

Tillståndsbaserat underhåll – underhållstrategins möjligheter på Stridsvagn 122

Marcus Bengtsson
Inst. för Innovation, Design och Produktutveckling
Mälardalens högskola
Box 325, SE-631 05 Eskilstuna
tfn nr. 016-15 34 86, fax 016-15 36 10

FMV beteckning: 282864 – LB674868
Beställningsansvarig enhet:
VG FoTOMrind
Maria Rynemark Bergman

Nyckelord

Tillståndsbaserat underhåll, tillståndsovervakning, Stridsvagn 122, slutväxel, militära fordon

Sammanfattning

Rapporten har som mål att presentera en undersökning om fördelar med att implementera tillståndsovervakning och tillståndsbaserat underhåll på Stridsvagn 122. Undersökningen avgränsades till slutväxeln. Rekommendationer efter arbetet kan sammanfattas som att implementera tillståndsovervakning på slutväxeln inte är applicerbart utifrån ekonomiska, säkerhets- och tillgänglighetsaspekter, då fördelarna antagligen inte skulle överstiga investeringskostnaden. Tillståndsbaserat underhåll bör dock inte helt överges av FMV för Stridsvagn 122 då övervakning av andra delsystem skulle kunna ge stora fördelar.

<i>Inledning</i>	2
<i>Tillståndsbaserat underhåll</i>	2
<i>Exempel på tillståndsbaserat underhåll på militära fordon</i>	3
<i>Möjligheter på Stridsvagn 122</i>	3
<i>Rekommendationer</i>	5
<i>Referenser</i>	5
<i>Kontaktpersoner på FMV</i>	6

Inledning

Uppgiften tilldelad, har varit att undersöka applicerbarhet av tillståndsbaserat underhåll på Stridsvagn 122. Undersökningen avgränsades till att kontrollera applicerbarhet av tillståndsovervakning av slutväxeln med möjlig analys av ljudsignaler med hjälp av fallbaserat resonerande. Applicerbarheten undersöktes utifrån incitamenten; finansiella, tillgänglighets- och säkerhetsaspekter.

Tillståndsbaserat underhåll

Som ett led att höja produktiviteten i svensk industri måste det satsas på att höja tillgängligheten på våra produktionsanläggningar. En stor bidragande faktor på tillgängligheten är hur underhållet utförs eller inte utförs. Ett bra underhåll har definierats som när lite avhjälpande underhåll utförs samt när så lite förebyggande underhållsaktiviteter som möjligt genomförs (Cooke and Paulsen, 1997). Detta kan låta som en omöjlig balansgång, men det finns olika strategier och tekniker för att åstadkomma just detta, i detta dokument kommer dock endast tillståndsbaserat underhåll att diskuteras.

Underhåll definieras av svensk standard (SS-EN 13306, 2001) som:

”Kombination av alla tekniska, administrativa och ledningens åtgärder under en enhets livstid avsedda att vidmakthålla den i, eller återställa den till, ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion”.

Tillståndsbaserat underhåll definieras av dito som:

”Förebyggande underhåll som består av kontroll och övervakning av en enhets tillstånd avseende dess funktion och egenskaper, samt därav föranledda åtgärder”.

Det tillståndsbaserade underhållet är alltså en strategi för att utföra förebyggande underhåll på ett effektivare sätt. I det tillståndsbaserade underhållet ingår tillståndskontroller med (objektiv) uppmätning av tillståndsdata, (subjektiv) kontroll av en anläggnings tillstånd, eller en kombination av de båda (vanligast). De uppmätta värdena eller kontrollerna måste sedan behandlas och analyseras samt jämföras med normala värden. Vid upptäckt av onormala värden måste analysen fördjupas och diagnos (vad håller på att hända och var) samt prognos (när kommer felet att bli kritiskt) ställas. Med dessa analyser kan man sedan planera ett underhållsstopp på ett bättre och effektivare sätt. Nödvändiga verktyg och reservdelar kan beställas, den mest erfarne underhållsteknikern kan underrättas samt underhållsstoppet kan förläggas utanför planerad produktionstid. I och med att tillståndskontrollerna finner begynnande fel kommer antalen haverier att minskas, med det även det avhjälpande underhållet och med analyser av tillståndsdata kommer underhållsstoppen att kunna planeras effektivare och minskas i omfattning. Ett väl fungerande tillståndsbaserat underhåll är alltså ett alternativ i rätt riktning mot ett bättre underhålls genomförande och ökad tillgänglighet (se tillståndsbaserat underhåll vidare (Bengtsson, 2004), se analys av ljudsignaler vidare (Olsson, 2005)).

Exempel på tillståndsbaserat underhåll på militära fordon

Genom en litteratursökning i vetenskapliga databaser kunde flera exempel på undersökningar om implementering av tillståndsbaserat underhåll på militära fordon hittas. Exempel på undersökningar som tydligt visar på stora fördelar med att implementera den tillståndsbaserade underhållsstrategin.

Banks et.al. (2002) presenterar både ekonomiska fördelar och tillgänglighetsfördelar med att införa tillståndsbaserat underhåll på en flotta av Advanced Amphibious Assault Vehicle (AAAV) men såg även en hel del kvalitativa fördelar. Man tyckte sig se att man skulle få en effektivare beslutsförmåga, minskning av underhållsrelaterade fel, en effektivare logistikgång, minskning av transport- och reservdelskostnader, ökad säkerhet för operatörer och passagerare osv. De kvalitativa uppskattningarna bestod dels av att man skulle kunna höja tillgängligheten från dagens uträknade värde på c:a 91% till c:a 95%, detta genom att höja den genomsnittliga tiden mellan fel (MTBF) med c:a 15% samt sänka den genomsnittliga väntetiden på underhållsresurser (MLDT) med c:a 50%. Investeringsavkastningen beräknades vid 5, 10, 15 och en 20-årsperiod till 1.8:1, 3.7:1, 12.1:1 och 14.2:1.

Nickerson och Nemarich (1990) undersökte redan 1990 fördelarna med att implementera tillståndsbaserat underhåll på mekaniska system inom sjöstridskraft. Man fann då att man avsevärt kunde minska underhållsrelaterade fel och underhållsåtgärder. Samtidigt såg man att man kunde öka tillgängligheten, minska reparations- och underhållstimmar, minska reservdelsförsörjning, minska utbyte av fungerande detaljer, samt utöka livscykeltiden.

Larder (2003) presenterar fördelar med ett system, Health and Usage Monitoring Systems (HUMS), som används på helikoptrar. Systemet övervakar bland annat växellåda, motor, rotordrivband osv. Systemet utvecklades för att i första hand förbättra säkerheten men man har över åren kunnat se flera exempel på andra fördelar så som förbättrad underhållsplanering, högre tillgänglighet och förlängd livscykel av komponenter.

Möjligheter på Stridsvagn 122

Undersökningen med att införa tillståndsovervakning på stridsvagn 122 avgränsades mot slutväxeln. Efter diskussioner på FMV i Skövde klargjordes att man idag utför avhjälpande underhåll på slutväxeln, förebyggande underhåll bedrivs endast i form av oljebyte och vissa sporadiska subjektiva kontroller. När stridsvagnen finns i verkstad kan tekniker och värnpliktiga upptäcka oljefläckar under slutväxeln vilket kan indikera begynnande fel eller fel. Under drift kan man upptäcka onormala ljudnivåer vilket i vissa fall också kan indikera begynnande fel eller fel på slutväxeln. En tredje kontroll som genomförs sporadiskt är kontroll av glapp då bandet är demonterat. Dock verkar det inte vara lätt att upptäcka begynnande fel och slutväxeln brukar normalt endast bytas då haveri har uppstått. För närvarande arbetas även med konstruktionsmässiga ändringar på slutväxeln för att få upp tillförlitligheten (snävare toleranser i gängen som håller hela slutväxeln på plats), så felintensiteten kommer med största sannolikhet att sjunka vilket kommer att ge längre genomsnittlig tid mellan underhållsåtgärder (MTBM – Mean Time Between Maintenance) samt då naturligtvis även en längre genomsnittlig tid mellan fel (MTBF).

Det avhjälpande underhåll som genomförs efter ett haveri består i utbyte av hela slutväxeln, den trasiga slutväxeln skickas till Skövde för reparation för att sedermera ingå som

utbytesenhet. Uppskattade tider för att byta en havererad slutväxel förklarades vara c:a 5 timmar i verkstad och upp till c:a 10 timmar i fält, samt att de flesta förband har slutväxel liggandes i lager. Detta ger således korta väntetider i form av logistikväntetider (MLDT – Mean Logistics Down Time) och administrativa väntetider (MTW(A) – Mean Time Waiting Administrative) och inverkar då inte särskilt mycket på den totala tillgängligheten av stridsvagnen beräknat genom formeln (se vidare Bergman och Klefsjö, 1996):

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MLDT + MTW(A) + \bar{M}}$$

där:

- MTBM = Mean Time Between Maintenance, vilket har inverkan av både avhjälpande och förebyggande underhåll
- MLDT = Mean Logistics Down Time, vilket innefattar väntetider på underhållsresurser, exempelvis väntetider på reservdelar, tekniker eller verktyg
- MTW(A) = Mean Time Waiting Administrative, vilket innefattar administrativa väntetider innan underhåll kan genomföras
- M(streck) = Mean Maintenance Time, vilket innefattar väntvärdet av den aktiva tiden för underhåll inräknat både avhjälpande och förebyggande underhåll

Att få en tidig indikation om begynnande fel på slutväxeln ses naturligtvis som någonting positivt men man ser det dock som en svår uppgift då felförloppen kan vara relativt snabba. I och med att man inte reparerar slutväxeln på plats då den havererat utan använder sig av utbytesenheter skulle inte den aktiva tiden för underhåll, M(streck), minska i och med införande av tillståndsövervakning. Således det enda värdet i formeln för tillgänglighet enligt ovan som man skulle kunna förbättra något är genomsnittliga tiden mellan underhåll, MTBM, vilken man redan arbetar att förbättra genom konstruktionsförändringar.

Sett ur säkerhets- och ekonomiska aspekter för ett införande av tillståndsövervakning på slutväxeln kan sammanfattas kort enligt:

- Säkerheten skulle möjligtvis kunna höjas något om man fick till ett tillförlitligt övervakningssystem, men med snabba felförlopp kan det dock vara svårt att tekniskt realisera ett sådant. Enligt ovanstående resonemang om närmast oförändrad tillgänglighet vid ett införande kan även utläsas att säkerheten inte skulle kunna utökas nämnvärt mycket.
- Den ekonomiska biten blir naturligtvis svårare att undersöka. Reparationstiden (i Skövde) för en havererad slutväxel har inte undersökts, möjligtvis skulle den kunna minskas om man innan man börjar genomförandet av reparationen redan vet vad som exakt har havererat (minskning av felsökningstid), dock har man god kunskap om hur och vad som går sönder i en slutväxel så denna aspekt kan vara försumbar. Igen, med ovanstående resonemang om närmast oförändrad tillgänglighet kan utläsas att den ekonomiska aspekten inte skulle kunna förbättras nämnvärt. I detta resonemang måste man ju även lägga in bitar som kostnad för övervakningssystemet som skulle innehålla sensorer, kablage och analysmjukvara samt kostnad för de som genomför analysen.

Rekommendationer

Rekommendationer samt sammanfattning som kan lämnas angående implementering av tillståndsovervakningsverktyg på slutväxeln utifrån ovanstående undersökning kan sammanfattas enligt punktlista nedan:

- Den genomsnittliga administrativa väntetiden innan underhåll, MTW(A), skulle inte förbättras av ett införande av tillståndsovervakning.
- Den genomsnittliga väntan på underhållsresurser, MLDT, skulle inte förbättras av ett införande av tillståndsovervakning.
- Den genomsnittliga väntvärdet av den aktiva tiden för underhåll, M(streck), skulle inte förbättras av ett införande av tillståndsovervakning.
- Det kan med ljudsignaler vara svårt att finna begynnande fel på slutväxeln då den har ett relativt snabbt felförlopp.
- Subjektiv (visuell) kontroll/test skulle kunna konkretiseras på ett bättre sätt och föras in som rutin både för värnpliktiga och tekniker, att genom oljeläckage upptäcka fel på slutväxeln är bättre än att låta den haverera i drift när den befinner sig långt från verkstad eller fältläger.

Generella rekommendationer som kan lämnas angående implementering av tillståndsbaserat underhåll på militära fordon utifrån ovanstående litteraturundersökning kan sammanfattas enligt punktlista nedan:

- Rätt utfört tillståndsbaserat underhåll kan leda till fördelar som:
 - Minskning av fel orsakade av underhållsrelaterade åtgärder
 - Minskning av underhållsaktiviteter
 - Minskning av inspektions- och reparationstimmar
 - Minskning av reservdelsförsörjning
 - Minskning av utbyte av fungerande detaljer
 - Förlängning av utrustnings-livscykel
 - Ökad tillgänglighet (minskad MLDT och MTW, förlängning av MTBF)
 - Förbättrad felsökningsteknik
 - Ökad säkerhet för besättningsmän
 - Förbättrad underhållsplanering

Slutgiltiga rekommendationer kan sammanfattas som att införa tillståndsovervakning utöver en förbättrad rutin av subjektiva kontroller/tester inte kan rekommenderas utifrån den kortare undersökning som har genomförts. Att förbättra tillförlitligheten på slutväxeln genom konstruktionsförändringar verkar i dagsläget den bästa lösningen. Detta innebär dock inte att tillståndsovervakning och tillståndsbaserat underhåll inte är en strategi som är helt fel för Stridsvagn 122. En större undersökning av de kritiska delsystemen för stridsvagnens framkomlighet rekommenderas.

Referenser

Banks, J., C., Crow, E., and Reichard, K., A Cost-Benefits Analysis of the Effect of Condition-Based Maintenance Strategies for Military Ground Vehicles, "Proceedings of Aerospace Conference", IEEE, 2003.

Bengtsson, M., (2004), Condition Based Maintenance Systems – An Investigation of Technical Constituents and Organizational Aspects, Mälardalen University Press, Västerås.

Bergman, B. och Klefsjö, B., (1996), Tillförlitlighet, Studentlitteratur, Luleå Tekniska Universitet.

Cooke, R. and Paulsen, J., Concepts for measuring maintenance performance and methods for analysing competing failure modes, “Reliability Engineering and System Safety”, Vol. 5, Issue 2, pp. 135-141, 1997.

Followell, D., Gilbertson, D., and Keller, K., Implications of an Open System Approach to Health Management, “Proceedings of Aerospace Conference, 2004”, pp. 3717-3724, IEEE, 2004.

Larder, B., D., Assessing the Benefit of Helicopter Health and Usage Monitoring Systems, “Aircraft Airborne Condition Monitoring, IEE Seminar on (Ref. No. 2003/10203)”, 2003.

Nickerson, G., W. and Nemarich, C., P., A Mechanical System Condition-Based Maintenance Demonstration Model, “Proceedings of AUTOTESTCON '90. IEEE Systems Readiness Technology Conference”, pp. 529-533, 1990.

Olsson, E., (2005), Diagnosis of Machines within Industry using Sensor Signals and Case-Based Reasoning, Mälardalen University Press, Västerås.

Stridsvagn 122 – Materialvårdsschema Grundtillsyn, Försvarets Materielverk, M7782-011551 MVSCHG STRV 122, 2003.

Swedish Standards Institute, Underhåll - Terminologi, SS-EN 13305, 2001.

Kontaktpersoner på FMV

Björn Niklasson, bjnik@fordonfos.com

Håkan Stråkensjö, hakan.strakensjo@fmv.se

Maria Rynemark Bergman, maria.rynemark.bergman@fmv.se

Nils-Anders Ekberg, nils-anders.ekberg@fmv.se