

# KOKKUVÕTE

AS Norma on Eesti ettevõtte, mille emaettevõtte Autoliv AB põhitegevuseks on autode turvasüsteemide ja turvavarustuse komponentide tootmine ja müük ning põhitegevusega seotud arendustöö.

*Electrical Buckle Presenter* (EBP) ehk elektriline turvavöö luku ulataja on Autoliv AB tütarettevõtte AS Norma poolt välja töötatud aktiivse turvavarustuse lahendus, mille ajendiks oli sõitjatele turvavöö kasutamine mugavamaks teha ning ohuolukordades sõitja efektiivsem fikseerimine. Elektriline turvavöö luku ulataja kinnitatakse sõiduki istme külge ning selle põhifunktsioonideks on:

1. Teha sõitjatele turvavöö kasutamine mugavamaks ulatades turvavöö lukku elektrilise mootori abil sõitjatele ning selle abil tuletada meelde ka turvavöö kinnitamine.
2. Vähendada rihmas olevat lõtku elektrilise eelpinguti abil.

Elektrilise turvavöö luku ulataja uudsus seisneb selle võimalikus aktiivse elektrilise eelpingutiga integreerimises. Turvavöö luku ulataja arendustöö käib sellel suunal, et kasutada ära autosse paigaldatud andurite poolt saadavat infot ning seeläbi pingutada potentsiaalsetes liiklusohutlikes olukordades turvavööd ja vähendada turvavöö rihma lõtku võimalikult varajases staadiumis.

AS Norma tootearendusosakond on tänaseks välja töötanud kolme erineva konstruktsiooniga elektrilist turvavöö luku ulatajat, kuid käesoleva magistritöö tegemise käigus selgus, et projekti tellinud klient loobub elektrilise turvavöö luku ulataja versiooni 3 arendusest tehnilistel põhjustel ning seetõttu on magistritöös uurimisobjektideks elektrilise turvavöö luku ulataja variandid 1 ja 2 (vt. vastavalt sele 4.7 ja 4.8). AS Norma poolt välja töötatud elektrilise turvavöö luku ulatajate prototüübid on ainult mugavusfunktsiooniga.

Elektrilise turvavöö luku erinevate konstruktsioonide tugevuse analüüsimiseks projekteeriti tõmberakis staatiliste tõmbekatsete läbiviimiseks AS Norma ohutusrihmade katsekeskuse

tõmbemasinale Zwick/Roell BS-FR050TH. Loodud tõmberakise ülesandeks on simuleerida avariolukorda võimalikult paljude erinevate elektrilise turvavöö luku ulataja asendite korral. Loodud tõmberakisega on võimalik läbi viia tõmbekatseid 52 erineva koormusskeemi juures; kokkuleppeliselt on võimalik elektrilise turvavöö luku ulatajat seadistada ühes suunas kaldenurkade vahemikus  $-30^{\circ} \dots 30^{\circ}$  sammuga  $5^{\circ}$  ning teises suunas kaldenurkade vahemikus  $-30^{\circ} \dots 30^{\circ}$  sammuga  $10^{\circ}$ . Tõmberakisele osadele viidi läbi ka tugevusanalüüs lõplike elementide meetodil.

Tõmbekatsed viidi läbi elektrilise turvavöö luku ulataja relsi tugevuse hindamiseks. Tõmbekatseid sooritati elektrilise turvavöö luku ulataja versiooni 2 relsi prototüüpidega ning kokku viidi läbi 14 tõmbekatsetust. Tõmbekatsete läbiviimisega leiti erinevate koormusskeemide juures relsi maksimaalne tõmbetugevus, tuvastati relsi vigastused peale katse lõppu ning saadi ka tõmbekatsete graafikud.

Järgmisena viidi läbi elektrilise turvavöö luku ulataja versioonide 1 ja 2 relsside tugevusanalüüsid lõplike elementide meetodil. Mõlema relsi tüübi puhul viidi läbi 28 erineva koormusskeemiga analüüsi. Tugevusanalüüsi abil tuvastati relssidele mõjuvate maksimaalsete pingete väärtused, maksimaalsete deformatsioonide väärtused ning maksimaalsete pingete asukohad. Relsi versiooni 1 puhul leiti 5 peamist kriitiliste pingete kogunemise kohta ja relsi versiooni 2 puhul oli peamisi pingekontsentraatoreid 3.

Tõmbekatsete tulemuste ja simulatsioonide tulemused võeti kokku ning viidi läbi analüüs, et võrrelda simulatsioonide tulemusi tõmbekatsete omadega ning peamised üldistused olid järgmised:

1. Mida suurem on seadenurk  $\beta$ , seda suuremad pinged tekivad relsis.
2. Seadenurga  $\alpha > 0^{\circ}$  puhul ja seadenurga  $\beta = 0^{\circ}$  korral ei teki relsi konstruktsioonis ohtlikke pingeid ja see peab tõmbekatsele nõutud väärtusele vastu.
3. Relsile mõjuvate koormusskeemide puhul tuleks seadenurga  $\alpha$  ja  $\beta$  väärtused hoida vahemikus  $-10^{\circ} \dots 10^{\circ}$ , sest selliste koormusskeemide juures ei tuvastatud ülisuurte pingete teket ja ka tõmbekatsetel saavutati nõutud minimaalne tõmbejõud 19,5 kN.

4. Kõige ohtlikum koormusskeem nii relsi 1 kui ka relsi 2 konstruktsiooni tugevusele on  $\alpha = -30^\circ$  ja  $\beta = 30^\circ$ , kus tekkisid kõige suuremad pinged kõikidest koormusskeemidest.

5. Võrreldes kahe erineva relsi disaini, siis üldiselt on nende pingete jaotus erinevate koormusskeemide juures sarnane, ainult relsi versiooni puhul on mõningate pingete väärtused väiksemad, kui sama koormusskeemi juures relsi versioonil 2.

Magistritöö tulemuste abil on võimalik AS Norma tootearendusosakonnal edaspidise arendustöö juures optimeerida elektrilise turvavöö luku ulataja tugevust erinevate seadenurkade juures. Tuleb kriitiliselt hinnata reaalses olukorras tekkivatest elektrilise turvavöö luku kaldenurkadest ning vajadusel fikseerida see nii, et uurimistöös väljaselgitatud kriitilisi kaldenurki poleks võimalik turvavöö luku ulatajal saavutada. Edasiste arendustööde käigus oleks kindlasti vaja katsetada ka elektrilise turvavöö luku ulataja versiooni 1 tõmbele ning seejärel analüüsida selle tulemusi.

Lõputöö tulemustega võib üldjoontes rahule jääda, kuna tõmbekatsete ja simulatsioonide tulemused üldiselt kattusid. Mõningate koormusskeemide juures tekkisid küll vasturääkivused ning nende lahendamiseks on vaja läbi viia korduskatsetused. Samuti võib õigeks lugeda ka tõmberakise tugevusanalüüsi, sest tõmbekatsete läbiviimisel pidas tõmberakis hästi vastu ka suurtele jõududele. Lõputöö käigus projekteeritud tõmberakisega on elektrilise turvavöö luku ulataja seeriatootmisesse mineku puhul viia läbi ka seeriatootmise tõmbekatseid. Lisaks on lõputöös tehtud põhjalik ülevaade tänapäevaste turvavööde süsteemist, turvavöö lukkudele esitatavatest nõuetest ning põhilistest mõistetest.