harmoniska växeln var begränsade.

I likhet med harmonisk växel gör cykloid växel hög utväxling möjligt. De fördelaktiga funktionerna för cykloid växeln är att enheten kan vara mer kompakt och effektiv jämfört med motsvarande harmoniska växlar. Dessutom är dess natur mindre komplex för den

har rörliga komponenter byggda som stela kroppar i stället för flexande kroppar. Denna typ av redskap ansågs mest lovande och valdes att gå vidare med. Hur som helst, växeln's cykloid "rullning" behövdes omvandla till en normal rotationsrörelse på utgående axeln. Konventionell lösning för detta är att göra cykloid kugghjul som stöds av en vevaxel i centrum och roterande utgående axel ansluten till växeln genom en koppling. Nackdelen med denna lösning är en kostnadstung kraft hantering som gör denna konstruktion inte så konkurrenskraftig för denna typ av applikation.

Därför var målet för detta arbete att göra en cykloid växel och kopplingen med hjälp av några få och enkla delar. Efter definition och utvärdering av flera koncept valdes den slutliga lösningen baserad på en elektromagnetisk kraftenhet uppbyggd av stator med 12 spolar och en stålkärna till rotor. Cykloid växeln har utformats med två separata friktionshjul fästa till rotorn på vardera sidan. Dessa hjul rullar och trycker mot närliggande husvägg och på så sätt bygger upp tillräckligt med friktion för att rotera utgående axeln med önskat vridmoment när rotorn exciteras av de elektromagnetiska statorspolarna. Två olika prototyper av friktionshjul utvecklades och togs fram (se fig 2).



**Figur 2. Vänster Hjul med o-ring i ett V-block spår; Höger Hjul med friktionsmaterial beläggning.**

Samtidigt, kraften utvecklad i denna cykloid växel behöver konverteras till ett roterande vridmoment på utgående axeln. Två kopplingar utvecklades fram och prototyper togs fram (se figur 3).

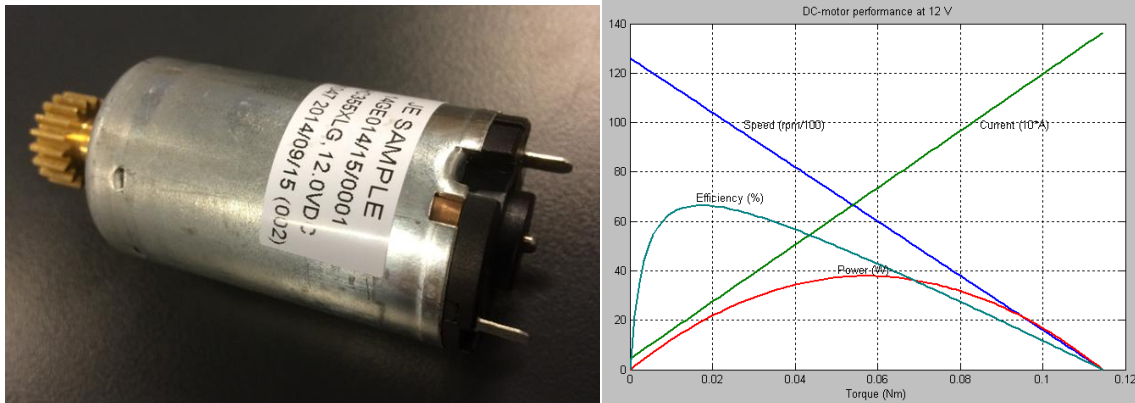


**Figur 3. Vänster Stift koppling; Right Oldham koppling.**

Genom att använda dessa friktionselement och kopplingar gjorde det möjligt att utesluta behovet av dyr vevaxel, kullager och kugghjul.

## Konventionell aktuatorlösning

Arbetet inleddes med undersökning av vilken typ av kraftkälla kunde vara bäst för denna applikation. Borst likströmsmotor visade sig vara mest lämplig i fråga om storlek kontra prestanda och även priset så långt som standardutförande användes. Samarbetet med några välkända leverantörer etablerades vilka försörjde projektet med prover med prestanda definierad i projektet. Dessa prover utvärderades sedan och den som blev vald i slutet var från Johnson Electric med följande utseende och prestanda.



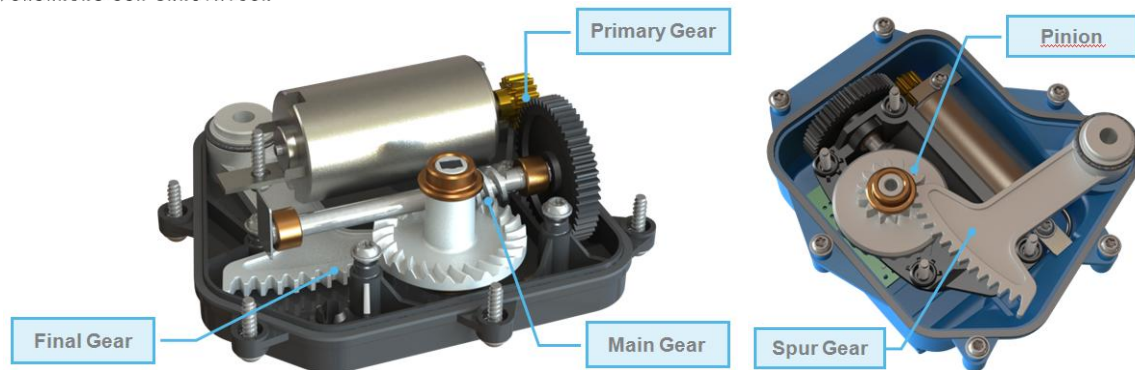
**Figur 4. JE likströmsmotor prototyp och dess prestanda diagram.**

Denna motor kunde dock bara uppnå ett maximalt vridmoment på 0,117Nm. Vridmoment som krävs för växling i automat växellådor kan vara upp till 10Nm. Av denna anledning påbörjades utvecklingsarbetet för denna konventionella aktuatorn med att göra ett växelsystem som kunde skruva upp prestanda hos denna motor. Snäckväxel är en typ av växel med hög utväxling och det var naturligt att jobba med den. Men det krävdes mer än bara en snäckväxel för att få tillräckligt med utväxling. Det var också viktigt att möta marknadens krav när det gäller liten storlek, låg vikt och låg kostnad. Det hela slutade med ett växelsystem byggt av tre kompakta växlar som gav tillräckligt med utväxling samtidigt som väldigt få komponenter användes för deras byggnation.

Det färdiga konceptet (se figur 5) beskrivs nedan:

1. *Startväxel*: den ger initial utväxling på 2,9 och kopplar motorn till huvudväxeln samtidigt som den frilägger motorn från axiell belastning vilket gör motorkonstruktionen billigare. Dessutom lokaliseras huvudsnäckväxel längs motorn för kompakt design.
2. *Huvudväxel*: den ger utväxling på 12,5. Denna typ av snäckväxel, så kallad "kronhjul", är mer kompakt än en traditionell snäckväxel. Riktningen på hjultänderna gör denna typ av snäckväxel enklare att tillverka vilket resulterar i lägre kostnad.
3. *Slutväxel*: denna växel är lite speciell där drev och kugghjul har utformats med variabel radie vilket ger variabel utväxling mellan 6 och 11. Anledningen till denna lösning var att få vridmomentförstärkning i parkeringsläge och hög hastighet mot körläge på växellådan vilket är de mest extrema prestanda kraven för denna typ av applikation. Denna lösning visade sig vara unik för denna applikation och blev senare patenterad.





Figur 5. Vänster Översiktsbild av växlarna; Höger Slutväxel.

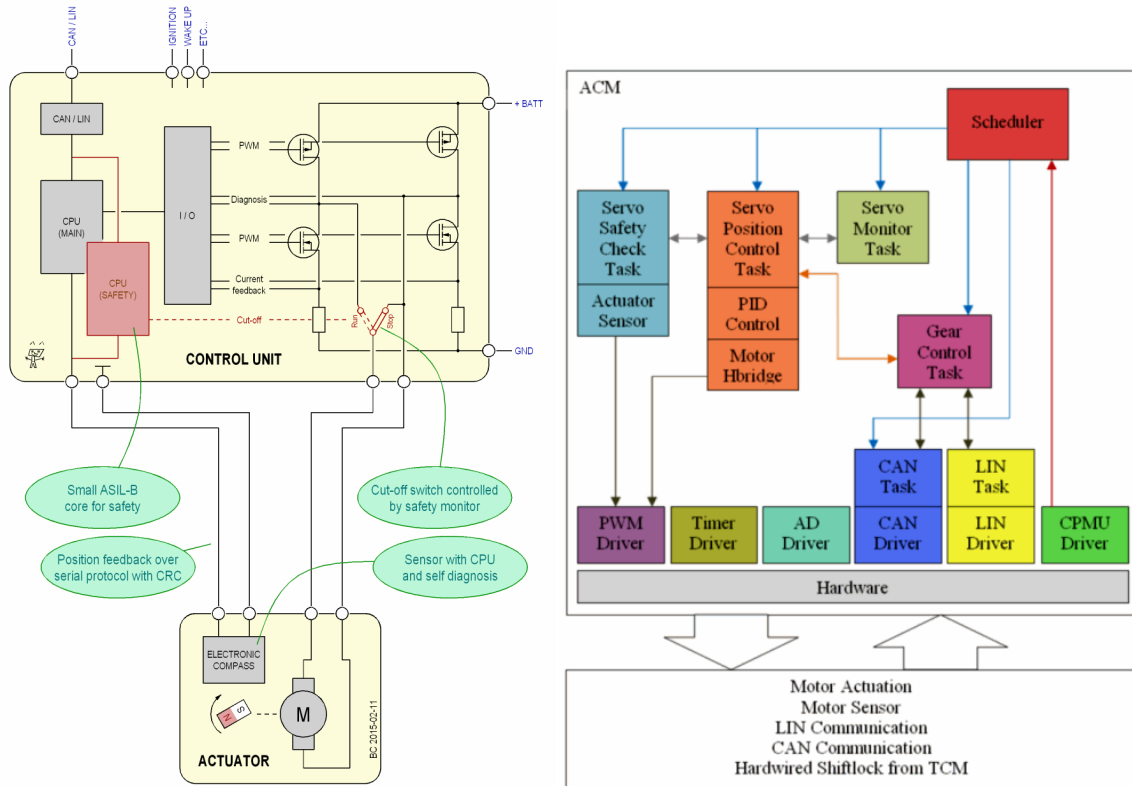
## Elektronisk styrenhet (ECU)

Växling klassas som en av säkerhetsoperationer i ett fordon och därför dessa funktioner måste utföras på ett säkert sätt som inte äventyrar människors hälsa i och runt fordonet.

Systemet inklusive aktuator, ECU, växelväljare och projektets demobil har utvecklats i enlighet med ISO 26262 standarden för funktionssäkerhet i fordon. De dokument som har utförts med krav på validering och bevis på åtgärder för att säkerställa en tillräcklig och acceptabel säkerhetsnivå är: Säkerhetskoncept, Faroanalys och Säkerhetsmål.

Faroanalys har gjorts från aktuatorns perspektiv för att identifiera alla möjliga faror som kan vara aktuella när aktuatoren är inblandad. Analysen identifierade 48 olika ärenden av fara vilka utvärderades mot en Automotive Safety Integrity Level (ASIL nivå). De har klassificerats enligt ISO 26262 med en ASIL nivå baserad på deras motsvarande svårighetsgrad, exponering och kontrollerbarhet. Från de identifierade riskerna som hade en ASIL nivå A eller högre har olika aktuator funktioner riktats till säkerhetsmålen. Dessa fynd användes därefter under utvecklingen av ECU.

Det slutliga arrangemang för elektroniska komponenter som föreslogs visas i figur 6. Aktuatoren har en elektronisk sensor som kontinuerligt rapporterar positionen till styrenheten. Programvaran jämför dess position med önskat värde och eventuell avvikelse justeras av en PID-regulator som driver servomotorn med hjälp av en H-brygga. En separat tillsynsenhet (röd) kan utlösa ett nödstopp genom att bryta anslutningen från H-bryggan till motorn. Programvaran är ett modulsystem anordnat enligt figur 6. För att höja abstraktionsnivån i "tillämpningsprogram", har en Hardware Abstraction Layer införts. Detta är raden med moduler vid botten av figur 6, in kapslande drivrutiner för PWM-, timer-, A / D-Converter-, CAN / LIN-hårdvara. Hela systemet styrs av en schemaläggare (röd) vilken kan köra flera uppgifter till synes samtidigt. Detta har varit till stort hjälp för modularisering av mjukvaran.



**Bild 6. Vänster Huvudschema; Right: Modularisering av mjukvaran**

Detta "applikationsprogram" har några block/uppgifter:

1. Styra servo position med sensor och PID-kontroll görs av servoenheten (orange). Detta block har också en tillståndsmaskin med "redo", "upptagen" och "fel" noder som används för att skilja mellan en rörlig servo och en vid stillastående. Detta sparar ström, minskar buller och gör time-out övervakning möjlig.
2. Växlings kommandon tas emot (på LIN / CAN) från en växlingsstyrning. De kontrolleras med avseende på rimlighet och om ok så utförs det av växelstyrningsenheten (lila). Denna logik gör det möjligt att till exempel förhindra backväxling när bilen kör i hög hastighet samt förhindra lämna parkeringsläget om inte bromspedalen är nedtryckt.
3. Diagnostikenheten (ljusblå) hanterar en rad tillstånd signaler (givare, börvärde, controller tillstånd etc) som analyseras med avseende på säkerhet. Exempelvis måste hastigheten i fel riktning aldrig detekteras för ett rörligt servo. Det bör finnas varken hastighet eller ström vid stillastående etc. Vid fel stoppas motorn och systemet går in i "fel" tillstånd.
4. Diagnostiksystemets totala tillstånd överförs till en separat servos övervakningsenhet (ljusgrön) som gör en oberoende säkerhetsanalys av systemet. Om något onormalt hittas bryts motor från H-bryggan genom att aktivera säkerhetsbrytaren. Genom att ha två oberoende säkerhetskontroller som detta uppnås en mycket högre säkerhetsklass.

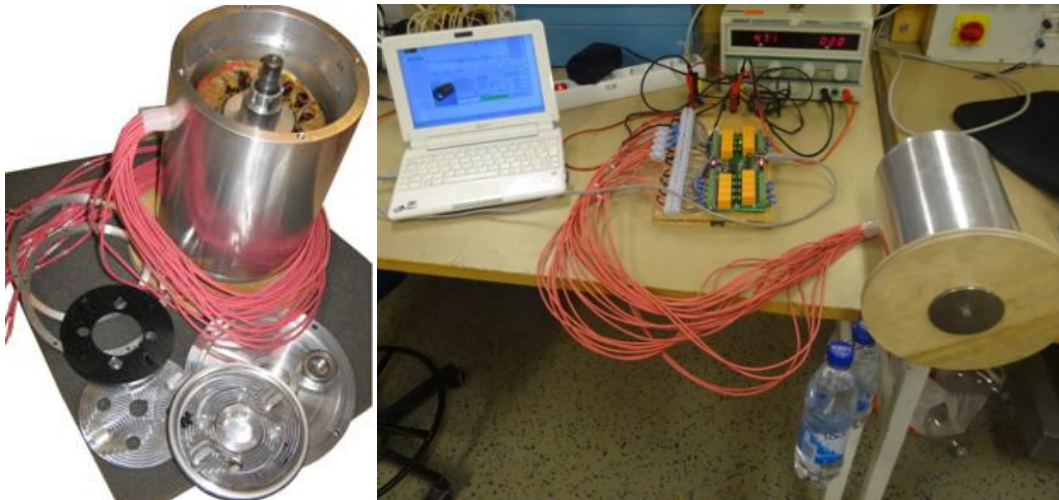
## Växelväljaren/HMI

För att uppnå ett fullständigt AT SbW-system behövdes även en växelväljare. Detta arbete genomfördes med betydande överföring av befintlig teknik och kunskap som finns på KA för att minimera utvecklingstiden. Aktiviteterna fokuserade i första hand på att utveckla ny mjukvara för ett befintligt elektroniskt växelreglage från KA för att stänga identifierade brister på säkerhet och tillgänglighet för detta SbW system.

## 5. Resultat

Det huvudsakliga målet för den experimentella utvärderingen av elektromagnetisk cykloid var att ta fram prototyper och kvantifiera deras momentkapacitet. Det skulle visa om dessa nya aktuatorer skulle kunna integreras i fordon eller inte. Ungefär 10Nm krävdes för det.

Processen för utvärdering av testobjekten var baserad på mätning av momentkapacitet som en funktion av strömförsörjningen. Matningsströmmen ökades progressivt så att resultatet av de exciterade statorspolarna inte ledde bara till rotorns rullning och att den kunna bära dess egna vikt utan också till att rotera och lyfta yttre laster. Den yttre belastningen tillfördes genom fritt hängande vikter på ett hjul 10 cm i radie fäst på prototypernas utgående axel (se figur 7).

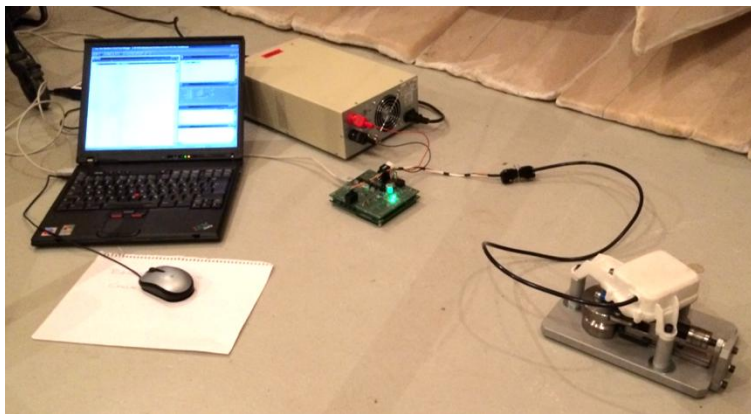


**Figur 7. Vänster Novell prototyp; Höger Prototyp lyfter vattenflaskor under vridmoment mätningen.**

Tester kördes tills prototypen slutat rotera, dvs började glida. Resultaten från dessa tester var följande:

Prot	Friktionshjul	Koppling	Moment per spoleamper
1	Ø3 mm o-ring	7 stift i runda hål	3Nm/5A (2 spolar åt gång)
2	Ø3 mm o-ring	Oldham	3Nm/7A (2 spolar åt gång)
3	Friktionsmaterial beläggning	Oldham	1Nm/8A (2 spolar åt gång)

Test resultaten visade att dessa aktuatorer var för svaga och inte nådde upp till 10Nm. Dock visade det sig att luftgapet i prototyp 1 och 2 var större än planerat och orsakades av att o-ringarna inte var tillräckligt komprimerade. Resultatet av detta var svaga elektromagnetiska krafter mellan stator och rotor inuti aktuatorerna. Ett annat försök utfördes där strömtillförseln ökades mer och mer så att o-ringarna komprimerades tills luftgapet nästan inte existerade. Det visade sig behövas 40A för att åstadkomma detta och då uppmättes maximalt utgående vridmoment på 10Nm. Denna momentprestanda ansågs intressant. Dock är 40A ström normalt sett inte tillgänglig för en sådan applikation i dagens bilar. Detta gav alltför låg omvandlingshastighet mellan elektrisk energi in i systemet och dess utgående mekaniska kraft jämfört med storleken på dessa aktuatorer. Slutsatsen var att inte gå vidare med implementeringen av dessa novella aktuatorer in i en demobil.



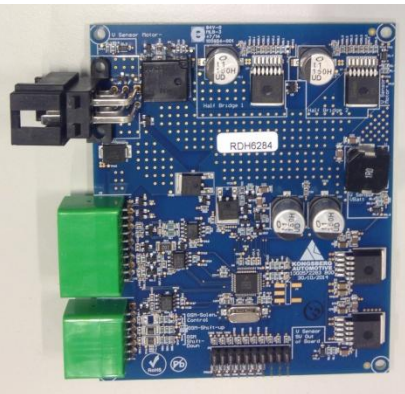
**Figur 8. Vänster** Cykling test av prototypsystemet. Aktuatorens är monterad på en växlings simulering rigg och ansluten till prototyp ECU programmerad för grundläggande funktioner; **Höger** Mätning av utgående vridmoment där aktuatoren fick lyfta en hink fylld successivt med vatten.



Förutom de novella prototyperna framställdes även en prototyp av den konventionella aktuatoren byggd enligt konstruktionen beskriven tidigare. Dessutom gjordes en enkel ECU och programvara för drift av grundläggande funktioner på prototypen. Genom att ha detta enkla system kunde inledande tester utföras och ge en indikation av systemets potential. Och resultaten var lovande. Maximalt utgående vridmoment uppmättes till 17 Nm vid 12V/15A och rumstemperatur. Också uppnåddes 20 000 cyklar under normal belastning (se figur 8). Det var helt klart att denna konventionella aktuator hade tillräckligt bra funktionalitet och prestanda för att integreras i demobilen, det vill säga en Volvo V60 med automat växellåda.

För att kunna testa systemet i bil, vidareutvecklades ECU med HW och SW och gjordes så att de kunde kommunicera med denna demo bil och driva aktuatoren på ett säkert och av växelväljaren beordrat sätt, det vill säga förare. Samtidigt blev aktuatorns konstruktion vidareutvecklad och förbättrad. En ny prototyp gjordes sedan av material som krävs för att motstå förväntade vibrationer och temperatur på demobilens växellåda. Detta SbW system installerades i sin helhet i demobilen och testades på fält. Resultaten var mycket

tillfredsställande. Aktuatorn svarade bra på förarens kommandon genom att lägga i rätt växel varje gång. Alla säkerhetsfunktioner testades också med positiva resultat. Till exempel vägrade systemet att lägga i backväxel varje gång när bilen var på väg framåt i hög hastighet och föraren bad om det. Samtidigt som aktuatorn gjorde det när bilen var på väg framåt i hastighet lägre än 6km/h vilken definierades som säker hastighet för att ändra bilens riktning.



**Figur 9. Top** Aktuatorn monterad på demobilens växellåda; **Vänster** Aktuatorns närbild; **Mitten** Färdig ECU installerad i demobilen; **Höger** Växelväljaren installerad i mittkonsolen av demobilen

## 5.1 Bidrag till FFI-mål

Samverkan mellan KA, LTH, BEVI och MagComp har varit mycket framgångsrik. Den har renderat i kunskapsförstärkning och utveckling av våra relationer och stärkt oss som industripartner respektive läroanstalt. Den stora mängd forskning och konceptarbete som utförts har bidragit till ökade kunskaper om direkt magnetisk aktivering som kommer att gynna vårt framtida innovationsarbete. Medverkan av SME partners genom att göra insatser i ett forskningsprojekt av den här storleken är av stort värde för deras kärnverksamhet som ofta kan vara svårt för dem att utföra på egen hand.

Sist men inte minst, det system som utvecklats i detta projekt (konventionell aktuator, ECU och växelväljare) har visat sina fördelar på många områden såsom prestanda, säkerhet, tillgänglighet, komfort och bränsleförbrukning som säkerligen kommer att förbättra KAs ställning på marknaden som en konkurrenskraftig SbW systemleverantör. Företaget har också lämnat in ett patent (WO 2014082676) för den konventionella aktuatoren vars koncept ansågs unikt och värdefullt.

Produktionen av drivlineprodukter på KA ligger i Mullsjö och stöds av många inhemska leverantörer vilket innebär att den svenska bilindustrin förmodligen kommer erfarit tillväxt tack vare de insamlade kunskaperna och de framtagna produkterna i detta projekt för denna applikation som mer och mer efterfrågas på bilmaknaden. Sysselsättning bör naturligtvis också säkras tack vare detta.

## 6. Spridning och publicering

### 6.1 Kunskaps- och resultatspridning

SbW-systemet (konventionell aktuator, ECU och elektronisk shifter) skapat i det här projektet har presenterats på utställningar och kundbesök. Demobilen har presenterats till partners och potentiella kunder för att visa KAs goda kunskaper inom hela SbW segmentet när det gäller teknik, säkerhet och HMI.

Förutom vetenskaplig forskning på hög nivå var två studentgrupper vid LTH också involverade i projektet som en del av deras utbildning i *Tillämpad mekatronik*. De fick arbeta med konceptvalidering, analys och dimensionering av den novella aktuatoren. På detta sätt har kunskap insamlad inom projektet används för akademisk utbildning. Dessutom är undersökningar och resultatet av den novella aktuatoren planerad att presenteras på en av LTH vetenskapliga konferenser under år 2015.

### 6.2 Publikationer

Den tekniska rapporten för novella aktuatorns forskning kommer att publiceras som ett offentligt dokument i LTH bibliotek databas med referensnummer Teie-7256.





Det finns också planer på att offentliggöra detta arbete på något populärvetenskapligt magasin under 2015.

## 7. Slutsatser och fortsatt forskning

Den konventionella aktuatoren, utvecklad och byggd i projektet, har verkligen uppfyllt alla förväntningar och krav som ställs för växling på en automatväxellåda. Dess största fördelar är liten storlek, låg vikt och förstklassig prestanda. Motorn är också byggd av få och enkla delar som bör resultera i mycket rimligt pris när den går i produktion. Tillsammans med sin ECU och elektroniska växelväljare har ett mycket konkurrenskraftigt SbW systemet skapats vilket ger en bättre och säkrare körupplevelse.

När det gäller elektromagnetisk cykloid aktuator utvecklad och framtagen i projektet så har utvärderingen av dess prestanda visat önskvärt utgående vridmoment som krävs för växling på automatväxellåda, men för att kunna göra detta måste friktions hanteringen lösas på ett bättre kontrollerat sätt där luftgapet mellan statorn och rotorn är ständigt liten och ger maximal elektromagnetisk kraft inuti enheten. Stift och Oldham koppling har undersökts utan att finna någon stor skillnad mellan dem. Prestandan hos enheten är mer dominerad av luftgapet snarare än kopplingen till konstruktionen vilket bör lösas på ett mer effektivt sätt innan fler undersökningar görs på kopplingens utformning.

## 8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Partner	Contact Person	E-mail
	Henrik Nilsson	henrik.nilsson@ka-group.com
 LUNDS UNIVERSITET Lunds Tekniska Högskola	Mats Alakula	mats.alakula@volvo.com
	Åke Nyström	ake.nystrom@bevi.se
	Tord Cedell	tord.cedell@magcomp.se