



BRU-32 LINEAR ACTUATOR HUOLTOKYVYN SELVITYS

Arimo Suoranta

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

ARIMO SUORANTA:
BRU-32 Linear actuator huoltokyvyn selvitys

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Maaliskuu 2015

Patria selvittää mahdollisuutta luoda huoltokyky ripustinlukko BRU-32:n lineaariaktu-aattorille. Huoltokyvyn avulla pyritään alentamaan ripustinlukkojen varaosakustannuk-sia huoltamalla niistä vikaantuneita lineaariaktuatoreita.

Tässä opinnäytetyössä pyritään selvittämään voidaanko tämä kyseinen lineaariaktu-aattori huoltaa Patrialla. Työssä listataan huoltoon tarvittavat varaosat, tarkistetaan niiden saatavuudet ja selvitetään olemassa olevat piirustukset. Suunnitellaan kuinka aktuaattori testataan sekä suunnitellaan alustavasti testilaite (lyijykynävedos). Jos annettujen tunti-en puitteissa keritään, piirretään kytkentäkuvat ja testilaite puhtaaksi sekä kirjoitetaan testiohje. Testilaitteen valmistaminen jätetään vielä optioksi.

Tällä hetkellä vikaantunut laite on otettu syrjään odottamaan mahdollista vika-analyysia sekä jatkotuomiota. Tarkoitus olisi, että selvitystyön jälkeen nämä laitteet voitaisiin jo-ko huoltaa tai niistä voitaisiin riisua tärkeitä komponentteja toisiin huollettaviin aktuaat-toreihin. Huollettuihin aktuaattoreihin olisi tarkoitus myös tehdä liitin modifikaatio.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Aircraft technology

ARIMO SUORANTA:
Maintenance study of BRU-32 Linear actuator

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 8 pages
March 2015

Patria explores the possibility of creating a maintenance capability for BRU-32's linear actuator. With the maintenance capability Patria tries to lower the spare part costs by overhauling the faulty linear actuators.

This bachelor's thesis examines if it's possible to overhaul the linear actuator in Patria. The thesis lists the spare parts needed in the overhaul and checks the availability of these parts. Already draft drawings will be listed and used in the study. This thesis plans how the actuator will be tested after the overhaul; the design of the test device is also presented in the thesis. If possible under the reserved work hours, a connection diagram is draft and a test manual is written. Manufacturing the test device is left as an option.

Currently a faulty actuator is taken aside to wait a possible fault analysis and further decision what to do with it. The goal would be that after this study, these devices can be overhauled or dismantle the actuator's working components and use them as spare parts for other faulty actuators in the future. It is intended to make a connector modification to the overhauled actuators.

Key words: maintenance capability, linear actuator, testing, connector modification

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LINEAARIAKTUAATTORIN ESITTELY	7
2.1	Lineaariaktuaattorin rakenne	7
2.1.1	Liitinmodifikaatio	12
2.2	Aktuaattorin toiminta.....	13
3	OBSOLIITTISELVITYS	18
3.1	Määritelmä	18
3.2	Menetelmä	19
3.3	Tulokset	19
4	TESTILAITE JA TESTAAMINEN.....	22
4.1	Testilaite.....	22
4.2	Testaaminen	26
5	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Aktuaattorin ja BRU-32 välinen kytkentäkuva.....	31
	Liite 2. Testausohje BRU-32 lineaari aktuaattorille (1/5)	32
	Liite 3. Linear aktuaattorin varaosaluettelo osanumeroilla (P/N)	37
	Liite 4. Liitinmodifikaatioon tarvittavat komponentit osanumeroilla (P/N)	38

LYHENTEET JA TERMIT

Linear actuator	Lineaarinen karamoottori / lineaarinen aktuaattori (käytetään jatkossa termiä aktuaattori)
AWS	Lentokoneen asejärjestelmä (Aircraft Weapon System)
NC	Normaalisti kytketty (Normally connected)
NO	Normaalisti auki (Normally open)
Modifikaatio	Muutos
Obsoliitti	Komponentti, jota ei enää valmisteta (obsolescence)

1 JOHDANTO

Tutkin opinnäytetyössäni mahdollisuutta luoda huoltokyky ripustinlukko BRU-32:n lineaariaktuaattorille. Aktuaattori on niin sanottu karamoottori, joka avaa ja sulkee ripustinlukko BRU-32:n kiinnityslukot.

Ensimmäisenä piti selvittää aktuaattorin rakenne, sen komponentit ja varaosien saatavuus nyt sekä tulevaisuudessa. Piti myös selvittää mahdolliset korvaavat komponentit sellaisille varaosille, joita ei ole enää saatavilla. Tällainen selvitys on nimeltään obsoletiselvitys ja se on tärkeä osuus huoltokyvyn selvitystä, sillä ilman varaosia huoltokykyä ei voida järjestää.

Kun varaosat ja niiden saatavuudet oli tutkittu, selvitettiin seuraavaksi kuinka huollettu aktuaattori testataan. Tässä opinnäytetyössä esitetty testaus on laadittu BRU-32:n testauksen pohjalta. Aktuaattorin testauslaitteisto suunniteltiin matkimaan BRU-32:n ympäristöä, joten tällöin saadaan testattua aktuaattori mahdollisimman hyvin sen alkuperäisen toimintaympäristön kaltaisissa olosuhteissa. Täten varmistetaan, että aktuaattori toimii oikealla tavalla myös testilaitteiston ulkopuolella.

Lopuksi opinnäytetyössä pohdittiin onko aktuaattori mahdollista huoltaa Patrialla ja jos on, niin minkälaisilla reunaehdoilla.

2 LINEAARIAKTUAATTORIN ESITTELY

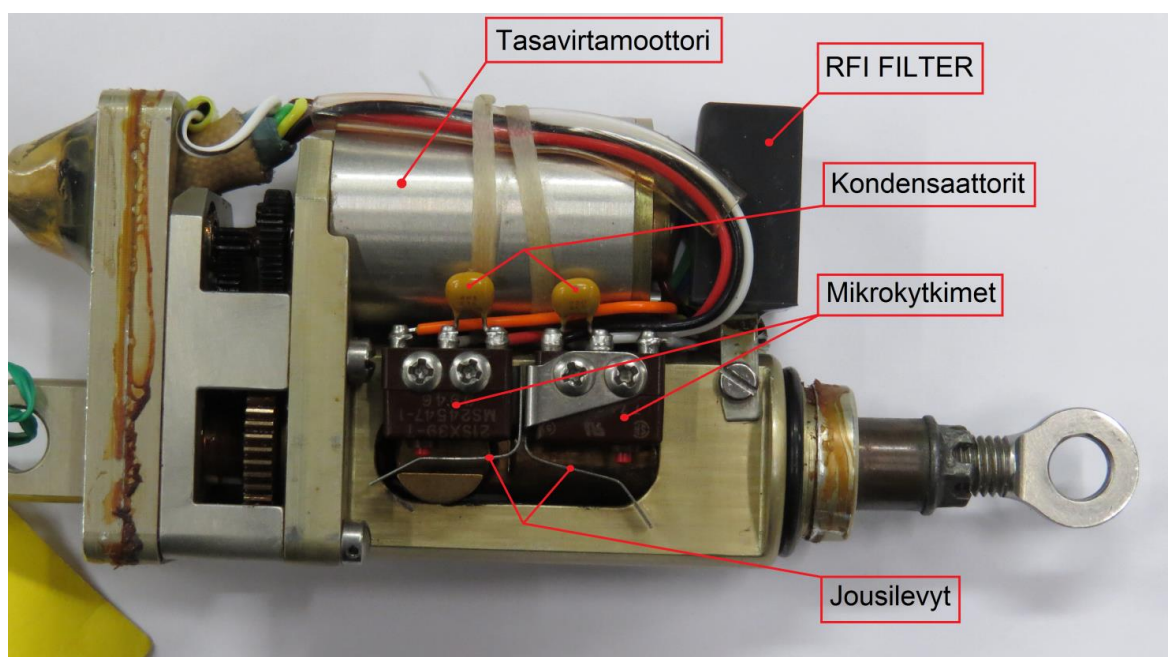
Lineaariaktuaattori on lineaarinen karamoottori, joka avaa ja sulkee laukaisulaitteen kuormalukot aktuaattorin saamien käskyjen mukaan. Seuraavissa kappaleissa käydään lävitse aktuaattorin rakenne sekä toiminta.

2.1 Lineaariaktuaattorin rakenne

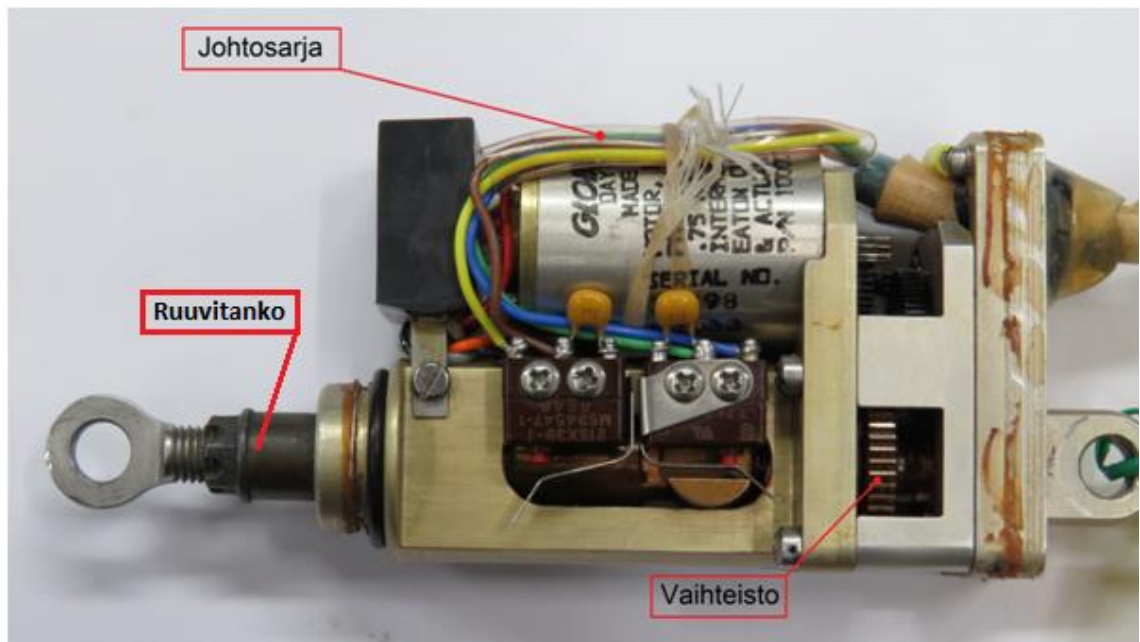
Aktuaattori koostuu tasavirtamoottorista, vaihteistosta, ruuvitangosta, mikrokytkimistä, mikrokytkimien jousilevyistä, kondensaattoreista, RFI-filteeristä, johdinsarjasta, haitarikumista, diodeista, rungosta sekä kotelosta. Haitarikumi ja diodit löytyvät vain uusista aktuaattorimalleista, diodien paikat käyvät ilmi uuden aktuaattorimallin sähkökaaviosta. Tarkoituksena on, että vanhat huolletut aktuaattorit varustettaisiin tulevaisuudessa myös haitarikumilla.

Aktuaattorin moottori on kytkettynä ruuvitankoon vaihteiston välityksellä, joka alentaa moottorin pyörimisnopeuden 21000 kierroksesta minuutissa, huomattavasti alaspäin nostoen samalla vääntöä. Vaihteisto on suoraan kytkettynä ruuvitankoon, joka mahdollistaa moottorin pyörivän liikkeen muuntamisen lineaarisesti liikkeeksi.

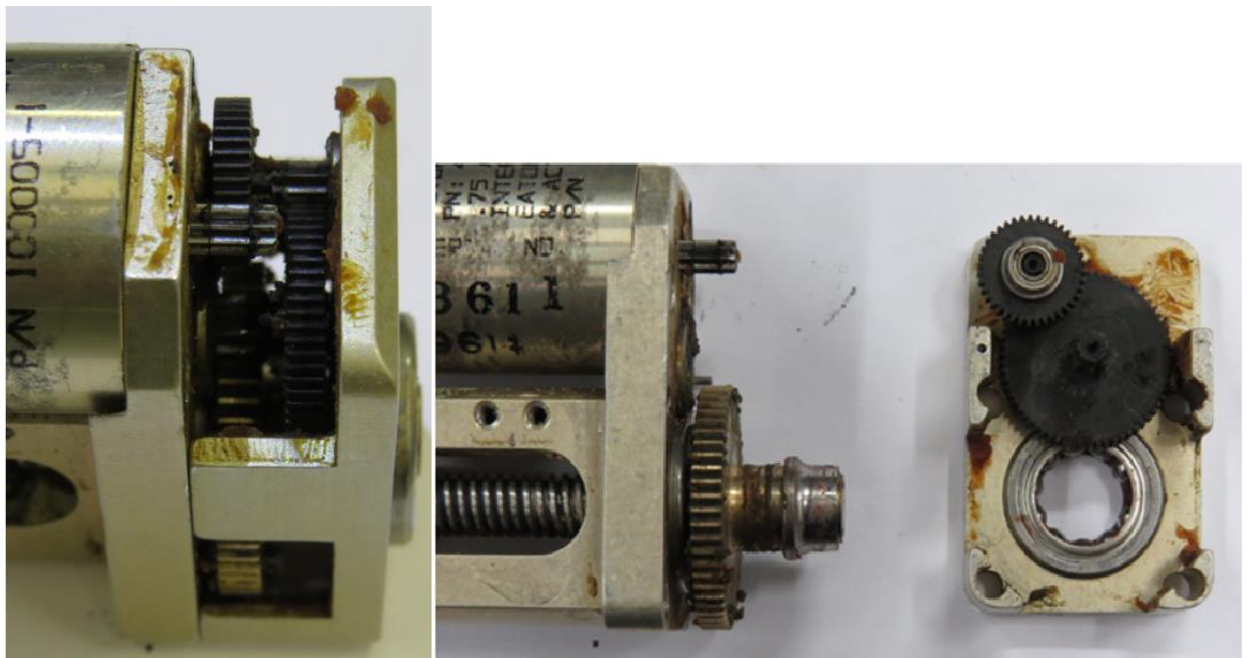
Kuvista 1, 2 ja 3 käy tarkemmin ilmi aktuaattorin rakenne ja komponentit.



KUVA 1. Aktuaattorin rakenne sekä komponentit



KUVA 2. Aktuaattorin rakenne sekä komponentit



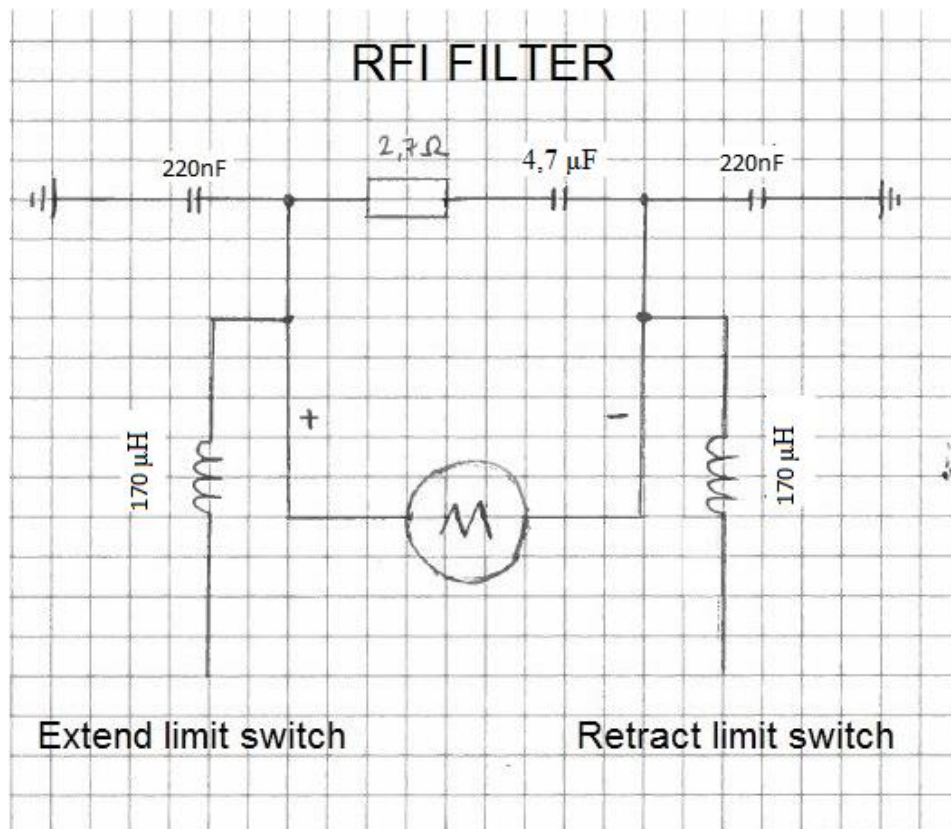
KUVA 3. Aktuaattorin vaihteiston rakenne sekä ruuvitanko

Aktuaattorin RFI-filtteri on koteloitu komponenttikokonaisuus, joka sisältää seuraavat komponentit: 2,7 ohmin vastus, 2 kpl 220 nF kondensaattoreita, 4,7 μ F kondensaattori, kela (2x170 μ H), runko sekä koteloitimaassa. Kuvasta 4 näkee puretun RFI-filtterin komponentit.



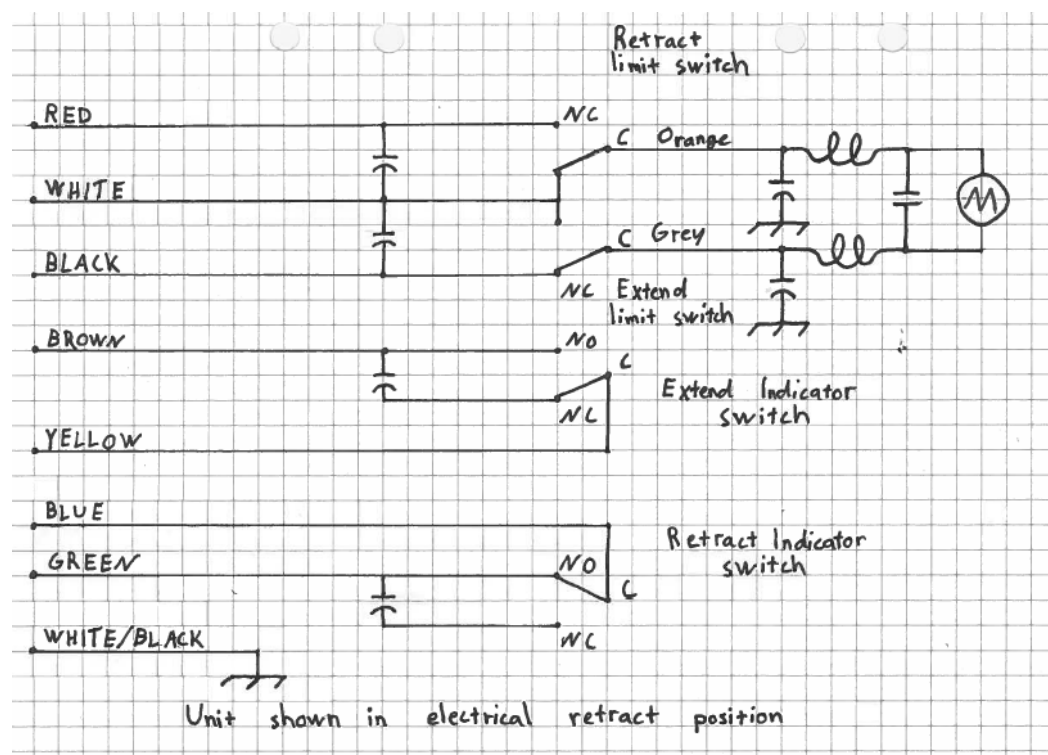
KUVA 4. RFI-filtterin rakenne sekä komponentit

Kuten kuvasta 4 näkee, on RFI-filtteri rakennettu metallikotelon ympärille, jolla se kiinnitetään aktuaattorin runkoon. Kondensaattorit, vastus sekä kela on juotettu ensin yhdeksi kokonaisuudeksi, jonka jälkeen tämä kokonaisuus on juotettu kiinni RFI-filtterin metallirunkoon. RFI-filtterin sähkökytkentä on selitetty kuvassa 5.

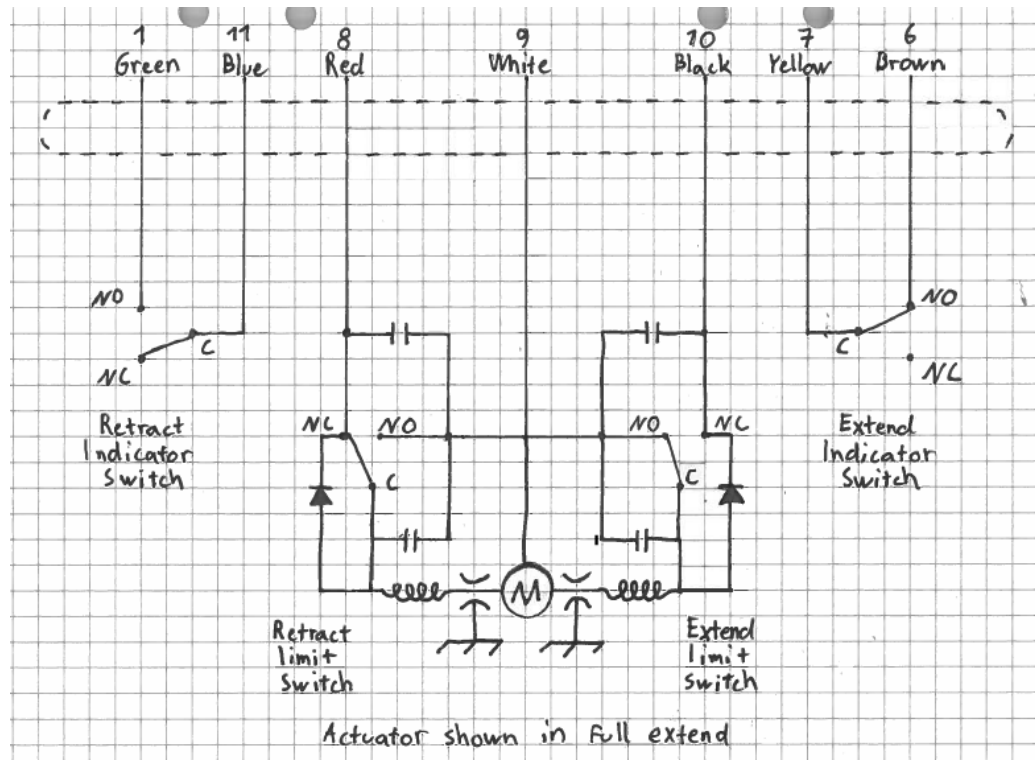


KUVA 5. RFI filterin sähkökaavio

Aktuaattorin uudella ja vanhalla mallilla on toisistaan hieman poikkeavat sähkökaaviot, eroavaisuudet käyvät ilmi kuvista 6 ja 7.



KUVA 6. Vanhemman aktuaattorimallin sähkökaavio



KUVA 7. Uudemman aktuaattorimallin sähkökaavio

Uudemmassa aktuaattorimallissa on lisätty kaksi diodia häiriönpoistoa varten sekä mahdollistamaan jännitteen paluun moottorilta liittimiin 8 ja 10. Täten varmistetaan aktuaattorin toiminta siinä tapauksessa, että jompikumpi aktuaattorin limit-switch mikrokytkimistä hajoaa, toisin sanoen aktuaattori voidaan ajaa ääriasentoon vaikka yksi mikrokytkimistä hajoaisi, eikä se jää keskiasentoon. Aktuaattori toimii siis, kuten rikkinäinen mikrokytkin olisi jatkuvasti NC-tilassa. Tämä vaikuttaa molempiin aktuaattorin toimintasuuntiin, locked- ja unlocked-tilat.

Aktuaattorimalleihin, joissa ei vielä ole liitintä, on tarkoitus myös tehdä liitinmodifikaatio huollon yhteydessä. Modifikaatioon tarvittavat ohjeet löytyvät ohjekirjasta NAVAIR XX-XXX-XX. Seuraavassa luvussa käsitellään tämän ohjeen pohjalta suoritettavaa liitinmodifikaatiota vanhoihin malleihin. Tarkastelussa ovat komponentit sekä yleissilmäys modifikaation tekemiseen. Tarkemmat ohjeet työn tekemiseen vaihe vaiheelta löytyvät ohjekirjasta, eikä niitä ole tarpeellista käydä lävitse tämän selvitystyön puitteissa.

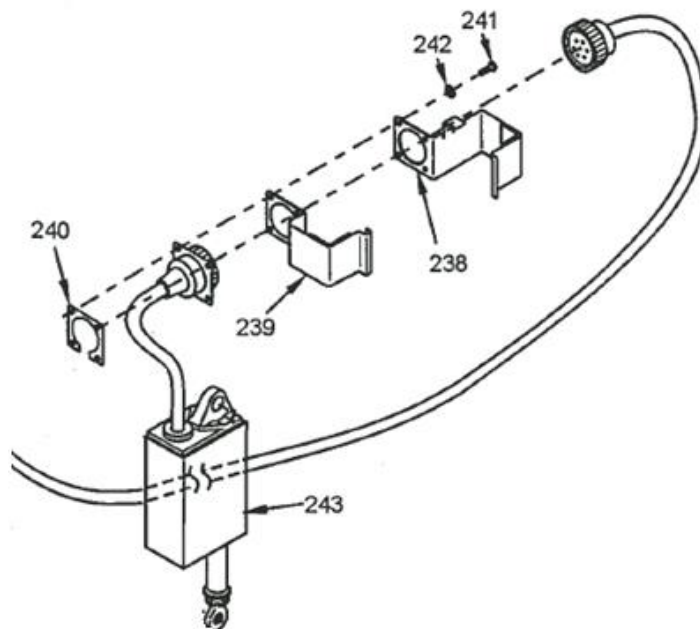
2.1.1 Liitinmodifikaatio

Vanhoissa aktuaattorimalleissa on johdinten tunnistus tapahtunut pelkästään värien mukaan, nyt liitinmodifikaation jälkeen tapahtuu tunnistus värien sekä liittimen koskettimien numeroiden mukaan. Taulukosta 1 käy ilmi mikä väri vastaa mitäkin koskettimen numeroa.

TAULUKKO 1. Liitinmodifikaation kytkentätaulukko

Yellow	6	Black	10
Brown	7	Green	1
Red	8	Blue	11
White	9	Ground	13

Liitinmodifikaatioon tarvittavat komponentit on listattu taulukossa 2. Siihen on myös listattu komponenttien saatavuus. Listassa on komponentteja, joita käytetään itse liitinmodifikaatioon, sekä komponentteja, joilla liitin kiinnitetään aktuaattorin runkoon. Kiinnitys on esitetty kuvassa 8.

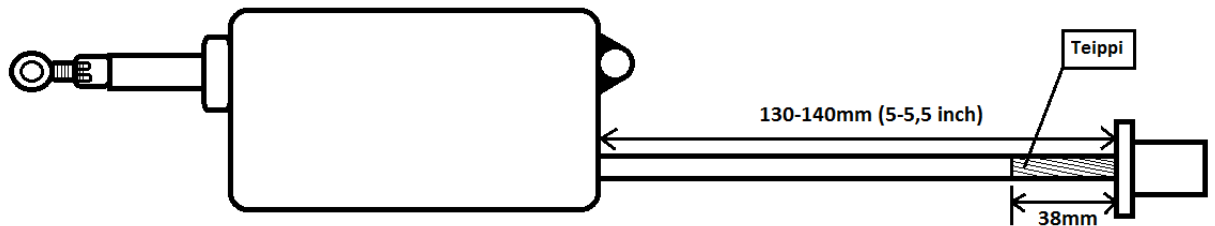


KUVA 8. Liittimen kiinnitys aktuaattorin (243) runkoon (Navair XX-XXX-XX, 2012, WP 008 00 Page 5 Figure 1)

TAULUKKO 2. Liitinmodifikaatioon tarvittavat komponentit

Komponentin nimi	Saatavuus	No.
Liitin	Saatavilla	
Johdin	Saatavilla	
Kiinnike	Saatavilla	238
Kiinnike	Saatavilla	239
Laippa, liitin asennus	Saatavilla	240
Ruuvi	Saatavilla	241
Aluslevy	Saatavilla	242
Teippi	Saatavilla	

Kuvassa 9 on esitetty modifikaation jälkeinen periaatekuva aktuaattorista liittimen kanssa. Kuvasta käy ilmi myös aktuaattorin ja liittimen välisen johtimen pituus.



KUVA 9. Aktuaattori liitinmodifikaation jälkeen

Liitinmodifikaatiolla pyritään helpottamaan aktuaattoreiden vaihtoa BRU-32 laukaisulaitteessa. Ennen modifikaatiota jouduttiin joko katkaisemaan aktuaattori irti johtosarjasta tai irrottamaan koko johtosarja. Aktuaattorin huollon yhteydessä on kätevää sekä helppoa päivittää vanhat aktuaattorimallit vastaamaan uusia.

2.2 Aktuaattorin toiminta

Kuvaus normaalista toimintajärjestyksestä lentokoneympäristössä:

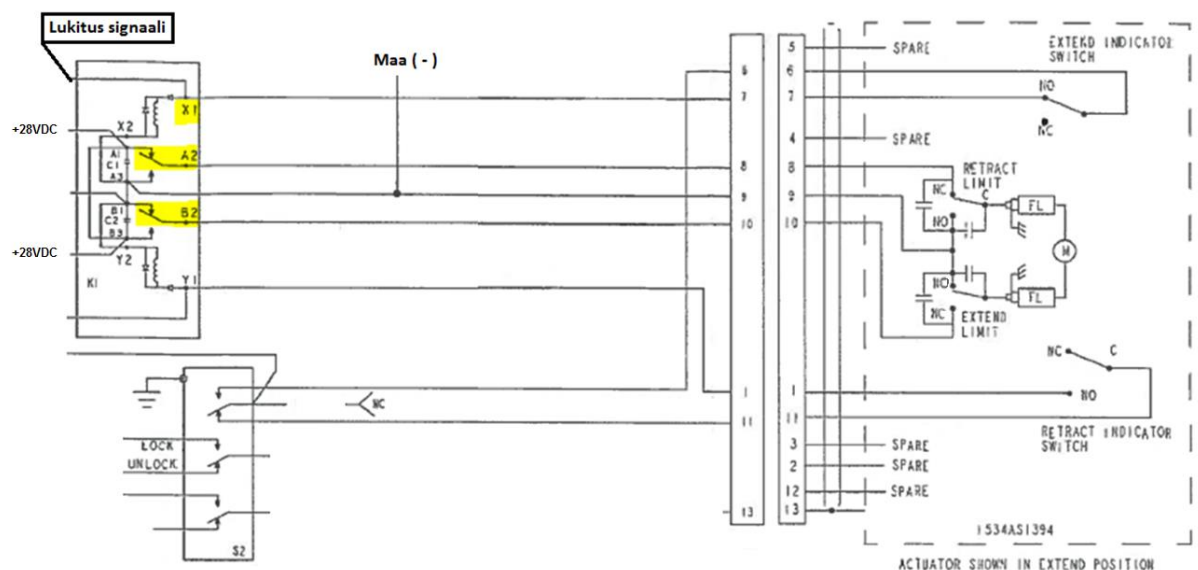
- Laukaisulaitteessa on kuorma, lentokoneessa on sähköt päällä ja laskutelineet ovat alhaalla. (Kuormantunnistinkytkimet ilmoittavat, että ripustinkoukut ovat lukittuina.) Turvakahva voi olla lukittuna tai auki asennossa.

- b) AWS, lentokoneen asejärjestelmä, antaa lukitussignaalin. Signaali energisoi releen, joka välittää jännitteen aktuaattorille. Aktuaattorin sähkömoottorilla kestää noin 3-6 sekuntia ajaa lukko lukittu asentoon (sisään vedetty).
- c) Lentokone nousee ilmaan. Kun lentokone on ilmassa, AWS antaa auki komennon. Signaali energisoi releen, joka välittää jännitteen aktuaattorille. Aktuaattorin moottori ajaa lukon auki asentoon (ojennettu).
- d) Laukaise kuorma tai lukitse komento on annettu AWS:ltä
- e) Lentokone palaa takaisin, lentäjä valitsee: laskutelineet alas, laukaisulaite automaattisesti lukitsee kuorman, jos se on vielä kiinni laukaisulaitteessa eikä AWS ole aikaisemmin lukinnut kuormaa.

Aktuaattori siis sulkee ja avaa laukaisulaitteen kuormalukot sille tulevien käskyjen perusteella. Aktuaattori toimii sillä reunaehdolla, että ripustinkoukut ovat kunnolla lukittuna, lukitus kytkee aktuaattorin virtapiiriin maan (RTN), joka mahdollistaa aktuaattorin toiminnan, eli virtapiiristä tulee toimiva.

Seuraavaksi käydään läpi vaihe vaiheelta aktuaattorin sähköinen toiminta. Aloitetaan extend-asennosta ja palataan siihen takaisin kertoen samalla kuinka järjestelmä toimii. Aktuaattorin ja BRU-32:n välinen kytkentäkuva on nähtävissä kokonaisena liitteessä 1.

Kuva 10 selventää mitä tapahtuu kun extend-asennossa oleva aktuaattori saa retract-käskyn (lukitus).

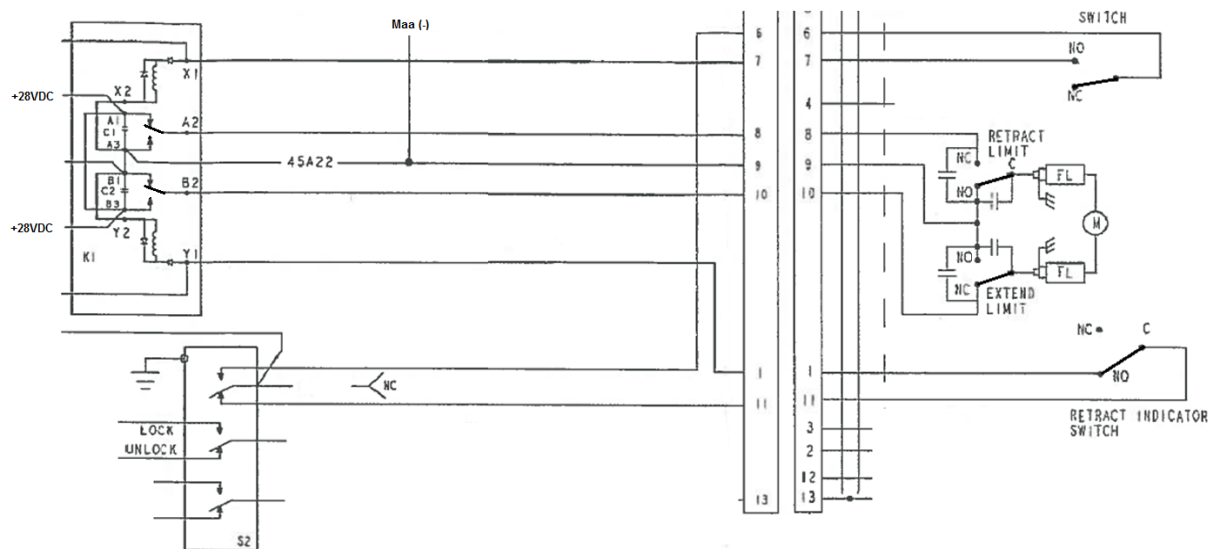


KUVA 10. KytKentäkuva hetkestä, kun AWS antaa lukitus käskyn

Signaali tulee K1-releen X1-nastaan ja se saa releen A- ja B-puolen vetämään. Tällöin kytkeytyvät A1-A2 ja B1-B2 nastat yhteen. Jolloin moottori saa + ja – jännitteen ja moottori lähtee ajamaan aktuaattoria retract-asentoon, kuten kuvasta 10 kävi ilmi. Heti liikkeelle lähdön jälkeen, moottorin ajama ruuvitanko vapauttaa extend limit - mikrokytkimen, joka kytkeytyy normaaliin asentoonsa (NC). Noin puolessa välissä ajoa kytkin S2 kytkeytyy mekaanisesti aktuaattorin liikkeen seurauksena lock-asentoon.

Kyseessä on siis niin sanottu impulssirele, joka toimii siten että yksi signaali kytkee molemmat A- ja B-puolen vetävään tilaan ja rele pitää nämä puolet vetävänä kunnes toinen signaali vapauttaa A- ja B-puolet.

Kun moottori on ajanut itsensä retract-asentoon, ruuvitangon mekaaniset siivet kytkevät retract ja extend limit-, sekä indicator- mikrokytkimet kuvassa 11 esitettyyn asentoon. Tällöin moottorin virtapiiri katkeaa, sillä molemmat sen nastoista ovat kytkeytyneenä maahan ja moottori pysähtyy.

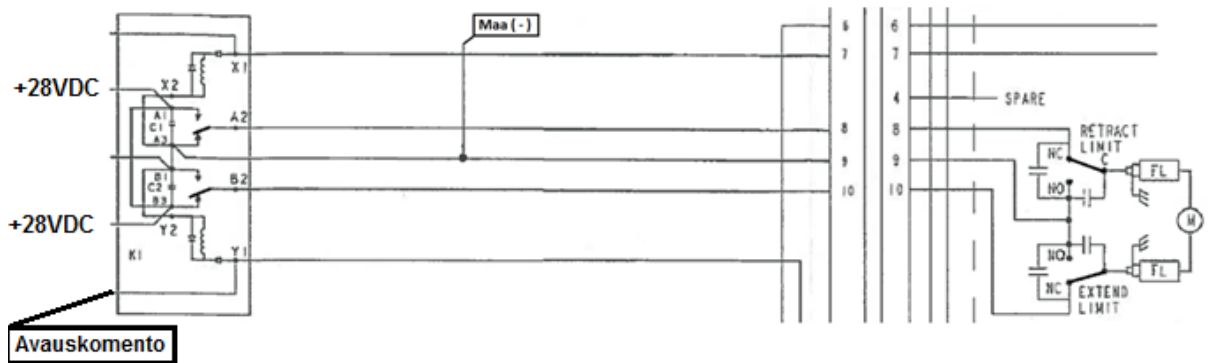


KUVA 11. Kytentäkuva aktuaattorin mikrokytkimistä sen ollessa retract- asennossa

Moottori lähtee liikkeelle kohti extend-tilaa seuraavilla tavoilla:

1. Annetaan unlock-käsky, jonka signaali tulee releen Y1-nastaan ja aktivoi vapauttamaan A1-A2- ja B1-B2- kytkenät ja palaamaan lepotilaan: A2-A3 ja B2-

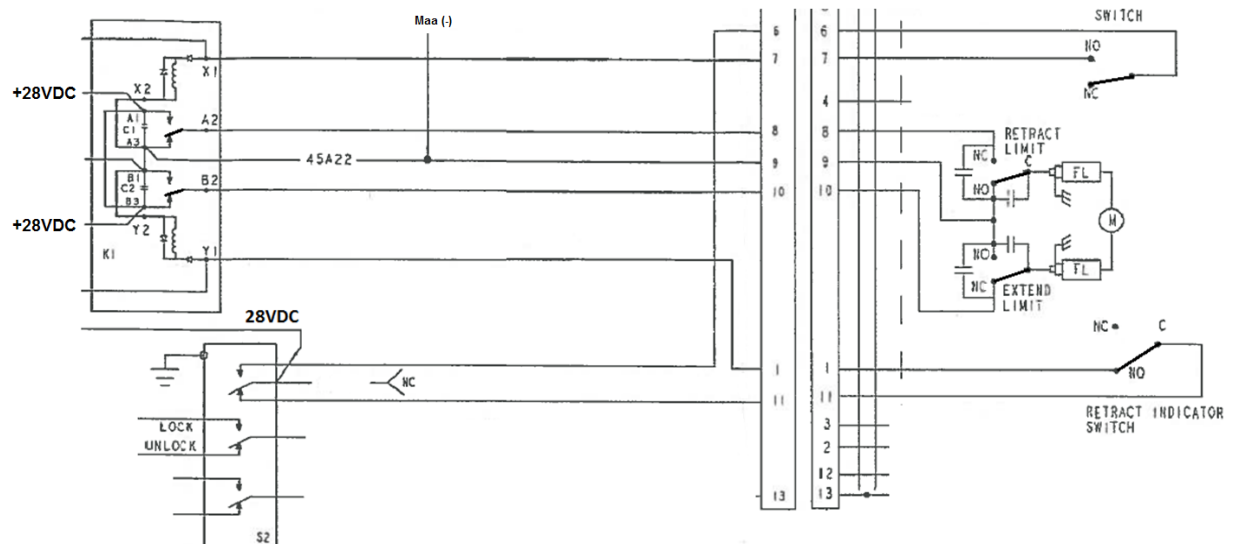
B3. Tällöin moottori saa + ja – navoilleen ja lähtee ajamaan aktuaattoria extend-tilaan. Kuva 12 selventää, miten tämä tapahtuu.



KUVA 12. KytKentäkuva, kun aktuaattori on saanut käskyn siirtyä extend-tilaan

Kuvasta 12 näkyy myös, miten moottorin liikkeelle lähdön jälkeen retract limit -mikrokytkin on palannut NC-asentoon.

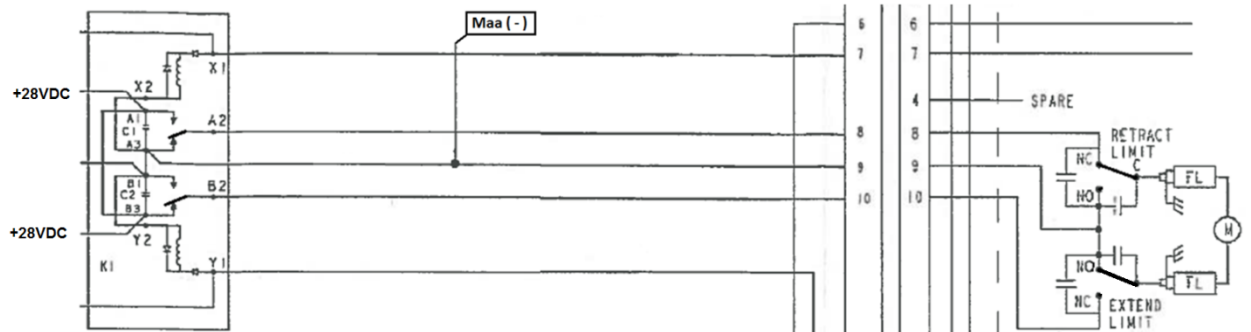
2. S2-kytkin jostain syystä vaihtaa asentoon lock-tilasta unlock-tilaan, tällöin aktuaattori lähtee ajamaan kohti extend-tilaa, Kuva 13 selventää asiaa.



KUVA 13. S2-kytkin ohjaa signaalin K1-releelle, jolloin aktuaattori palaa extend-tilaan

S2-kytkin ohjaa retract indicator -mikrokytkimen kautta 28 VDC jännitteen K1-releen Y1-nastan, jolloin askelrele vapauttaa A1-A2- ja B1-B2 - kytkennät ja palaa lepotiilaansa A2-A3 ja B2-B3. Tällöin moottori saa + ja – navoilleen ja lähtee ajamaan aktuaattoria extend-tilaan.

Kun aktuaattori pääsee takaisin extend-tilaan, jää se sinne, koska tällöin sen moottoriin kytkeytyy vain – jännitteet, kuten kuvasta 14 selviää.



KUVA 14. Extend-tila retract-tilan jälkeen

Edellä on siis kerrottu miten ehjä aktuaattori toimii, mahdollisten vikatilanteiden selvitys sekä yleisimmät vikatilat on lueteltuna testilaitetta käsittelevässä luvussa **4.2 Testaaminen**.

3 OBSOLIITTISELVITYS

3.1 Määritelmä

Obsoliittiselvitys tarkoittaa selvitystä, jolla todetaan komponentin saatavuus markkinoilla selvityksen aikana ja mielellään myös tulevaisuudessa. Selvityksellä koetetaan varmistaa laitteeseen tarvittavien komponenttien saatavuus, mikä on tärkeä osatekijä laitteen huollettavuutta, sillä ilman varaosia ei voida laitteita huoltaa kovinkaan pitkään. Saatavuus tulevaisuudessa perustuu arvioon, jonka komponenttivalmistajat ovat ilmoittaneet.

Jos komponentteja on hyvin saatavilla usealta valmistajalta, sekä niiden valmistus on turvattu pitkälle tulevaisuuteen, ei selvitys aiheuta lisätoimenpiteitä. Jos selvityksessä ilmenee, että komponentteja on huonosti tai ei ollenkaan saatavilla, tulee selvittää mahdolliset korvaavat komponentit sekä vastaavasti niiden saatavuus. Ilmailualalla rajaavana tekijänä on lisäksi se, että vastaavien komponenttien tulee olla ilmailualalle sertifioituja komponentteja.

Teollisuudessa, jossa laitteiden elinikä on pitkä, kuten ilmailualalla, tulee varmistua siitä, kuinka pitkään valmistajat aikovat valmistaa tarvittavia komponentteja ja kuinka pitkään niitä on saatavilla valmistuksen loputtua. Tämän varmistuksen saa parhaiten erinäisiltä obsoliittityökaluja tarjoavilta valmistajilta, esimerkiksi IHS:ltä. IHS:n tietojen perusteella voidaan arvioida tulevaisuuden tarve ja ostaa kyseisiä komponentteja tarpeeksi omaan varastoon talteen. Näin menetellään, jos vastaavien tai korvaavien komponenttien valmistus on lopetettu, mutta niitä on vielä valmistajien varastoissa myynnissä. Täten turvataan laitteen huollettavuus, vaikka valmistajan varastot tyhjenisivät.

3.2 Menetelmä

Tämän laitteen kohdalla suoritettiin obsoliittiselvitys listaamalla löydetyt komponentit ja aloittamalla valmistajien kartoitus. Näin tehtiin, koska kyseessä oli laite, joka sisälsi yhteensä alle 20 komponenttia. Normaalia obsoliittiselvitystä, jossa komponenttien tiedot lähetetään IHS obsoliittihallintatyökaluun, ei tarvittu, koska komponentit koostuivat suurimmalta osin yleisistä kondensaattoreista sekä mikrokytkimistä ja niiden jousilevyistä. Erikoisempien komponenttien sekä niiden, joita ei heti tunnistettu, osalta aloitettiin selvitys lähettämällä tiedusteluita valmistajille ja tutkimalla itse katalogeja. Kun kaikki komponentit oli tunnistettu, listattiin laitteeseen tarvittavat varaosat ja selvitettiin niiden saatavuudet.

3.3 Tulokset

Asentajilta kuullun palautteen perusteella voidaan arvioida, että aktuaattorin komponenteista mikrokytkimet ja jousilevyt ovat suurimmat vikatilojen aiheuttajat, noin 90 % vioista johtuu rikkinäisistä mikrokytkimistä tai jousilevyistä. Onneksi kyseiset komponentit ovat kuitenkin helposti korvattavissa uusilla kaupallisilla komponenteilla.

Selvitystyön aikana huomattiin, että aktuaattorin tasavirtamoottori oli valmistettu yksinoikeudella aktuaattorin silloiselle valmistajalle, Eaton Aerospace:lle, eikä moottorin valmistaja voinut tarjota vastaavia moottoreita varaosiksi. Eaton Aerospace ei koskaan vastannut tiedusteluihin koskien moottoreiden saantia varaosiksi, joten korvaavien moottoreiden etsintä aloitettiin kaupallisilta markkinoilta. Etsinnän aikana kävi kuitenkin ilmi, että kyseessä oli ominaisuuksiensa puolesta uniikki moottori, eikä täysin vastaavanlaista moottoria löytynyt. Korvaavan moottorin hankintasuunnitelmat pysäytettiin ja päätettiin yrittää korjata mahdollisesti vikaantuvat moottorit itse. Moottorin kuluviksi osiksi luetaan hiilet, jotka voidaan mahdollisesti vaihtaa. Maailmalta löytyy myös muutamia yrityksiä jotka korjaavat Globe Motorsin moottoreita, yksi niistä on Eurton Electric (<http://store.eurtonelectric.com/globemotorrepairandrewind.aspx>).

Toinen tarkemman selvityksen alle joutunut kokonaisuus oli RFI-filteri, joka koostuu neljästä eri komponentista. RFI-filterin komponentteihin kuuluu kaksi kappaletta 220 nF kondensaattoreita (224), yksi 4,7 μ F kondensaattori (475), yksi 2,7 Ω vastus ja yksi kela (2 x 170 μ H).

RFI-filtterin komponenteista kondensaattorit 220 nF ja 4,7 μ F löytyvät useammalta valmistajalta. Vastus, (2,7 Ω), voidaan korvata vastaavalla helposti saatavalla komponentilla. Kela (2x170 μ H) voidaan käytännössä valmistaa itse erillisistä komponenteista.

Liitinmodifikaation lisäksi huollettaviin aktuaattoreihin on tarkoitus asentaa tiiveyttä parantava haitarikumi estämään ulkopuolisen kosteuden pääsemistä aktuaattorin sisälle hapettamaan osia. Haitarikumin malli ja mitat ovat saatavilla uusissa aktuaattoreissa käytettävistä haitarikumeista, jotka valmistaja on teettänyt niihin. Valitettavasti valmistaja ei ole vastannut kyselyihin haitarikumien ominaisuuksista eikä varaosasaatavuuksista. Täten joudutaan suunnittelemaan itse oma haitarikumi niin uudelle aktuaattorimallille kuin vanhallekin. Haitarikumit uusiin ja vanhoihin malleihin eroavat toisistaan siinä, miten niiden kiinnitys aktuaattoriin tehdään. Kuvasta 15 selviää, minkälaisesta haitarikumista on kyse. Sähköpostikyselyn perusteella seuraavat yritykset voisivat olla potentiaalisia vaihtoehtoja alihankkijoiksi, kun haitarikumeja aletaan teettää:

- Teknikum Oy (www.teknikum.com)
- Marwe (www.marwe.com)
- Hexamer (www.hexamer.fi)



KUVA 15. Haitarikumi kitattuna paikoilleen uuden malliseen aktuaattoriin

Seuraavaksi on listattu haitarikumin ominaisuuksia, jotka tulee ottaa huomioon teetettäessä uusia haitarikumeja:

Haitarikumin materiaalin ominaisuuksia:

- Kestettävä vähintään -50 °C asteen pakkasen (Lentokorkeus lämpötila)
- Kestettävä pientä mekaanista rasitusta ääriämpötiloissa
- Materiaaliksi soveltuu silikonikumi
- Valikoidun materiaalin kitattavuus tulee testata
- Materiaalin paksuus, noin 0,6 mm
- Materiaalin värillä ei ole käytännön merkitystä (uusissa aktuaattoreissa kumi on oranssin värinen).

Taulukko 3 sisältää listan selvitetystä aktuaattorin komponenteista, sekä niiden saatavuuksista.

TAULUKKO 3. Lineaari aktuaattorin varaosat

Komponentin nimi	Saatavuus
Mikrokytkin	Saatavilla
Mikrokytkimen levyjousi	Saatavilla
Kondensaattori	Saatavilla
Sähkömoottori, Globe Motors	Ei saatavilla
RFI FILTER, CORCOM	Ei saatavilla
Haitarikumi	Suunniteltava
Seeger	Saatavilla
Kitti	Saatavilla

Aktuaattorin sähkömoottorille sekä RFI-filtterille ei löytynyt korvaavia komponentteja. Näitä komponentteja joudutaan riisumaan toisista aktuaattoreista mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi yhdestä aktuaattorista on hajonnut vain RFI-filtteri ja hyllyssä odottaa yksi aktuaattori varaosamoottoria. Tällöin voidaan päättää tapauskohtaisesti, kumpi aktuaattoreista kannattaa korjata kuntoon ja kumpi riisua varaosiksi tulevaisuutta varten. Varaosaluettelossa oleva kitti (PR 1750) soveltuu aktuaattorin rungon tiivistämiseen, mutta se ei tartu liitinmodifikaatiossa käytetyn johtimen eristemateriaaliin. Täten aktuaattorin ja johtimen välinen tiivistys tulee tehdä toisella kitillä tai massalla.

4 TESTILAITE JA TESTAAMINEN

Tässä luvussa käydään lävitse huolletun aktuaattorin testaaminen ja siihen soveltuva testilaite. Selvitystyön aikana kävi ilmi, että Patrialla on muutama ilmavoimien CRALTS-testilaite joilla testataan BRU-32:n toiminta huollon jälkeen. Näihin testilaitteisiin on saatavilla ohjelmistopäivitys sekä adapteri pelkälle aktuaattorin testaukselle. Selvitystyön aikana kuitenkin päätettiin jatkaa korvaavan testilaitteen kehittämistä seuraavien syiden takia:

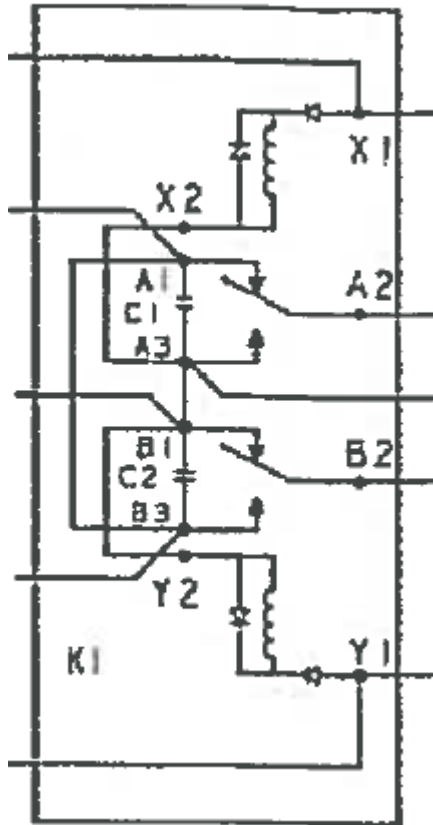
- CRALTS- testilaitteella suoritettavat BRU-32 testaukset tullaan korvaamaan jossain vaiheessa paremmalla ja tarkemmalla testilaitteella. Tällöin on hyvä olla olemassa jo korvaava testilaite myös aktuaattorille.
- Aktuaattoreiden huolto ja testaus toteutettaisiin Patrian Hallin yksikössä Passissa, jossa ei tällä hetkellä ole omaa CRALTS-testilaitetta. Oman testilaitteen valmistaminen takaisi täten testausvarmuuden.
- Testaavan asentajan kannalta on helpompaa, jos testilaitteena on yksinkertainen ja helppokäyttöinen testilaite, jolla asentaja voi suorittaa nopeasti aktuaattorin sähköisen testaamisen.

4.1 Testilaite

Jotta aktuaattori voidaan huoltaa luotettavasti, pitää se pystyä testaamaan. Tätä varten suunniteltiin yksinkertainen ja kustannustehokas testilaite, jolla voidaan todentaa aktuaattorin toiminta.

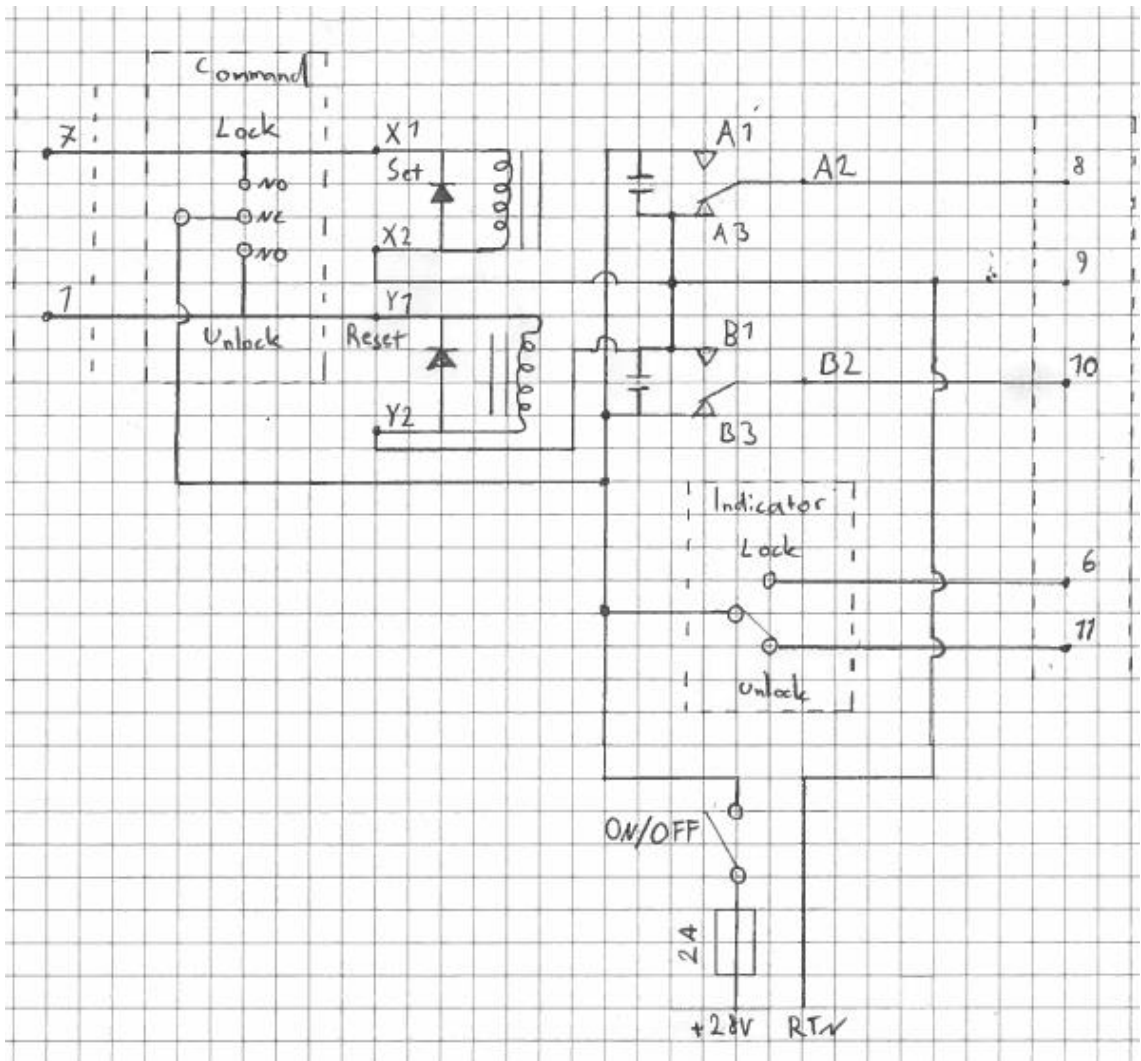
Testilaitteisto koostuu itse testilaitteesta, jännitelähteestä ja testauskaapelista. Testilaite valmistetaan muoviseen testilaiterasiaan, johon asennetaan liitinpisteet jännitelähteelle sekä mittauspisteille. Testilaitteeseen tulee myös kolme kytkintä, ON/OFF-kytkin, command-kytkin ja indicator-kytkin. Lisäksi testilaitteeseen asennetaan 2 A sulake suojaamaan ylivirralla. Testilaitteen johdotus hoidetaan AWG 22-johtimella, liittimelle menevä johdinnippu suojataan suojasukalla ja varmistetaan vedonpoistajalla testilaitteen päässä. Testilaitteeseen integroidaan rele, jollaista käytetään myös laukaisulaitteen jotosarjassa. Releen avulla aktuaattori toimii kuten oikeassa toimintaympäristössään. Releenä käytetään JL-D2L-117 releitä, joita oli vielä selvityshetkellä saatavilla.

Releeseen tulee juottaa kondensaattorit sekä hyppylangat kuvan 16 osoittamille paikoille. Kondensaattoreiden jalat tulee eristää tarvittaessa ja ne kytketään A1-A3 ja B1-B3 välille, kondensaattorit ovat arvoltaan 68 nF. Releen kanta voidaan myös tarvittaessa massata. Hyppylangat juotetaan seuraavien liitinpisteiden välille: A3-B1, A3-X2, B1-Y2, A1-B3.

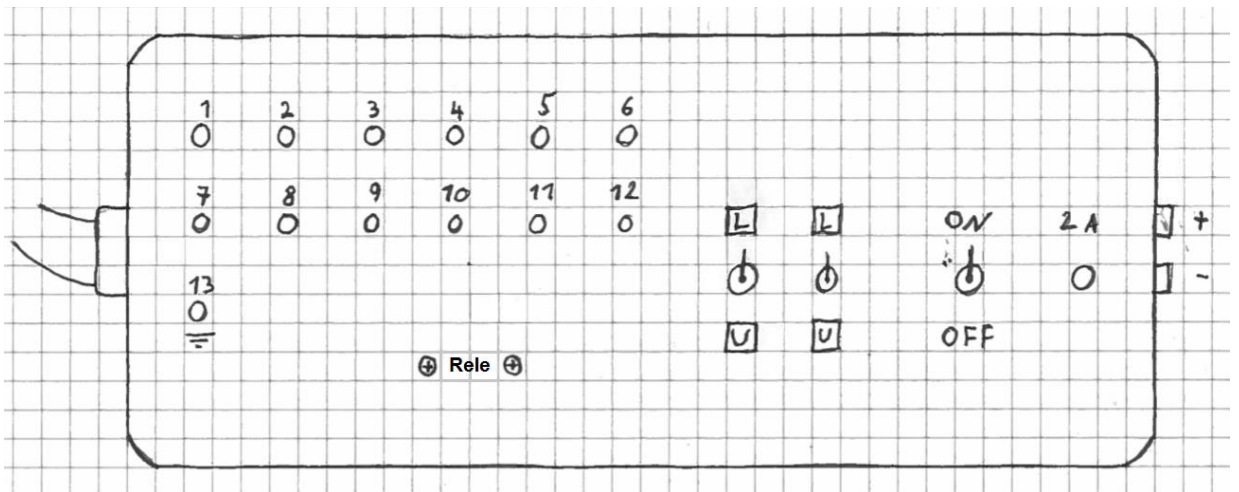


KUVA 16. Kondensaattoreiden ja hyppylankojen sijoittelu

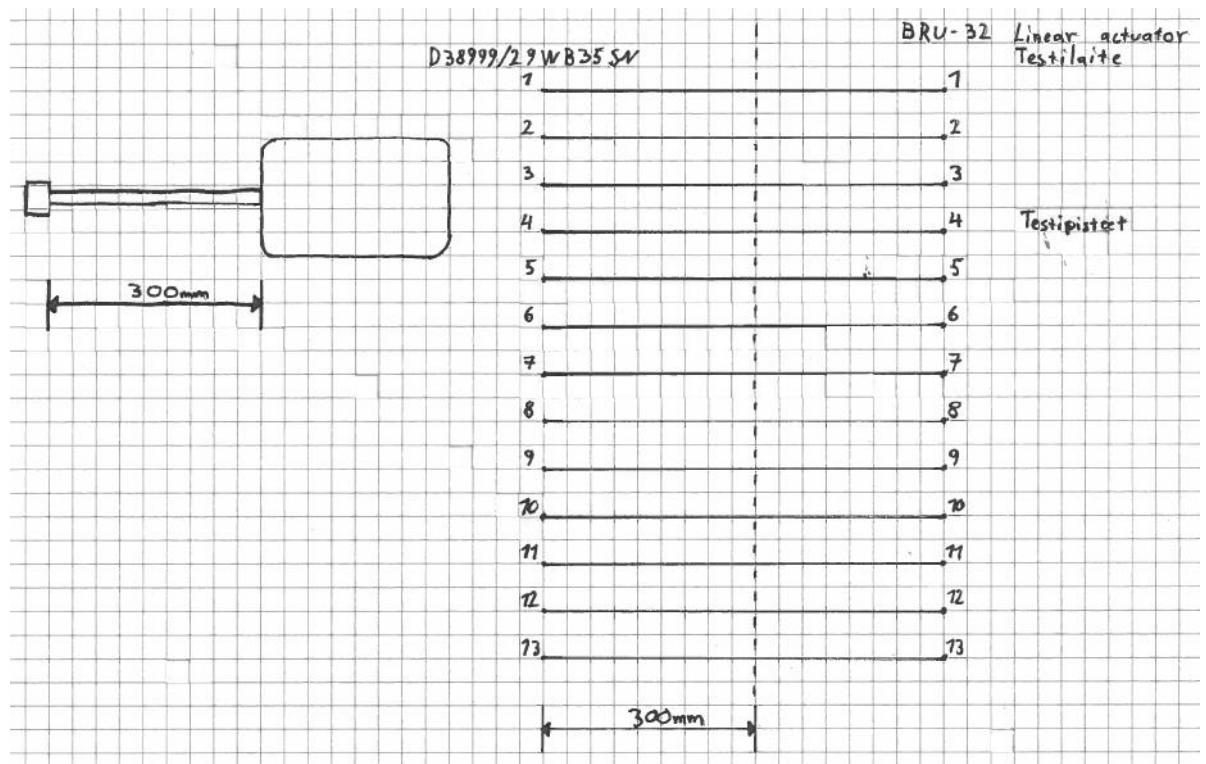
Seuraavaksi esitellään testilaitteen kytkentäkuva, kuva 17, testilaitteen periaatekuva, kuva 18, sekä testilaitteen ja aktuaattorille menevän liittimen välinen kytkentä, kuva 19.



KUVA 17. Testilaitteen kytkentäkuva



KUVA 18. Testilaitteen periaatekuva



KUVA 19. Aktuaattorille menevän liittimen ja testilaitteen välinen kytkentä

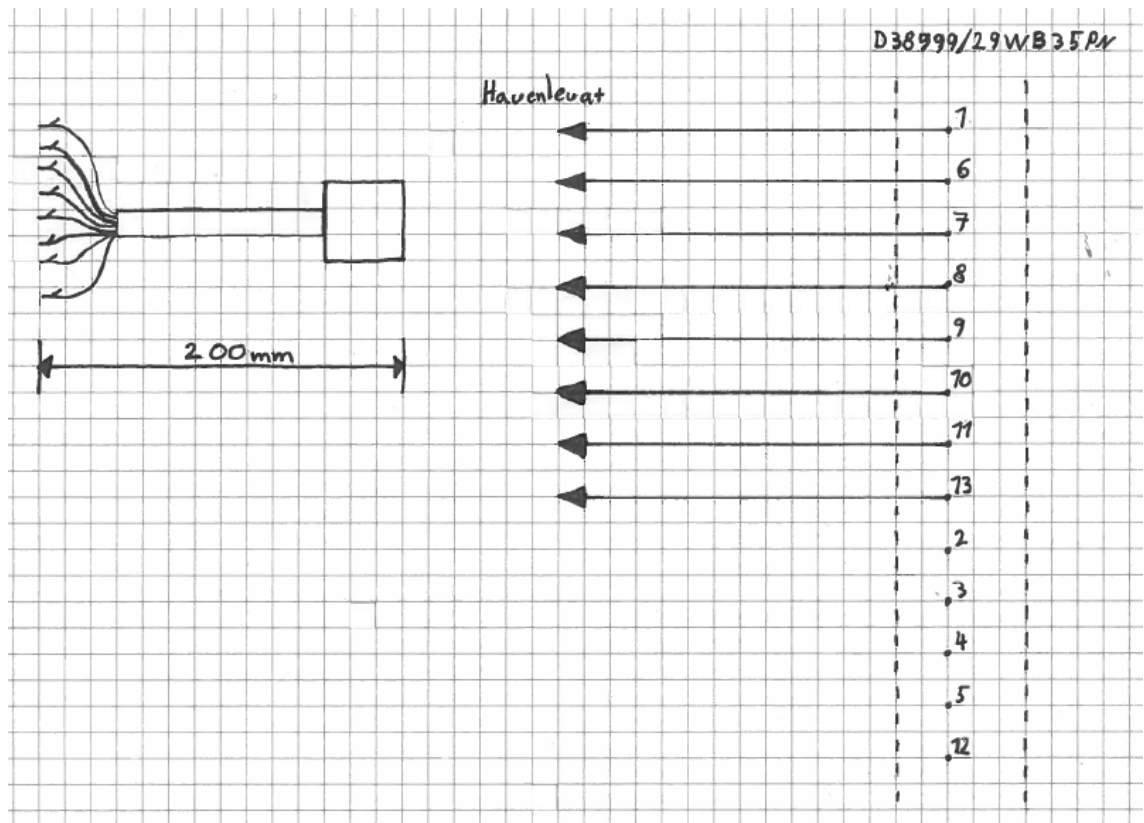
Testilaitteen komponentit on lueteltuina taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Testilaitteen komponentit

Komponentin nimi	P/N tai arvo	Huom.
Kotelo		
15 kpl Banaaniliittimiä, 14 pun, 1 musta		Testilaitteen mittapisteeet
ON-OFF-kytkin		ON/OFF-kytkin
2A sulake ja sulakepidin		
1 kpl (ON)-OFF-(ON)-kytkin		Command-kytkin
1 kpl ON-ON-kytkin		Indicator-kytkin
Liitin	D38999/29WB35PN	"Mustekalaan"
Vedonpoistaja	(M85049/38S15N)	"Mustekalaan" STRAIN RELIEF, MIL-DTL-38999 CONNECTOR
Liitin	D38999/29WB35SN	Testilaitteen johtosarjaan
Vedonpoistaja	(M85049/38S15N)	Testilaitteen johtosarjaan STRAIN RELIEF, MIL-DTL-38999 CONNECTOR
Hauenlauka 8 kpl		"Mustekalaan"
Johdin	AWG 22	Käytetään testilaitteen johdotuksissa
Suojasukka		Testilaitteen johdotusten suojana
Läpivienti vedonpoistolla		
Rele	JL-D2L-117	
Releen kondensaattorit	683K	

Lisäksi testilaitteen komponenteiksi voidaan lukea releen kiinnitykseen tarvittavat ruuvit.

Testilaitteeseen kuuluu myös testikaapeli sellaiselle aktuaattorimallille, johon ei ole vielä tehty liitinmodifikaatiota. Kuvasta 20 käy ilmi testikaapelin rakenne ja fyysiset mitat.



KUVA 20. Testilaitteen testikaapeli, niin sanottu mustekala

Kuvan 20 testikaapelin avulla voidaan kytkeä testilaitte sellaiseen aktuaattoriin, jossa ei ole liitinmodifikaatiota tehtynä. Aktuaattorin johtosarjan johtimet kuoritaan päistään auki ja kytketään testikaapeliin hauenleuoilla kiinni.

4.2 Testaaminen

Tässä luvussa käsitellään yleisellä tasolla, mitä aktuaattorista testataan ja miten se käytännössä tapahtuu siihen suunnitellulla testilaitteella. Aktuaattorin testaamiselle on laadittu oma erillinen ohje, joka löytyy liitteestä 2.

Aktuaattorin testaaminen tarkoittaa käytännössä sen sähköisen toimivuuden varmistamista sekä toimintavarmuuden toteennäyttämistä. Aktuaattoria ajetaan testilaitteella Lock- ja Unlock-tilojen välillä, ja täten todetaan aktuaattorin toimivuus. Jos kuitenkin aktuaattori ei toimi määrätyllä tavalla, tehdään sille vikadiagnoosi ja toimitaan sen mukaan. Aktuaattorin vikatiloja ja vikatilojen korjausehdotuksia on lueteltu erillisen testausohjeen lopussa, liitteessä 2. Erillisestä testiohjeesta käy ilmi myös testausvälineistö.

Aktuaattorin testaaminen aloitetaan sen kotelon avaamisella, jonka jälkeen tarkastetaan mahdolliset hapettumat ja komponenttien yleiskunto. Visuaalisen tarkastelun jälkeen kytketään aktuaattori testilaitteeseen ja aloitetaan testit erillisen testiohjeen mukaan. Aktuaattori on kytketty testilaitteeseen ilman koteloa, jolloin päästään mittaamaan aktuaattorin komponentteja paremmin samalla kun aktuaattoria ajetaan.

Aktuaattorin tulee täyttää seuraavat kriteerit testattaessa:

- Aktuaattorin pitää pystyä ajamaan ruuvitanko kuorman kera alle kuudessa sekunnissa ääriasennosta toiseen, Lock → Unlock ja toisinpäin.
- Aktuaattorin tulee jäädä ajon jälkeen ääriasentoon kunnes toisin käsketään.
 - o Joko lock- tai unlock-kytkimellä.
 - o Tai mekaanisesti S2-kytkintä käyttämällä.
- Aktuaattorin toiminta tulee olla varmaa ja toistettavissa useampia kertoja.

Aktuaattorista testataan testilaitteella sen mikrokytkimet, moottori ja aktuaattorin johdotus samalla kertaa. Testilaitteella siis todetaan aktuaattorin toimivuus kokonaisuudessaan. Eri mittapisteistä mittaamalla voidaan todeta myös eri komponenttien väliset kytkennät, sekä yksittäisten komponenttien toimivuus.

Jos aktuaattorista on rikkoutunut jokin varaosaluettelosta löytyvä komponentti, voidaan se vaihtaa suoraan uuteen. Mutta jos rikkoutunut komponentti on sellainen, jolle ei ole kaupallista varaosaa, tulee vastaava komponentti irrottaa mahdollisesti muiden syiden takia varaosakäyttöön siirretystä aktuaattorista. Näitä osia ovat muun muassa tasavirtamoottori, RFI-filteri ja mekaaniset osat kuten vaihteisto.

5 POHDINTA

Selvitystyön perusteella aktuaattori voidaan huoltaa Patrialla tietyillä reunaehdoilla. Vikaantuneiden aktuaattoreiden suurin vikaannuttava tekijä on asentajien mukaan ollut mikrokytkimet sekä niiden jousilevyt, noin 90 prosenttia vikaantuneista komponenteista. Nämä ovat helposti vaihdettavissa ja saatavissa olevia komponentteja, joten tältä osalta aktuaattorin huolto on mahdollista.

Vaikeimpina komponentteina ovat aktuaattorin sähkömoottori sekä RFI-filtteri. Moottorin osalta tilanne oli selvitystyötä tehtäessä se, että vastaavaa ei saanut kaupallisilta markkinoilta, joten mahdolliset vaihtomoottorit joudutaan irrottamaan toisista aktuaattoreista. Moottorista voidaan vaihtaa vioittuneet hiilet sekä korjata vioittuneet kytkennät, mutta muuta moottorille ei voida Patrialla tehdä. Moottoreiden puuttuminen kaupallisilta markkinoilta ei laske merkittävästi aktuaattorin huollettavuutta. Tähänastiset moottorit ovat kestäneet hyvin ja niillä on ollut alhainen vikaantumisprosentti, sekä moottoreita voidaan irrottaa muista muuten vikaantuneista aktuaattoreista varaosiksi toisia aktuaattoreita varten.

RFI-filtterin valmistaja ei tunnistanut järjestelmästään kyseistä komponenttikokonaisuutta eikä täten voinut tarjota varaosaksi uusia RFI-filttereitä. Kyseinen komponentti voidaan periaatteessa valmistaa itse, mutta se ei ole kovin kannattavaa työtuntien kasvaessa liian suuriksi. Täten RFI-filtterin vikaantuessa toimitaan samoin kuin vikaantuneen sähkömoottorin tapauksessa. Vikaantunut RFI-filtteri vaihdetaan korvaavaan komponenttiin, joka on saatu varaosiksi puretusta aktuaattorista, tai aktuaattori, josta RFI-filtteri on rikkoutunut, puretaan varaosiksi myöhempää käyttöä varten.

Selvitystyön aikana selvisi, että kaikkiin BRU-32 laukaisulaitteisiin tehdään liitinmodi jossain vaiheessa niiden elinkaarta. Täten huollettaviin aktuaattoreihin olisi järkevää tehdä huollon yhteydessä liitinmodi. Tällä päivityksellä varmistetaan huollettujen aktuaattoreiden yhteensopivuus suoraan jo päivitettyihin BRU-32 laukaisulaitteisiin. Jos huollettavaksi tulee laukaisulaite ilman liitinmodia, ovat asentajat päivittäneet kyseisen laukaisulaitteen liitinmodilliseksi tapauskohtaisesti. Tästä eteenpäin olisi järkevää päivittää kaikki BRU-32 laukaisulaitteet sekä niiden aktuaattorit liittimellisiksi tulevaisuuden huoltotilanteita silmällä pitäen.

Nykyisissä tehdasuusissa aktuaattoreissa on ollut valmiina haitarikumitiiviste suojaamassa aktuaattorin komponentteja kosteudelta. Koska yksi pääsyistä aktuaattorin komponenttien hajoamiselle on ollut hapettuminen, on järkevää myös päivittää huollettavat aktuaattorit kestävämpään paremmin kosteutta ja täten pidentää jo huollettujen aktuaattoreiden elinikää. Haitarikumin valmistusmaalla ei sinänsä ole merkitystä, mutta nopean kyselyn pohjalta kävi selväksi, että ulkomaalaisia isoja yrityksiä ei kiinnostanut pienten valmistuserien valmistaminen yhtä paljon kuin kotimaisia pienyrityksiä. Jos päädytään haitarikumin valmistukseen kotimaassa, tulee vielä tehdä tarkempi selvitystyö sopivasta yhteistyökumppanista sekä tarkemmat suunnitelmat itse haitarikumista. Tässä selvitystyössä kartoitettiin vain mahdollisia valmistajaehdokkaita sekä listattiin haitarikumin perusominaisuuksia.

Selvitystyön perusteella voidaan myös aktuaattorin testaaminen huollon jälkeen suorittaa Patrialla. Tähän testaamiseen soveltuu parhaiten varta vasten suunniteltu testilaitte, joka on yksinkertainen ja halpa valmistaa sekä ylläpitää. Tällä testilaitteella asentaja voi testata aktuaattorin toiminnan sen käyttöympäristössä, kytkemättä sitä kuitenkaan BRU-32 laukaisulaitteeseen.

Aktuaattorin huoltaminen verrattuna uuden hankkimiseen on silloin huomattavasti kannattavampaa, kun rikkinäisenä osana on halpa mikrokytkin, kondensaattori tai jousilevy. Nämä kaupalliset komponentit maksavat murto-osan uuden aktuaattorin ostohinnasta. Ne ovat helppoja ja nopeita vaihtaa. Huoltokyvyn luominen antaa ylläpidollista varmuutta, sekä vähentää tarvetta tilata varastoon kokonaisia laitteita.

Jos aktuaattorista on rikkoutunut moottori tai RFI-filtteri, on huoltaminen silloin kannattavaa, jos on olemassa muista aktuaattoreista irrotettuja varaosia. Jos varaosia ei ole, on aktuaattorin huoltaminen kannattamatonta, mutta tällöin voidaan irrottaa ehjä komponentti ja siirtää se kyseistä komponenttia tarvitsevaan aktuaattoriin tai odottamaan varaosahyllyyn.

Selvitystyön pohjalta voidaan siis todeta, että aktuaattorin huoltaminen on kannattavaa suurimmassa osassa vikatapauksista (mikrokytkimet, kondensaattorit ja jousilevyt). Kyseinen huoltotyö ja hyväksyntättestaus voidaan suorittaa edellä mainittujen reunaehtojen puitteissa Patrialla.

LÄHTEET

Naval Air Systems Command, 2012 Navair XX-XXX-XX, Ejector unit rack BRU-32A/A P/N xxxxxxx and BRU-32 B/A P/N xxxxxx. Technical manual

Alhainen, J. 2013. HN radio RT-1728A elinkaari-tutkimus. Kone- ja tuotantotekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

LIITTEET

Liite 1. Aktuaattorin ja BRU-32 välinen kytkentäkuva

(Navair XX-XXX-XX, 2012, WP 006 00 page 33 figure 8)

KÄYTTÖ RAJOITETTU

BRU-32 LINEAR ACTUATOR HYVÄKSYNTÄTESTAUS**Sisältö**

1	Yleistä	1
2	Testilaitteet	1
3	Hyväksyntätestaus	2
4	Vikatiloja	4

1 Yleistä

Ohjeessa on kuvattu BRU-32 Linear aktuaattorin hyväksyntätestaus ennen asennusta BRU-32:een.

2 Testilaitteet

- Testilaite Bru-32 Linear Actuator
- Kaapelit
- 28V DC-jännitelähde

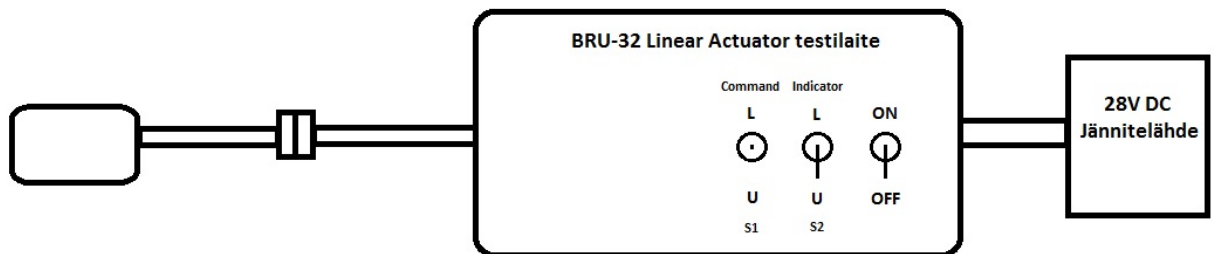
3 Hyväksyntätestaus

(2/5)

Tee kuvan 1 mukainen kytkentä. Kytke aktuaattori avattuna (ilman koteloa) testilaitteeseen mittauksien helpottamiseksi.

Aseta kytkimet seuraavasti

- ON/OFF-kytkin, OFF-asentoon
- Aseta S2-kytkin vastaamaan testattavan aktuaattorin tilaa:
- Locked = Retracted = Ruuvitanko on sisäänvedetty
- Unlocked = Extended = Ruuvitanko on ojennettuna



Kuva 1.

3.1 Limit switch -mikrokytkinten testaus

Kytke ON/OFF-kytkin ON-asentoon.

Tarkista, missä tilassa aktuaattori on ja toimi tilan mukaisesti.

Unlocked

Käytä S1-kytkintä lock-asennossa ja samalla kun aktuaattori ajaa ruuvitankoa sisään, kytke S2-kytkin lock-asentoon (noin puolessa välissä ajoa). Varmista, että aktuaattori ajaa ruuvitangon sisään, eli retract-asentoon ja jää sinne. Tämä tulisi tapahtua alle kuudessa sekunnissa (< 6 s).

Kun aktuaattori on ajanut itsensä retract-asentoon, käytä S1-kytkintä unlock-asennossa ja samalla, kun aktuaattori ajaa ruuvitankoa ulos kytke S2 unlock-asentoon (n. puolessa välissä ajoa). Varmista, että aktuaattori ajaa ruuvitangon ulos, eli extend-asentoon ja jää sinne. Tämä tulisi tapahtua alle kuudessa sekunnissa (< 6 s).

Locked

(3/5)

Käytä S1-kytkintä unlock-asennossa ja samalla, kun aktuaattori ajaa ruuvitankoa ulos kytke S2-kytkin unlock-asentoon (noin puolessa välissä ajoa). Varmista että aktuaattori ajaa ruuvitangon ulos, eli extend-asentoon ja jää sinne. Tämä tulisi tapahtua alle kuudessa sekunnissa (< 6 s).

Kun aktuaattori on ajanut itsensä extend-asentoon, käytä S1-kytkintä lock-asennossa ja samalla kun aktuaattori ajaa ruuvitankoa sisään, kytke S2-kytkin lock-asentoon (noin puolessa välissä ajoa). Varmista, että aktuaattori ajaa ruuvitangon sisään, eli retract-asentoon ja jää sinne. Tämä tulisi tapahtua alle kuudessa sekunnissa (< 6 s).

Testaa vielä aktuaattorin toiminta molempiin suuntiin ääriasennosta toiseen ja varmista, että ruuvitanko liikkuu ääriasennosta toiseen alle kuudessa sekunnissa (< 6 s) ja jää käskettyyn asentoon.

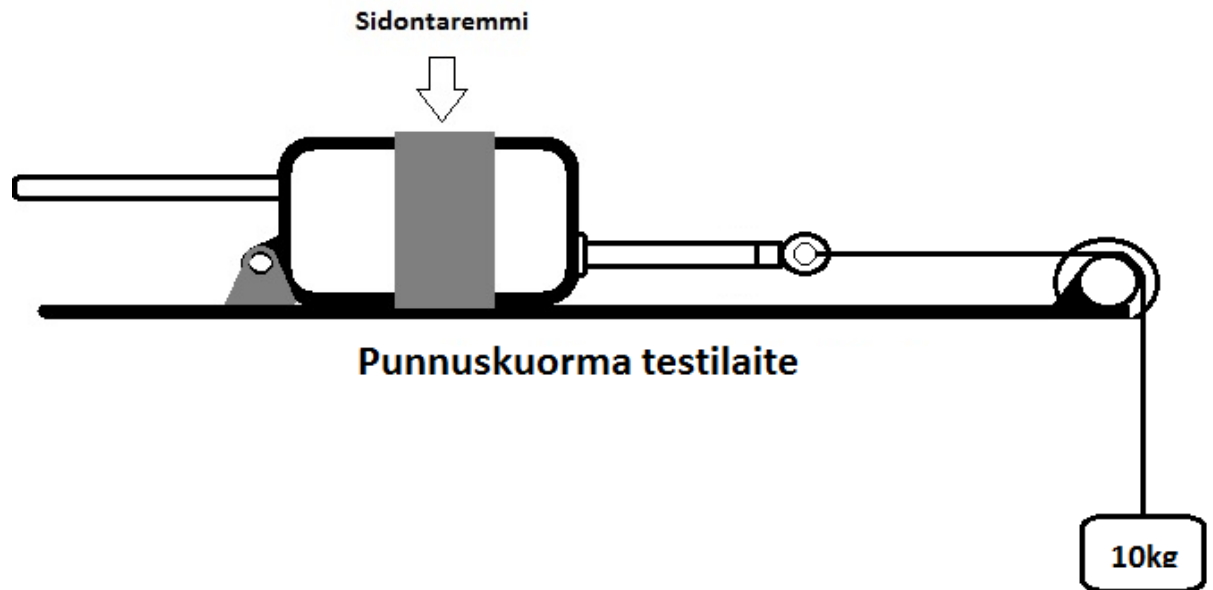
3.2 Indicator switch-mikrokytkinten testaus

Kun aktuaattori on locked-tilassa, aseta S2-kytkin unlock-asentoon. Tällöin aktuaattorin pitäisi lähteä ajamaan ruuvitankoa unlock-asentoon. Aktuaattorin tulisi suoriutua myös tästä ajosta alle kuudessa sekunnissa.

Kun aktuaattori on unlocked-tilassa, aseta S2-kytkin lock-asentoon. Tällöin aktuaattorin pitäisi lähteä ajamaan ruuvitankoa lock-asentoon. Aktuaattorin tulisi suoriutua myös tästä ajosta alle kuudessa sekunnissa.

3.3 Aktuaattorin testaus kuorman kanssa

Kun aktuaattorin toiminta on todennettu ilman kuormaa, varmistetaan että aktuaattori toimii myös kuorman kanssa. Tähän soveltuu parhaiten kuvan 2 tyyppinen testialusta. Aseta aktuaattori suljettuna, kansi asennettuna paikoilleen, punnuskuorma testilaitteeseen ja tee samat testit kuin kuormaamattomalle aktuaattorille.



Kuva 2.

4 Vikatiloja

Mahdollisia vikatapauksia, jolloin aktuaattori ei toimi oikealla tavalla:

1. Aktuaattori ei jää ääriasentoon, vaan ajaa itsensä takaisin edelliseen asentoon.
 - a. Indicator-mikrokytkin ei palaudu NC-tilaan, vaan on kuin jousilevy painaisi sitä. Tällöin, kun S2-kytkin kytkeytyy mekaanisesti aktuaattorin kohde tilaan (Lock / Unlocked), niin K1-rele saa uuden signaalin kesken ajon ja kytkee kosketinpinnat sisällään siten, että aktuaattori palaa takaisin. Korjaustoimenpiteet: Paikanna ja vaihda viallinen mikrokytkin.
2. Aktuaattori jää ääriasentoon, mutta ei palaudu sieltä takaisin.
 - a. Jommankumman limit-mikrokytkimen kytkennät eivät toimi tai jokin mikrokytkimistä on rikki. Nämä voivat johtua hapettumista tai mikrokytkimen mekaanisista vioista. Korjaustoimenpiteet: Tarkasta mikrokytkimien ja niiden jousilevyjen toiminta sekä kytkennät ja korvaa tarvittaessa rikkoutuneet mikrokytkimet sekä jousilevyt ja korjaa kytkennät.

3. Aktuaattori toimii hitaasti tai ei ollenkaan. (5/5)
- a. Aktuaattorin moottorissa on vikaa: Joko sen hiilet ovat kuluneet, tai moottori ei saa tarpeeksi suurta jännitettä toimiakseen kunnolla. Korjaustoimenpiteet: Tarkasta jännitteen syöttö moottorille. Tarkasta moottorin hiilet ja korvaa ne erillisten ohjeiden mukaan uusilla.
 - b. Aktuaattorin kytkennät voivat olla menneet poikki hapettumien tai mekaanisen rasituksen takia. Korjaustoimenpide: Tarkasta kytkennät ja uusi tarvittaessa johdotus.
 - c. Aktuaattorin RFI-filtteri voi olla mennyt rikki. Tarkasta RFI-filtterin kunto ja vaihda mahdollisesti uuteen.

Liite 3. Linear aktuaattorin varaosaluettelo osanumeroilla (P/N)

KÄYTTÖ RAJOITETTU

Liite 4. Liitinmodifikaatioon tarvittavat komponentit osanumeroilla (P/N)

KÄYTTÖ RAJOITETTU