

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan koulutusala Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Margarita Suhovei

Volga-kojeistojärjestelmän laadun parantaminen

Opinnäytetyö 2014

Tiivistelmä

Margarita Suhovei

Volga-kojeistojärjestelmän laadun parantaminen, 39 sivua, 9 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikan koulutusala Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2014

Ohjaajat: lehtori Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu, suunnittelu-
päällikkö Roman Verbelchuk, OAO PO Eltehnika

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää sekä parantaa Volga-kojeistojärjestelmän laatua OAO PO Eltehnikassa Venäjällä.

Työssä tutkittiin Volga-kojeistojärjestelmän rakenne, tekninen taso ja kilpailukyky markkinoilla nykypäivänä. Tämän jälkeen on käyty läpi kojeistojärjestelmän tarkoitus ja käyttöala, tekniset tiedot ja osat. Lisäksi on käyty läpi kytkentä sähköenergiajärjestelmissä, kaariprosessit kytkimissä ja tyhjiökammion rakentamiseen liittyvät teoriat. Sitten tehtiin Volga-kojeistojärjestelmän teknisen tason tutkimus ja laadun arviointi. Laadun määrittämiseksi käytettiin asiantuntijamenetelmää ja FMEA-analyysia. Esitettiin FMEA-analyysin laskemiseen liittyvää teoriaa, laskut sekä esimerkit. Lisäksi työssä suunniteltiin uusi ulosvedettävä elementti, mutta aihepiiriin laajuuden vuoksi työtä oli rajattava. Pois jätettiin elementin piirustuskuvat.

Työssä asetetut tavoitteet täyttyivät. Tutkimuksen seurauksena saatiin tulos että tuotetta on parannettava. Tekninen taso oli riittävän korkea, mutta muilta osin tuote ei ollut kilpailukykyinen verratessa vastaaviin tuotteisiin. Todettiin, että ensisijaiset laadun mittarit ovat sähkölaitteen katkaisun oma aika, käyttöaika poistamiseen asti, paino ja myös hinta. Sen lisäksi mahdollisten puutteellisuuksien välttämiseksi, jotka koskivat kehikkoa ja katkaisijaa, parannettiin Volga-kojeistojärjestelmää valmistamalla oma ulosvedettävä elementti käyttäen kiinalaista VF12-tyhjiökatkaisijaa. Myös lopettamalla vanhan ulosvedettävän vaunun käyttö, saatiin alennettua Volga-kojeistojärjestelmän hintaa.

Asiasanat: kojeisto, tyhjiökatkaisin, ulosvedettävä elementti

Abstract

Margarita Suhovei

To improve the quality of Volga switchgear, 39 Pages, 9 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Mechanical engineering Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Mechanical and Production Engineering

Bachelor's Thesis 2014

Instructor(s): Mr Heikki Liljenbäck, Senior Lecture, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Roman Verbelchuk, Design Engineer, OAO PO Eltehnika

The purpose of the study is to examine and enhance the quality of the switchgear system Volga OAO PO Eltehnika in Russia.

The study was dedicated to the analysis of the structure of the switchgear system Volga, its technical level and competitive capability in the market. Function and application areas, technical characteristics and units are further considered in the study. Next, the theory of commutation in electrical power systems, arc processes in cutoff devices and vacuum bottles construction are examined in the research. The study also covers the engineering performance and qualitative assessment of the switchgear system. To evaluate the quality of the switchgear system Volga the expert method and FMEA analysis were used. The theory of calculations, calculations themselves, including examples of FMEA analysis, are presented in the thesis. Moreover, the new draw-out element was designed. The subject-matter coverage was limited though. The circuit-breaker track drawing was not included in the thesis.

The objectives of the research have been achieved. The results of the study indicate that the product has to be improved. Although its technical level is high enough, it is not good enough compared to other similar systems. The results show that the best quality indicators are: turn off time of the electrical installation, its useful life, weight and price. In addition, to avoid any defects of the frame and switch, switchgear Volga has been improved. Own proper draw-out element was applied, using Chinese vacuum switch VF12. Also within the research framework it has been identified that refusal to use the old circuit-breaker track will reduce the cost of switchgear system Volga.

Keywords: switchgear, vacuum breaker, pull-out element

Sisältö

1	Johdanto	5
2	OAQ PO Elteknika	5
3	Volga-kojeistojärjestelmän tarkoitus ja käyttöala	6
4	Kytkeä energiajärjestelmissä	10
4.1	Kaariprosessit kytkimissä ja virtojen irti kytkeminen	12
4.2	Tyhjiökammioiden rakenne	14
5	Ulosvedettävä elementti VBEK-tyhjiökatkaisijalle	17
6	Volga-kojeistojärjestelmän teknisen tason tutkimus	17
7	Volga-kojeistojärjestelmän eri osien analyysi	23
7.1	Hitsatun kehikon puutteellisuuden analyysi	26
7.1.1	Mahdollisten seuraamusten arviointi	27
7.1.2	Puutteellisuuden löytämisen toimet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi	27
7.1.3	Johtopäätös	28
7.2	Pääpiirin läpi-iskun analyysi	28
7.2.1	Mahdollisten seuraamusten arviointi	28
7.2.2	Puutteellisuuden löytämisen toimenpiteet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi	28
7.2.3	Johtopäätös	29
7.3	VBEK-tyhjiökatkaisijan analyysi	29
7.3.1	Mahdollisten seuraamusten arviointi	29
7.3.2	Puutteellisuuden löytämisen toimenpiteet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi	30
7.3.3	Johtopäätös	30
8	Oma ulosvedettävä elementti VF12-tyhjiökatkaisijoihin	30
8.1	Käyttöala ja käytön olosuhteet	31
8.2	VF12-tyhjiökatkaisijan osat	32
9	Ulosvedettävän elementin suunnittelu	33
10	Yhteenveto ja pohdinta	35
	Kuvat	37
	Taulukot	37
	Lähdeluettelo	38

Liitteet

Liite 1	Volga-kojeistojärjestelmän tekniset perustiedot
Liite 2	VBEK-tyhjiökatkaisijan tekniset perustiedot
Liite 3	Volga-kojeistojärjestelmän parametrit
Liite 4	K-304NE-kojeistojärjestelmän parametrit
Liite 5	K-59AE-kojeistojärjestelmän parametrit
Liite 6	Volga-kojeistojärjestelmän mahdollisten puutteellisuuden analysointi
Liite 7	Volga-kojeistojärjestelmän mahdollisten puutteellisuuden arviointi
Liite 8	Volga-kojeistojärjestelmän mahdollisten puutteellisuuden analysointi
Liite 9	VF12-tyhjiökatkaisijan tekniset perustiedot

1 Johdanto

Suoritin kesällä 2013 koulutusohjelmaani kuuluvan työharjoittelun Venäjällä OAO PO Eltechnikassa, josta kysyin myös opinnäytetyön aihetta. Keskustelin asiasta suunnittelupäällikkö Roman Verbelchukin kanssa, joka ehdotti aiheeksi Volga-kojeistojärjestelmän parantamista. Aiheena oli tutkia Volga-kojeistojärjestelmää ja etsiä ratkaisut laadun parantamiseksi, jotta tuote olisi kilpailukykyinen myös kansainvälisillä markkinoilla.

Työssä tutkitaan vanha kojeistojärjestelmä ja katkaisin sekä kytkentäprosessi. Työssä vertaillaan myös Volga-kojeistojärjestelmän ominaisuuksia ja verrataan niitä vastaaviin tuotteisiin. Laadun määrittämiseksi käytetään asiantuntijamenetelmää. Lisäksi tehdään riskianalyysi FMEA-menetelmällä. Suoritettujen tutkimusten perustella selvitetään uuden elementin ominaisuudet ja käyttö.

Työ rajataan koskemaan Volga-kojeistojärjestelmän tutkintaa ja laadun analysointia. Piirustuskuvat tässä työssä jätetään työn ulkopuolelle, koska muuten työ tulisi liian suureksi. Yrityksen puolelta opinnäytetyön ohjaajana toimii teknisen osaston suunnittelujohtaja Roman Verbelchuk ja ammattikorkeakoulun puolelta kone- ja tuotantotekniikan tuntiopettaja Heikki Liljenbäck.

2 OAO PO Eltehnika

OAO PO Eltehnika on venäläinen sähkölaitteita ja koneiden osia valmistava ja suunnitteleva yritys. Komponentit päätyvät Venäjällä sähkönjakelu ja -valvontalaitteisiin, kuten isoihin muuntoasemiin. Eltehnikan asiakkaisiin kuuluvat muun muassa venäläiset öljy-yhtiöt Gazprom ja Lukoil sekä Pulkovon lentoasema.

OAO PO Eltehnika perustettiin vuonna 1991 Pietarissa ja tällä hetkellä siellä on noin 300 työntekijää. Tärkeimmät yrityksen toiminnot ovat kytkin- ja sähkölaitteiden kehittäminen ja tuottaminen sekä komponenttien valmistus kojeistojärjestelmäsoluja varten. OAO PO Eltehnika on osa suurempaa yritystä, johon

kuuluvat lisäksi OAO LEMZ Obuhovo, OOO Energomodul, Eltehnika Finland OY, Eltehnika China Limited. Yrityksen tuotantoon kuuluvat metallityöt, muovivalu, kokoonpano sekä tuotteiden testaaminen ja suunnittelu. Lisäksi yrityksessä toimii tekniikkaosasto, tieteellinen ja tekninen keskus, tekninen tukiryhmä, laaturyhmä ja IT-osasto. Yrityksessä käytetään seuraavia tietokoneohjelmia: Microsoft Business Solution Axapta, DocsVision, Megaplane ja Intermech Search. (1.)

3 Volga-kojeistojärjestelmän tarkoitus ja käyttöala

Volga-kojeistojärjestelmä on tarkoitettu sähköenergian kolmevaiheisen 50 Hz ja 6 (10) kV nimellisjännitteen virran jakelemiseen (2, s. 5). Volga-kojeistojärjestelmän kotelo on tehty sinkitystä teräksestä, se on jaettu osiin maadoitetuilla seinämillä ja sillä on korkea mekaaninen kestävyys. Volga-kojeistojärjestelmässä on ulosvedettävät kasettielementit, voimatyhjiökytkin ja kokoojakiskojen järjestelmä (3, s. 1).

Opinnäytetyössä esitellään Volga-kojeistojärjestelmä (kuva 1).

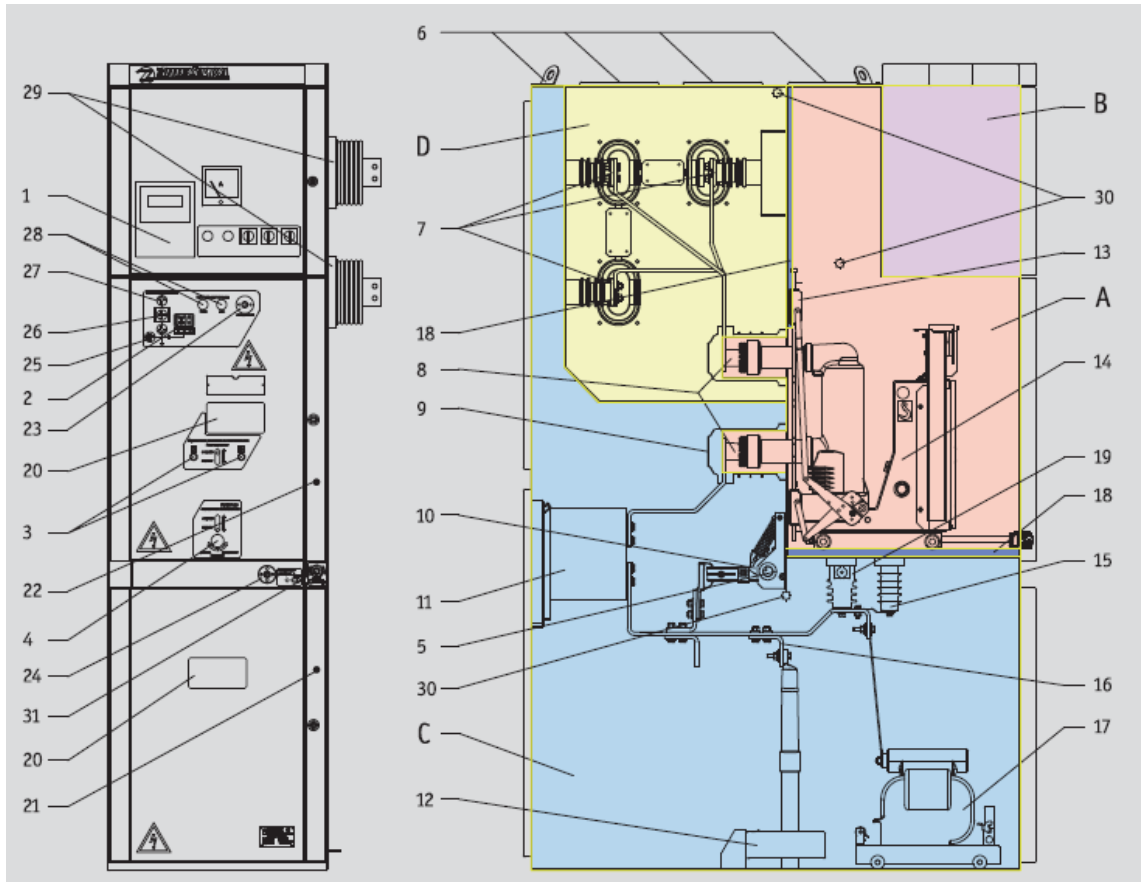


Kuva 1. Volga-kojeistojärjestelmä (3)

Volga-kojeistojärjestelmä on suunniteltu voimaloiden ja ydinvoimaloiden, tuotantolaitosten, sähkölaitosten ja muuntoasemien tarpeisiin ja jakolaitteisiin asennettavaksi (3, s. 1). Volga-kojeistojärjestelmän tekniset perustiedot on esitetty liitteessä 1 (3, s. 4).

Volga-kojeistojärjestelmän osat

Volga-kojeistojärjestelmän runko on jäykkä, hitsattu elementtikehikko, joka on jaettu metalliseinämällä neljään osaan (kuva 2).



Kuva 2. Volga-kojeistojärjestelmän osat (3, s. 13)

Volga-kojeistojärjestelmän osat ovat A – katkaisijatila, B – toisiokojetila, C – lähtötila, D – kokoojatila ja 1 – relesuojayksikkö; 2 – lähtökaapelilinjan jännitteen ilmaisim; 3 – AUKI/ KIINNI – voimakatkaisijan aukko; 4 – ulosvedettävän elementin vaunun käyttövarren aukko; 5 – maadoittimen asennon mekaaninen ilmaisim; 6 – paineenpoistovenktiili; 7 – kokoojakiskot; 8 – kosketinjärjestelmä; 9 – läpimenoeristimet; 10 – maadoitin mahdollisine oikosulkuvirtakytkimineen; 11 – virtamuuttajat; 12 – nollasarjan jännitemuuttaja; 13 – verhosuljin; 14 – ulosvedettävä elementti tyhjiökytkimineen; 15 – ylijännitteen rajoitin; 16 – kaapeliliitos; 17 – mittajännitemuuttaja; 18 – irtovälitteet; 19 – tukieristin kapasitanssijakaja; 20 – tarkistusluukut; 21 – lähtötilan oven lukituksen poisto; 22 – katkaisijatilan oven lukituksen poisto; 23 – katkaisijatilan magneettinen lukko; 24 – maadoittimen magneettinen lukko; 25 – maadoittimen asennon led-näyttö; 26 – kytkimen asennon led-näyttö; 27 – ulosvedettävän elementin asennon led-näyttö; 28 – AUKI/ KIINNI – voimakatkaisijan toimim-

tonapit; 29 – kokoojakiskojen läpimenoeristimet; 30 – kaarisuojausanturit; 31 – maadoittimen johde (3, s. 13).

Katkaisijatila A

Katkaisijatila on jäykästi hitsattu elementtikehikko, johon asennetaan VBEK-katkaisin. Se on ostotuote ja sitä valmistetaan Saratovskin NPP Kontakt -tehtaassa.

Ulosvedettävä elementti voi olla seuraavissa kiinteissä asennoissa:

- työasento, jolloin pää- ja apupiirit ovat suljettuina
- tarkastusasento, jolloin pääpiirit ovat auki ja apupiirit suljettuina
- huoltoasento, jolloin pää- ja apupiirit ovat auki ja ulosvedettävä elementti on kojeistojärjestelmän ulkopuolella.

Ulosvedettävän elementin asennus, poisto ja siirto huoltoasennossa tehdään erikoispalveluvaunulla, joka kuuluu Volga-kojeistojärjestelmä toimituserään (2, s. 9).

Toisiokojetila B

Toisiokojetilan mitat (leveys 650, 800, 1000 mm; korkeus 550 mm; syvyys 400 mm) mahdollistavat relesuojauksen, ohjauksen ja automatiikan erilaisten digitaalilaitteiden, sähköenergian mittareiden, digitaalimuuntajien, kaarisuojauksen valokuitulaitteiden, riviliittimien ja piirien toisiokytkennän muiden laitteiden käytön (3, s. 16).

Lähtötila C

Lähtötilassa sijaitsevat muuttajat, ylijännitteen rajoittimet, lämmityselementti ja optiona jännitemuuntaja ulosvedettävällä vaunulla (3, s. 17).

Kokoojatila D

Kokoojatilassa sijaitsevat kokoojakiskot. Kokoojakiskot valmistetaan hapettomasta kuparista, joka ei hapetu Volga-kojeistojärjestelmän koko käyttöiän aikana. (3, s. 18) Johdot sijaitsevat kaapissa ABC-järjestyksessä (julkisivusta kat-

sottuna). Kokoojakiskot ovat esitetty kuvassa 3, jossa vaihe A on keltainen kisko, vaihe B on vihreä kisko ja vaihe C on punainen kisko. Ennen kokoonpanoa kaikille kosketinliitoksille levitetään voiteluainetta, joka alentaa liitoksen vastusta noin 20 %.



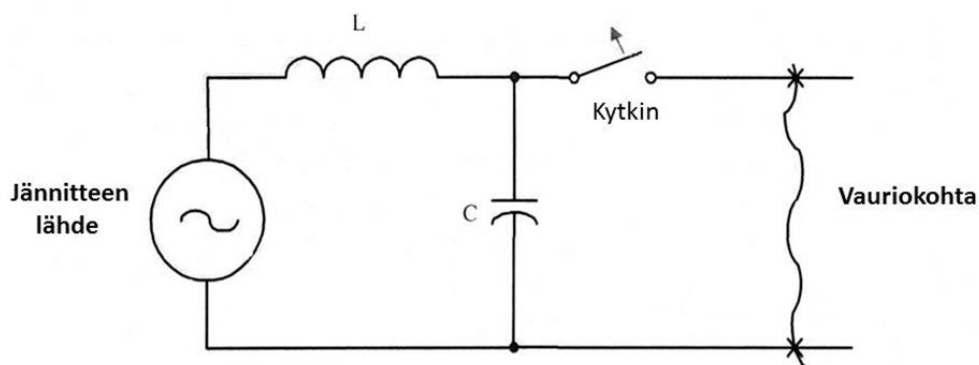
Kuva 3. Kokoojakiskojen järjestys kaapissa

4 Kytkentä energiajärjestelmissä

Sähköenergiajärjestelmien käytössä käyttäjillä syntyy usein irti ja kiinni kytkemisen tarve sekä järjestelmän syötön katkaisemisen tarve eri piireistä huollon suorittamiseksi. Sen lisäksi on tärkeä varmistaa, että järjestelmä voidaan kytkeä mahdollisimman nopeasti irti oikosulkuvirtoja aiheuttaneista vioittuneista tiloista sähkösyötön säilyttämiseksi järjestelmän muulle osalle. Kaikki yllä mainitut toi-

met edellyttävät sähkövirran katkaisemista. Se on vaikeaa vioittuneen tilan irti kytkennässä, jos kytketyn virran (oikosulkuvirran) suuruus tavoittaa kymmeniä tuhansia ampeereja. Silloin vioittuneen tilan irti kytkemisen käytettävä aika voi olla enintään 50 - 100 millisekuntia. Mikä tahansa muutos sähköenergiajärjestelmässä, olkoon se virran uuden tien syntyminen kytkemisen aikana tai olemassa olon tien katoaminen sen katkon aikana, aiheuttaa väliajan sähköprosessin, joka itse asiassa on varastoidun energian uudelleenjakojärjestelmän induktiivisen ja kapasitiivisen elementtien välillä, minkä mukana tapahtuu siirto toisesta pysyvästä tilasta toiseen. Tällaiset ilmiöt aiheuttavat yleensä järjestelmässä korkeataajuuden ylijännitettä, josta tulee rasitusta kytkentälaitteille ja koko järjestelmälle (4).

Kuvassa 4 on esitetty vaurioituneen lohkon irtikytkemisprosessi, jolloin sähköpiiri vähenee vaurioituneen lohkon määrälle. Kytkimen kautta syötettävä kuorma piiriä ei ollut esitetty, koska syntynyt oikosulku katkaisee sen energialähteeltä.



Kuva 4. Vaurioituneen lohkon irtikytkemisprosessi (4)

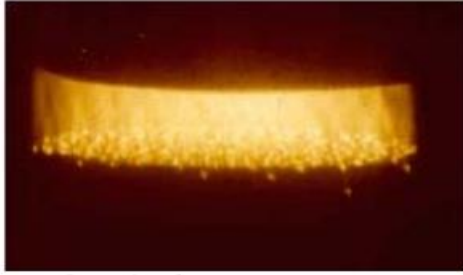
Kuvassa 4 on piirin elementit, jossa L on linjan induktanssi, joka rajoittaa oikosulkuvirran arvon vaurioituneessa pisteessä ja C on piirin loiskapasitanssi (4).

Koskettimet, joiden kautta kulkee virta, avautuvat riippumatta kaaren sammutusväliaineesta (tyhjiö, neste tai kaasu) ja koskettimien välillä syntyy valokaari. Koskettimen välillä syntynyt riittävän sähköjohtavuuden kaari varmistaa oikosulkuvirran kulun.

4.1 Kaariprosessit kytkimissä ja virtojen irti kytkeminen

Kuten jo todettiin, jos kaksi virtaa johtavaa kosketinta avataan, niin koskettimen välillä syntyy valokaari, joka pitää korkean johtavuuden koskettimen välillä ja mahdollistaa virran kulun koskettimen välillä samalla tavalla kuin silloin, kun ne ovat kiinni. Se edellyttää koskettimen ympäristön lämmittämistä erittäin korkeaan lämpötilaan sen molekyylien hajottamiseksi ja välin ionisoimiseksi. Esimerkiksi kaaren yleisen sammutusaineen SF₆ (rikkiheksafluoridikaasu) lämpötila kaaren keskellä ylittää 20 000 Kelviniä. Kaasun dissotilation tuloksena esiintyvät ionisoidut rikkiatomit luovat väliaineen kaarivirrälle. Vastaavia prosesseja tapahtuu öljykatkaisimissa, öljy hajoaa hiileen ja vetyyn, ja nimenomaan vety antaa virran kantajia kaarelle, tämän vuoksi voi sanoa, että öljykatkaisin on itse asiassa vetykatkaisin (4).

Vapautuva energia siirtyy ympäristöön lämmön johtumisen, konvektion ja säteilyn välityksellä. Tämä energiamäärä on hävitettävä, jotta kaari sammuu ja virran kulku katkeaa. Kun virran arvo lähestyy luonnollista nollaa, energian lisäys verkosta lakkaa. Jos silloin intensiivisesti jäädytetään koskettimen väliä, niin kaari voidaan sammuttaa pienentämällä välin johtavuutta ja palauttamalla sen sähköeristävyttä ja täten suorittaa irtikytkentä. Kaasukatkaisimissa se saavutetaan kaaren puhallettavan suhteellisesti kylmän kaasun tehokkaalla virtauksella. Jäähdytyksen on oltava erittäin nopea, jotta jälkikaaren tukahduttamisen ja välin sähköeristävyden palauttamisen nopeus ylittäisi muutosjännitteen kasvun nopeuden. Jos virtaa johtavat koskettimet avautuvat tyhjiössä, koko virta ryntää viimeiseksi jääneelle kosketinpisteelle aiheuttaen tämän pisteen kovan lämpenemisen. Koskettimen jatkuvassa avautumisessa muodostuu sula, metallinen silta, joka virran suuren tiheyden takia lämpenee heti ja räjähtää luomalla kaaren räjähdyksestä syntyneen ionisoidun metallilauhteen väliaineessa. Ionisoitu metallilauhde on hyvä virran johtaja ja elektrodien välillä alkaa muodostua pysyvä kaari. Siitä syystä tyhjiökaari on itse asiassa metallilauhteessa syntynyt kaari. Virran johtajat tulevat elektrodien väliin katodilta virran pistelähteiden kautta; näitä kutsutaan katoditäpliksi (kuva 5). (5.)



Kuva 5. Tyhjiökaari (5)

Jokaisen täplän läpi kulkee 60 - 100 ampeerin virta, jolloin katoditäplässä muutama mikroni luo virran tiheyden $100\,000\,000\text{ A/cm}^2$. Suuri virran tiheys lämmittää metallia katoditäplissä, jolloin se alkaa kiehua ja höyrystyä, ja paine näissä pisteissä nousee muutamaan baariin ja lämpötila muutamaan tuhanteen asteeseen (5).

Virran lähestyessä pienintä raja-arvoa, jota kutsutaan katodin materiaalista riippuvaksi leikkausvirraksi, viimeinen katoditäplä katoaa ja samalla virran kulku elektrodien välillä lakkaa ja metallin höyry höyrystyy katodille noin 10 millisekunnin aikana. Elektrodien välisen virran katkettua palautuu verkkojännite, tämä prosessi kestää noin 50 - 60 mikrosekuntia. Jännitteen palauttamisen aikana virran kantajia elektrodien välissä ei ole ja elektrodien väliseristysominaisuudet palautuvat täysin (6, s. 110).

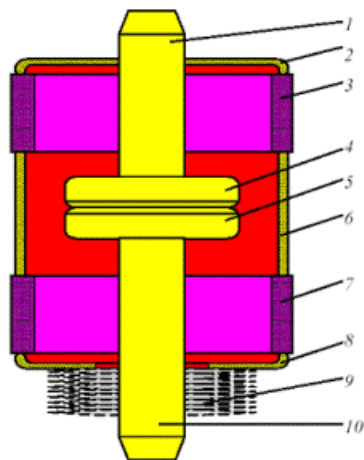
Tyhjiökammion sisällä olevien prosessien analyysin mukaan tyhjiökatkaisimen virran katkaisukyvyyn parantamiseksi on kehitettävä kosketinjärjestelmä anoditäplän syntymisen ehkäisemiseksi. Yksinkertaisimpina ja helposti valmistettavina ja sen vuoksi halpana on kosketinjärjestelmä päätytyyppiä. Yleensä koskettimet on valmistettu kuparin ja kromin seoksesta hitsaus- ja kulutuskestävyyden nostamiseksi, mutta ne eivät pysty katkaisemaan yli 10 kA virtoja. Monet tyhjiökammioiden valmistajat tekevät niitä 8 - 10 kA virroille, koska niitä on helppo valmistaa ja sen seurauksena ne ovat suhteellisesti halpoja (6, s. 111).

Kuten tiedetään, tyhjiö on hyvä eriste, mutta kuitenkin välittömästi virran katkaisun jälkeen koskettimen välissä on aivan erilaiset olosuhteet verrattuna aikaisempiin. Koskettimen pinnat ovat katettu kaaren polton jätteillä, ja niille

voi jäädä joitakin hehkuja täpliä, joista muodostuu metallihöyryä ja pahimassa tapauksessa tapahtuu elektronien emissio. Tästä syystä nykyään ei ole ongelmia yhden katkaisun kytkentälaitteiden valmistuksessa jännitteille 10 kV ja 35 kV, mutta on vaikea käyttää tyhjiötekniologiaa suuremmille jännitteille (5).

4.2 Tyhjiökammion rakenne

Tyhjiökammion rakenne on hyvin yksinkertainen (kuva 6).



Kuva 6. Tyhjiökammion rakenne (5)

Tyhjiökammio koostuu kahdesta koskettimesta (4;5), joista toinen on liikkuva (5). Koskettimet ovat tyhjiövaipassa, joka on valmistettu keraamisista tai lasisista eristeistä (3;7), ylä- ja alametallikannesta (2;8) ja metallivarjostin (6). Liikkuvan koskettimen siirto toisen kiinteän koskettimen suhteen tehdään palkeella (9). Kammion lähdöt (1;10) liitetään katkaisijan virran johtavaan piiriin. On huomattava, että tyhjiökammion vaipan valmistamisessa käytetään vain erikoisia tyhjiössä tiivistetyistä kaasuista vapautettuja metalleja, joita ovat kupari ja erikoiset metalliseokset sekä erikoinen keramiikka. Tyhjiökammion koskettimet valmistetaan metallin ja keramiikan seoksesta (tavallisesti kupari-kromi suhteessa 50 % - 50 % tai 70 % - 30 %), joka turvaa korkean katkaisusominaisuuden, kulutuskestävyyden ja ehkäisee koskettimien päällä olevien sulatuspisteiden syntymistä (7).

Kuten aiemmin on mainittu, kytkennän prosessissa kaaren palamisesta syntyy metallihöyry, joka leviää koskettimien väliseen alueeseen säteissuunnassa

tyhjiökammion vaipan suhteen. Jos antaa metallihöyryn vapaasti tiivistyä ke-raamisen eristeiden päälle, niin se hyvin nopeasti aiheuttaa eristeiden sähköisen pintakestävyuden rikkoutumisen ja kammiot menevät rikki. Siten nykyaikaisten tyhjiökammioiden yksi tärkeimmistä osista on metallivarjostin, joka on tarkoitettu kytkennän aikana muodostuneen metallihöyryn adsorboimiseksi estäen metallikerroksen muodostumisen ja lisäten kammion käyttöikä (kytkentäresurssi). Kokeiden perusteella osoittautui, että kammion tehokkain varjostusominaisuus ja suurin kytkentäkapasiteetti saavutetaan varjostimen ollessa ”kelluvan” potentiaalilla sen lähtöjen suhteessa. Maailmassa käytetään nykyään paljon erilaisia tyhjiösammutuskammiorakenteita, mutta kaikille on ominaista yllä mainitut tekniset ratkaisut (5).

Tyhjiön taso (kaasujen jäännöspaine) teollisuudessa nykyaikaisissa sammu-tuskammioissa on tavallisesti 10^{-7} - 10^{-6} Pa. Kaasujen sähkökestävyyden teo-rian mukaisesti tyhjiövälin tarvittavat eristysominaisuudet saavutetaan tyhjiön pienimmissä tasoissa (noin 10^{-3} Pa). Kuitenkin tyhjiötekniikan nykyaikaiselle tasolle luoda ja pitää tyhjiökammion käyttöaikana tyhjiön taso 10^{-6} ei ole ongelma, mikä turvaa tyhjiökammioille sähkökestävyyden koko käyttöiälle. Sen lisäksi tutkijat ovat huomanneet, että kytkentäprosessissa tyhjiön taso jopa jossain määrin nousee jäännöskaasujen imeytyessä tiivistyvään metalli-höyryyn. Ensi silmäykseltä tyhjiökammion rakenteen näkyvässä oleva yksin-kertaisuus on hyvin petollista, itse asiassa sen taustalla on valtava määrä tieteellisiä, teknisiä ja prosessiuutuuksia, jotka koskevat kammion rakennetta, komponenttien valmistusta, valmistuksen teknologiaa ja sen myöhempää käyttöä. Todennäköisesti kammion tärkeimpiä osia ovat koskettimet. Kosket-timet ovat tärkeitä jokaisessa mekaanisessa kytkentälaitteessa (kytkimessä), koska niillä on kaksi tärkeää tehtävää – johtaa virta (usein sen arvo on suuri) katkaisimen ollessa kiinni ja kestää jännitettä ollessa auki(7).

Näin ollen voidaan kuvata tarvittavia ominaisuuksia, joita pitää olla tyh-jiökammioiden kosketinmateriaaleissa:

- hyvä sähköjohtavuus vastushäviöiden minimoimiseksi
- hyvä lämmönjohtavuus virran kulussa koskettimella syntyvän lämmön siirtämiseksi (koska tyhjiöllä on erinomaisia lämpöeristysominaisuuksia)

- hyviä sähköeristysominaisuuksia tyhjiövälin eristävyys turvaamiseksi katkaisimen ollessa auki
- hyvä katkaisukyky minkä tahansa tason virtojen kytkennässä
- estää pintojen hitsautumista
- mekaaninen kestävyys toiminnassa huomattavien jaksottaisten isku-kuormitusten kuormittaessa
- kyky pitää pysyvä kaari pienissä virroissa kytkennän ylijännitteiden ehkäisemiseksi (leikkauksen pienet virrat) (8, s. 125).

Ehdottomasti eräät näistä ominaisuuksista ovat ristiriidassa toistensa kanssa. Sammutuskammion koskettimen kestävyys hitsautumista vastaan on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. On tiedossa, että metalliosat ollessaan puristuneena toisiinsa tyhjiössä ovat alttiita kylmähitsautumiselle, koska niiden pinnalle ei voi syntyä oksideja, jotka vastustaisivat sitä prosessia. Sen lisäksi koskettimet ovat alttiita oikosulkuvirtojen vaikutukselle, jolloin metallin pinta sulaa eri pisteissä virran korkean tiheyden vuoksi, minkä seurauksena niissä muodostuu hitsausalueita. Tämä ongelma on yksi syy, joka on viivästyttänyt tyhjiökytkentälaitteiden kehitystä yli 20 vuotta. Tällä hetkellä koskettimien hitsautumisongelma on ratkaistu toteuttamalla muutamia samanaikaisia teknisiä ratkaisuja tyhjiökammion ja tyhjiökatkaisijan rakenteessa. Ennen kaikkea kehitettiin erikoisia metallikeraamisia liitoskappaleita, joilla ensiksikin on hyvin korkea kestävyys hitsautumista vastaan ja toiseksi rakeinen rakenne, jonka ansiosta jo muodostuneet hitsaukset voi helposti irrottaa katkaisimen käytöllä. Tällaisesta materiaalista hyvänä esimerkkinä on laajalti käytettävä kuparin ja kromin (70 % - 30 %) seos. Sen lisäksi tehtiin käyttöjä (jousitoimimootoreja), jotka turvaavat koskettimen lisäpuristuksen erittäin huomattavan voiman (2000 - 3000 N) koskettimen aukaisemiselle sähködynaamisen vastuksen ehkäisemiseksi ja kosketusvastuksen alenemiseksi. Lopultakin katkaisimen jousitoiminnot ovat suunniteltu niin, että katkaisimen aukaisemisessa syntyvää voimaa riittäisi koskettimien mahdollisten hitsausten voittamiseksi. Löydetyt ratkaisut sallivat käyttää tyhjiötä kaaren sammutuksesta teollisuudessa valmistetuissa katkaisimissa. (7.)

5 Ulosvedettävä elementti VBEK-tyhjiökatkaisijalle

Volga-kojeistojärjestelmässä käytetään ulosvedettävää elementtiä VBEK-tyhjiökatkaisijalla, jota valmistetaan Saratovskin NPP Kontakt-tehtaalla. Ulosvedettävä elementti on hitsattu elementtikehikko pyörävaunulla ja siihen asennetaan VBEK-katkaisin. Ulosvedettävän elementin paino on 200 kiloa (9, s. 8).

VBEK-katkaisija

VBEK-katkaisija on tarkoitettu kolmivaiheisen vaihtovirran 50 Hz ja jännitteen 6 - 10 kV eristetyn sähköpiirien usein tapahtuvaksi kytkennäksi tavallisissa ja hätätilanteissa kojeistojärjestelmässä. Katkaisija on suoraan toimiva laite. Katkaisimen irtikytkentä (myös automaattinen irtikytkentä oikosulkuvirroissa ja ylikuormituksessa) suoritetaan katkaisimen jousien kiinnikytkenässä varatun energian avulla. Katkaisijan kaaren sammutus suoritetaan sammutustyhjiökammioilla. Tyhjiövälän hyvän eristävyys vuoksi jännite palautuu millisekuntien aikana koskettimen välille (9, s. 3). VBEK-katkaisijan tekniset perustiedot on esitetty liitteessä 2 (9, s. 5 - 6).

Katkaisija on tarkoitettu käyttöön alle 1000 metrin korkeudella meren pinnasta. Ulkoilman käyttölämpötilan sallittu vaihteluväli on -60 °C...+55 °C. Mekaaninen kestävyys on 30 000 jaksoa. Käyttöikä keskimääräiseen korjaukseen on korkeintaan 15 vuotta. Katkaisimien käyttöaika on 25 vuotta. Takuukäyttöaika on 5 vuotta (9, s. 8)

6 Volga-kojeistojärjestelmän teknisen tason tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena on saada lähtötietoja tekniikkakohteiden korkean teknisen tason ja kilpailukyvyn turvaamiseksi ja tieteellis-teknisten nykyaikaisien saavutusten käyttämiseksi ja tutkimuksen ja kehityksen päällekkäisyyden ehkäisemiseksi (10).

Tutkimukseen sisältyy:

- tekniikkakohteiden teknisen tason tutkimukset

- kyseessä olevan tekniikan kehityksen suuntausten analyysi
- kehitettyjen tekniikkakohteiden ja niiden osien uutuuden tutkimukset
- tekniikkakohteiden ja niiden osien patenttimoitteettomuuden tutkimukset
- teollisuusomistuksen kohteen oikeudellisen suojauksen tarkoituksenmukaisuuden ja lupien myynnin perustelut (11).

Opinnäytetyön puitteissa tämän tutkimuksen avulla on tarkoituksen mukaista tehdä tekniikkakohteiden teknisen tason tutkimus ja tekniikan tämän lajin kehityksen suuntauksen analyysi. Haun aikasyvyys on 20 vuotta (10).

Volga-kojeistojärjestelmän laadun arviointi

Volga-kojeistojärjestelmän laadun teknisen tason arvioimiseksi on laskettava ja verrattava sen laadun kokonaistasoa vertailulaitteiden kanssa. Laadun tasolla tarkoitetaan tuotteiden eri laatuominaisuuksien kokonaisuutta, joka luonnehtii sen tarkoitusta, käyttöturvallisuutta, valmistusta, standardisoinnin ja yhtenäistämisen tasoa, ergonomisia, ekologisia ominaisuuksia, turvallisuutta ja talousparametreja (12).

Tuotteiden laadun tason arviointi tehdään seuraavassa järjestyksessä:

- vertailutuotteiden valinta
- tuotteiden laadun tasoa kuvaavien ominaisuuksien valinta
- laadun mittareiden määrittäminen arvioinnissa oleville tuotteille ja tuotteiden vastineille
- laadun mittareiden arvon määrittäminen.

Tuotteiden teknisen tason ja laadun arvioinnissa käytetään seuraavia laatuominaisuusryhmiä:

- käytettävyyden mittarit, jotka luonnehtivat tuotteiden käytöstä saatavaa hyötyä ja määrittelevät tuotteiden käyttöalueen
- käyttöturvallisuuden ja pitkäikäisyyden mittarit, jotka luonnehtivat tuotteiden varmuutta ja pitkäikäisyyttä
- hyvän valmistettavuuden mittarit, jotka luonnehtivat suunnittelun ja teknisten ratkaisujen tehokkuutta työn korkean tuottavuuden turvaamiseksi tuotteiden valmistuksessa ja korjauksessa

- standardisoinnin ja yhtenäistämisen mittarit, jotka luonnehtivat standardisoidujen tuotteiden käyttöastetta ja tuotteen osien yhtenäisyyden tasoa
- ergonomiset mittarit, jotka luonnehtivat järjestelmän ihminen-tuote-ympäristöä ja ottavat huomioon ihmisen tuotanto- ja kotioloissa ilmenevien hygienian, psykologisten, fysiologisten, psykofysiologisten ominaisuuksien kokonaisuutta
- talousmittarit, jotka heijastavat tuotteiden kehityksen, valmistuksen ja käytön kuluja sekä käytön taloustehokkuutta (12).

Volga-kojeistojärjestelmän ja muiden vastaavien tuotteiden laadun tason vertailu

Volga-kojeistojärjestelmän arvioinnin suorittamiseksi (taulukko 3) vertailutuotteiksi valitaan kilpailukykyisiä ja tällä hetkellä markkinoilla olevia tuotteita:

- vastaava tuote 1: K-304NE-kojeistojärjestelmä (taulukko 4) (valmistaja Novaja Era Oy)
- vastaava tuote 2: K-59AE-kojeistojärjestelmä (taulukko 5) (valmistaja Alliance-Elektro Oy)

Liitteessä 3 on esitetty Volga-kojeistojärjestelmän parametrit ja niiden merkitys (2, s. 6). Liitteessä 4 on esitetty K-304NE-kojeistojärjestelmän parametrit ja niiden merkitys (13, s. 7 - 8). Liitteessä 5 on esitetty K-59AE-kojeistojärjestelmän parametrit ja niiden merkitys (14).

Vastaava tuote – kotimaisen tai ulkomaisen suunnittelun olemassa oleva rakenne samaa luokkaa, jolla on samankaltainen tarkoitus (15).

Paras tuote – paras tuote vastaavan joukosta, jonka ominaisuudet ovat optimaalisia ja tuotteen tekninen suorituskyky on vahvistettu perustuotteen todellisella olemassaololla (15).

Tässä tapauksessa parhaan tuotteen valinta on vaikeaa, koska erilaisten ominaisuuksien osalta toinen vastaava tuote ei ole toista parempi. Tässä tapauksessa valitaan paras ominaisuuden arvo kolmesta vertailutuotteesta ja käytetään sitä parhaana tuotteena.

Arvioinnissa olevan näytteen, vastaavien tuotteiden ja parhaan tuotteen laadun absoluuttisia ominaisuuksia ja mittareita on esitetty taulukossa 1.

Järjestys nro	Laadun ominaisuudet ja mittarit	Arvioinnissa oleva tuote Volga	Vastaava tuote 1 K-304NE	Vastaava tuote 2 K-59AE	Perusnäyte
Käyttöominaisuudet					
1	Nimelliskatkaisuvirta, kA	20	20	31,5	31,5
2	Lämpökestävyyden virta, kA	20	20	31,5	31,5
3	Katkaisijan katkaisun oma (täysi) aika, s	0,10	0,07	0,04	0,04
Käyttöturvallisuuden mittarit					
4	Kytkenäresurssi (kytkentäkestävyyden resurssi), vaiheet, toimet	30000	10000	50000	50000
5	Käyttöaika poistamiseen asti, vuotta	25	30	25	30
Hyvän valmistettavuuden mittarit					
6	Mitat, mm	2200x750x1400	2200x750x1500	2200x750x1200	2200x750x1200

7	Paino, kg	800	850	700	700
8	Hinta, €	10 000	11 500	12 500	10 000
Ergonomiset mittarit					
9	Huollon ja ulkoisten liitosten suorittamisen helppous	3	2	1	3
10	Katkaisimen korjauksen helppous	2	3	2	3

Taulukko 1. Laadun absoluuttiset ominaisuudet ja mittarit

Tuotteiden laadun jokaisen huomioon otettavan mittarin painoarvon määrittäminen on vaikea tehtävä. Tässä tapauksessa käytetään yksinkertaista käytettävissä olevaa asiantuntijamenetelmää. Valittiin viiden asiantuntijan ryhmä (tutkija, suunnittelija, tekniikko, myyjä, taloustieteilijä), joiden kokemus tällä alalla on vakuuttava. Kaikkien asiantuntijoiden äänillä on sama painoarvo (16).

Kaikki asiantuntijat antoivat 1...10 pistettä jokaiselle ominaisuudelle, jotka on esitetty taulukossa 2.

Laadun mittarit	Asiantuntijat ja heidän antamat pisteensä					Summa	Prioriteetti pisteet
	1	2	3	4	5		
1. Nimelliskatkaisuvirta	7	10	1	8	1	27	
2. Lämpökestävyyden virta	6	6	6	5	2	25	
3. Katkaisijan oma katkaisuaika	8	7	7	9	3	34	3

4. Kytkentäresurssi	10	1	2	4	4	21	
5. Käyttöaika poistamiseen asti	9	9	3	0	10	41	1
6. Mitat	1	2	4	6	6	19	
7. Paino	2	8	0	7	8	35	2
8. Hinta	3	5	9	1	9	27	
9. Huollon ja ulkoisten liitosten suorittamisen helppous	5	4	5	3	7	24	
10. Katkaisijan korjauksen helppous	4	3	8	2	5	22	

Taulukko 2. Laadun tason arvioinnin yhteinen arvo

Analyysin suorittamisen tuloksena saatiin tietää Volga-kojeistojärjestelmän tekninen taso. Arvioinnissa olevan tuotteen ja vastaavien tuotteiden teknisen tason vertailun jälkeen voi päästä johtopäätökseen siitä, että Volga-kojeistojärjestelmän tekninen taso on riittävän korkea. Tuotteen laatu on parempi kuin vastaava tuotteella 1, mutta huonompi kuin vastaava tuotteella 2. Jotta tuote olisi kilpailukykyinen ennen kaikkea kansainvälisillä markkinoilla, sitä on kehitettävä.

Analyysin suorittamisen yhteydessä saatiin asiantuntijoiden mielipiteet siitä, mitkä tuotteen parametrit ovat kuluttajille tärkeimpiä ja mitä teknisiä parametreja on kehitettävä seuraavassa vaiheessa.

Siten ottaen huomioon Volga-kojeistojärjestelmästä saatuja teknisen tason tietoja ja asiantuntijoiden mielipiteitä voidaan tehdä johtopäätös: Volga-kojeistojärjestelmän teknistä tasoa on nostettava.

Ensisijaisina parantamiskohteina ovat taulukossa 2 esitetyt laadun mittarit:

- käyttöominaisuudet (sähkölaitteen katkaisun oma aika)
- käyttöturvallisuuden mittarit (käyttöaika poistamiseen asti)
- paino.

7 Volga-kojeistojärjestelmän eri osien analyysi

Volga-kojeistojärjestelmän osien toiminnan analyysi tehdään FMEA-menetelmällä (Failure Mode and Effects Analysis – vika- ja vaikutusanalyysi).

Huomataan, että tähän analyysin hyvin helposti perehtyvät asiantuntijat ja se antaa erinomaisia tuloksia. Nykyaikainen ulkomainen tekniikka yllättää kokeneita erikoistuntijoita sillä, että sitä ei ole tehty ”toisilla käsillä”, vaan ”toisilla aivoilla”. Venäläisille laitoksille FMEA-analyysi on erittäin edullinen, koska se ei aiheuta kustannuksia, jotka ovat aina ongelmana.

Venäjällä käyttöön otetun ISO-standardin 9000-sarjan myötä tutun ”vika”-termin lisäksi on tullut termi ”yhteensopimattomuus” ja samalla ”vika”-termin tulkinta on muuttunut. Käytäntö osoittaa, että molempien termien epäselvän tarkoituksen takia, ennen kaikkea ISO-standardien uudessa versiossa, tehdään asiantuntijat eivät pysty selvästi erottamaan näitä käsitteitä toinen toisistaan (17).

Vika-termillä kuvataan negatiivista ilmiötä, joka ylittää tuotteen normaalin toiminnan rajat (17).

”Yhteensopimattomuus”-termillä kuvataan teknisten tietojen muodollista poikkeamaa aineistossa määrätystä arvoista. Yhteensopimattomuus ei aiheuta aina vikaa, samoin yhteensopimattomuuksien puute ei merkitse vikojen puutetta (17).

Näiden kahden termin lisäksi on hyödyllistä ottaa käyttöön vielä ”puutteellisuus”-termi, joka merkitsee joitakin epämukavuuksia, menetyksiä tuotannossa ja tuotteiden käytössä. Esimerkiksi yksikön kokoonpano voi olla epämukava tai vaikea, vaikka se on otettu lukuun suunnittelu- ja tekniikka-aineistossa eli epäsuhteita ei ole. Muussa tapauksessa voi olla hyvin vaikea päästää kohteeseen huollon aikana, muttei se ole vika. Kaikki kolme kuvattua käsitettä ovat negatiivisia ilmiöitä, jotka lisäävät sosiaalisia menetyksiä. FMEA-analyysin suorituksen tehtävänä on mahdollisten poistettavien vikojen määrittäminen ja niiden poistotoimenpiteiden suunnittelu (17). Riskiä arvioidaan seuraavilla kolmella mittarilla.

Riskin kerroin määritetään kaavan 1 mukaan:

$$K_R = K_M \cdot K_J \cdot K_S \quad (1)$$

missä

K_M = kerroin, joka ottaa huomioon puutteen seurausten merkityksen tilaajalle

K_J = kerroin, joka ottaa huomioon puutteen havaitsematta jäämisen tai sen syyn todennäköisyyden

K_S = kerroin, joka ottaa huomioon puutteen syntyminen todennäköisyyden

Samalla siinä tapauksessa, kun riskin kertoimen laskettu arvo ylittää 80, on ryhdyttävä tuotteen laadun parannustoimenpiteisiin (18). FMEA-analyysin mahdollisten puutteellisuuksien lajien ja seuraamusten analysoinnissa kertoimien määrittämisen kriteerejä on esitetty taulukoissa 3 - 5 (18).

Taulukossa 3 on esitetty kertoimen K_M merkitykset.

Puutteellisuuksien seuraamusten merkitys	K_M
Todennäköisyys on nollan lähellä, ei aiheuta ei-toivottuja seurauksia	1
Mitätön vaikutus järjestelmän toimintoihin tai prosessin toimien jatkuva suoritus	2 - 3
Hyväksyttävä vaikutus, aiheuttaa kuluttajan tyytymättömyyttä	4 - 6
Sellainen puutteellisuus, joka aiheuttaa harmia kuluttajalle, mutta ei vaikuta turvallisuuteen.	7 - 8
Hyvin vakava vaikutus. Vaikeita seuraamuksia, jotka johtavat tuotannon pysähtymiseen	9
Kriittinen epäsuhte, puutteellisuus uhkaa turvallisuutta ja on ristiriidassa lakien kanssa	10

Taulukko 3. Puutteellisuuksien seuraamuksia huomioon ottavan K_M - kertoimen määrittäminen (18)

Taulukossa 4 on esitetty kertoimen K_S merkitykset.

Puutteellisuuksien syntymisen kuvaus	Puutteellisuuksien (vi-kojen) osuus, %	K_S
Nollan läheinen todennäköisyys	vähintään 0,00001	1
Hyvin mitätön todennäköisyys	$10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$	2 - 3
Mitätön todennäköisyys	$5 \cdot 10^{-4} \dots 0,5$	4 - 6
Keskimääräinen todennäköisyys	0,5 - 5	7 - 8
Korkea todennäköisyys	yli 5	9 - 10

Taulukko 4. Puutteellisuuden syntymistä lukuun otettavan K_S- kertoimen määrittäminen (18)

Taulukossa 5 on esitetty kertoimen K_J merkitykset.

Puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden kuvaus	Puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyys, %	K_J
Nollan läheinen, puutteellisuudet tunnistetaan helposti	enintään 0,01	1
Hyvin pieni, puutteellisuuksien saaminen ilmi on hyvin todennäköistä, yhden tuntomerkin automaattinen tarkistus	enintään 0,1	2 - 3
Pieni	enintään 0,3	4 - 5
Hyväksyttävä, syntyneiden puutteellisuuksien tai syiden saaminen ilmi on melko todennäköistä	enintään 2	6 - 7
Korkea, puutteellisuuksien tai syiden saaminen ilmi on vaikeaa	enintään 10	8 - 9
Hyvin korkea, puutteellisuuksia ja syitä ei voi saada ilmi	yli 10	10

Taulukko 5. Puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden lukuun otettavan K_J- kertoimen määrittäminen (18)

FMEA-analyysi ottaa huomioon kohteen pakollista strukturointia määrittämällä ja analysoimalla sen täyttämiä toimintoja (18).

Taulukossa 6 verrataan elementtien luetteloja ja niiden täyttämiä toimintoja.

FMEA-analyysin rakenteet: kojeistojärjestelmät		Järjestelmän elementtien funktionaalinen analyysi: Volga-kojeistojärjestelmä	
Perustoiminto: sähköenergian jako			
Merkintä	Toiminnalliset elementit	Toiminnot (alitoiminnot)	Huomautukset, vaaralliset osat
1	Kehikko	Kuormituksen kantaminen, kaikkien elementtien asennus	Hitsissä voi olla halkeamia
2	Pääpiirit (esipiirit)	Virtakuormituksen kantaminen	Eristyksen mahdolliset läpi-iskut
3	Katkaisija	Sähköpiirien kytkentä	

Taulukko 6. Volga-kojeistojärjestelmän elementtien funktionaalinen analyysi

7.1 Hitsatun kehon puutteellisuuden analyysi

Sähkölaitteiden rakenteen määräysten mukaisesti kennon kehikko kuuluu vastuunalaisiin tärkeisiin hitsausrakenteisiin. Sen vuoksi kehoille esitetään korkeita vaatimuksia. Kehikkojen hitsauksen laatuun vaikuttavana päätekijänä on pätevä henkilökunta (19). Kehikot hitsataan käsin (MAG/CO₂) laitteita apuna käyttäen. Halkeamien syntymisen todennäköisyyttä kehoon määritetään käytön tulosten valvonnalla takuuajana (2 vuotta).

Puutteellisuuden todennäköisyyden kerrointa K_S määritetään P_S (puutteellisuuden todennäköisyyden arvon) mukaan (kaava 2) (18):

$$P_S = n_0/n \times 100 \% \quad (2)$$

missä

n_0 = rikki menevien tuotteiden määrä

n = tuotteiden erä

$$P_S = 0/50 \times 100 \% = 0 \%$$

Taulukon 4 perustella oletetaan, että $K_S = 1$, koska tuotteiden erässä rikki menevien tuotteiden määrä on nolla.

7.1.1 Mahdollisten seuraamusten arviointi

Käytön aikana kehikot tarkistetaan säännöllisesti puutteellisuuksien löytämiseksi, ja sen takia vikojen äkillinen ilmi saattaminen, joka aiheuttaa varaa henkilökunnalle, on käytännöllisesti tehty mahdottomaksi. Sellaiset viat aiheuttavat kuitenkin tyytymättömyyttä kuluttajissa kulujen johdosta kehikkojen korjaukseen ja vaihtoon. Oletetaan $K_R = 3$.

7.1.2 Puutteellisuuden löytämisen toimet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi

Teknisten määräysten ja sähkölaitteiden rakenteita koskevien sääntöjen mukaan hitsattujen kojeistojärjestelmien rakenteissa tehdään seuraavia tarkastuksia:

- silmämääräinen tarkastus
- mittaustarkastus
- säteily- tai ultraäänitarkastus
- mekaaniset koestukset
- pistehitsauksen laadun tarkastus näytteiden otto murtokokeella (20).

Koska on olemassa puutteellisuuksien syntymisen tapauksia käytön aikana, niin oletetaan, että $K_J = 4$ (taulukko 5). Mahdollisten puutteellisuuksien analysoinnin esimerkki on esitetty liitteessä 6.

7.1.3 Johtopäätös

Parantavia toimenpiteitä ei tarvitse tehdä, koska riskin kerroin $K_R = 1 \times 3 \times 4 = 12 < 80$ ei ylitä hyväksyttyä sallittua arvoa. Sen lisäksi tarkastuksen olemassa olevat toimenpiteet täyttävät sähkölaitteiden rakenteiden määräykset.

7.2 Pääpiirien läpi-iskun analyysi

Sähkölaiteiden rakennemääräysten mukaisesti pääpiirit (kuparikiskot) kuuluvat rakenteiden vastuunalaisiin elementteihin. Eristyksen läpi-iskuun vaikuttavana päätekijänä on rakenteiden elementtien ja johtokiskojen välinen matka (19). Sellaisten puutteellisuuksien välttämiseksi on kiinnitettävä huomio rungon asiantuntevaan suunniteltuun rakenteessa. Tämä saavutetaan käyttämällä suunnittelutöissä sertifioituja ja pätevien suunnittelijoita.

Lasketaan riskin arviointi kaavalla 2:

$$P_S = 0/50 \times 100 \% = 0 \%$$

Taulukon 4 perustella oletetaan, että $K_S = 1$, koska tuotteiden erässä rikki menevien tuotteiden määrä on nolla.

7.2.1 Mahdollisten seuraamusten arviointi

Käytön aikana eristyksen läpi-iskun tapauksessa pitäisi toimia laitteiden suojaus ja vaarallisten jännitteiden ja virtojen katkaisu, joten henkilöstön vaaralle alttiiksi saattaminen on käytännöllisesti mahdotonta (21). Kuitenkin sellaiset puutteellisuudet voisivat aiheuttaa tuhoa ja rikkoa kalliin laitteiston, joka synnyttää kuluttajien suurta tyytymättömyyttä kustannusten ja korjaukseen tarvittavan ajan takia. Oletetaan, että $K_M = 8$ (taulukko 3).

7.2.2 Puutteellisuuden löytämisen toimenpiteet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi

Puutteellisuuden löytämiseksi ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arvioinniksi suoritetaan pääpiirien eristyksen vastuksen tarkastuksen seuraavia lajia:

- kennon rakenteen tarkastus suunnitteluaineiston kehitysvaiheessa
- laadunvalvontaosaston tarkastus (kokeiden teko) (22).

Koska puutteellisuus ei voi käytännöllisesti esiintyä käytön aikana, niin oletetaan, että $K_J = 2$ (taulukko 5). Analyysin esimerkki on esitetty liitteessä 7.

7.2.3 Johtopäätös

Päätöksen teko parantavista toimenpiteistä ei ole tarkoituksenmukaista, koska riskin kerroin $K_R = 1 \times 8 \times 2 = 16 < 80$ ei ylitä hyväksyttyä sallittua arvoa. Sen lisäksi tarkastuksen olemassa olevat toimenpiteet täyttävät sähkölaitteiden rakenteiden määräykset.

7.3 VBEK-tyhjiökatkaisijan analyysi

VBEK-tyhjiökatkaisija on ostovalmiste, joten on kiinnitettävä erityistä huomiota valmiiden tuotteiden tulotarkistukseen.

Lasketaan riskin arviointi kaavalla 2:

$$P_S = 0/50 \times 100 \% = 0 \%$$

Taulukon 4 perustella oletetaan, että $K_S = 1$, koska tuotteiden erässä rikki menevien tuotteiden määrä on nolla.

7.3.1 Mahdollisten seuraamusten arviointi

Käytön aikana katkaisijan rikkoutuessa toimii hätähälytys, joka automaattisesti katkaisee sähköpiirin. Sen vuoksi henkilöstön vaaraan saattaminen on käytännöllisesti mahdotonta. Kuitenkin sellaiset viat aiheuttavat kuluttajan tyytymättömyyttä, kulujen johdosta kehikkojen korjaukseen ja vaihtoon (22). Oletetaan, että $K_M = 9$ (taulukko 3).

7.3.2 Puutteellisuuden löytämisen toimenpiteet ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arviointi

Puutteellisuuden löytämiseksi ja puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden arvioinniksi suoritetaan pääpiirien eristyksen vastuksen tarkastuksen seuraavia lajia:

- tulotarkastus
- katkaisijan toimivuuden tarkastus (19).

Koska puutteellisuutta ei voi käytännöllisesti esiintyä käytön aikana, niin oletetaan, että $K_J = 2$ (taulukko 5). Analyysin esimerkki on esitetty liitteessä 8.

7.3.3 Johtopäätös

Parantavia toimenpiteitä ei tarvitse tehdä, koska riskin kerroin on $K_R = 1 \times 9 \times 2 = 18 < 80$ eikä se siis ylitä sallittua arvoa.

Tulosten analysoinnin jälkeen voidaan tehdä päätös siitä, että puutteellisuuksien ehkäisemiseksi on kiristettävä tulotarkastusta ja säädettävä tuotannon valvonnan ja tuotteiden kokeita. On myös valvottava, että insinöörien ja suunnittelijoiden pätevyys pysyy korkeatasoisena. Sen lisäksi kehikon ja katkaisijan mahdollisten puutteellisuuksien välttämiseksi on parannettava tuotetta valmistamalla oma ulosvedettävä elementti käyttäen kiinalaista VF12-tyhjiökatkaisijaa.

8 Oma ulosvedettävä elementti VF12-tyhjiökatkaisijoiheen

Suoritettujen tutkimustuloksien mukaan määrättiin parannettavaksi tuotteen tarkoituksenmukaisimpia teknisiä parametreja, joiden parannus suuressa määrin täyttää kuluttajien toiveet sekä laajentaa tuotteen käyttöalaa lisäämällä tuotteen kysyntää ja auttaa valmistajaa saamaan suurta voittoa.

Käytettävyyden (sähkölaitteen katkaisun oma aika), käyttöturvallisuuden (käyttöikä poistamiseen asti) mittarien, painon ja lopultakin tuotteen hinnan

parantamiseksi suunnitellaan ja valmistetaan oma ulosvedettävä elementti uuteen VF12-tyhjiökatkaisimeen. VF12-katkaisija omilta teknisiltä ominaisuuksilta ylittää ennen käytössä olleen VBK-katkaisijan. Sen lisäksi vanhan ulosvedettävän vaunun käytön lopettaminen alentaa Volga-kojeistojärjestelmän hintaa.

VF12-katkaisijan rakenne ja teknisiä tietoja

Rakenteellisesti VF12-tyhjiökatkaisija koostuu metallisesta rungosta, johon on kiinnitetty virtaa johtavan pääpiirin kolme napaa. Runko on valmistettu rakentelevystä ja päällystetty jauhemaalilla. Rungon sisään on sijoitettu voimansiirtojouset, joiden ohjaukselliset osat on vedetty katkaisijan julkisivulle. Jokaisen navan peruselementtinä on navan sisälle asennettu tyhjiösammutuskammio. Navan runko on valmistettu monikerroksisesta silikoni- ja epoksidikompaundin rakenteesta, joka täyttää eristys- ja suojaustoiminnon (23, s. 4).

8.1 Käyttöala ja käytön olosuhteet

VF12-tyhjiökatkaisija on tarkoitettu käytettäväksi kolmivaiheisessa verkossa, jonka nimellinen jännite on 6...10 kV (23, s. 3).

VF12-tyhjiökatkaisijat on tarkoitettu toimimaan seuraavissa ympäristöolosuhteissa:

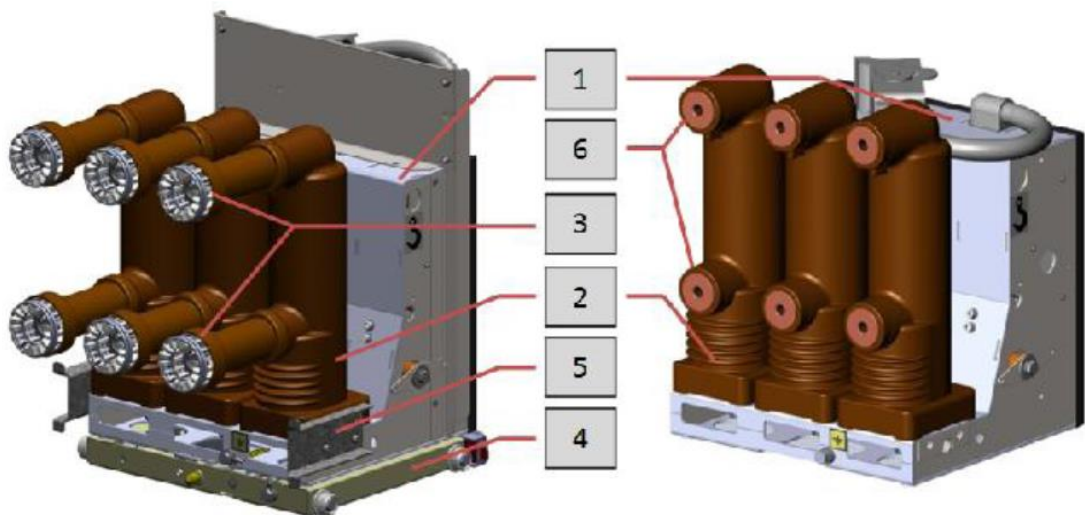
- laitteen asennus on meren pinnalta korkeudella enintään 1000 m
- ympäristön käyttölämpötilan alue on -40...+40 °C
- ilman suhteellinen kosteus ei ylitä 80 % +15 °C lämpötilassa
- ympäristö ei ole räjähdysvaarallinen, ei sisällä virtajohtavaa pölyä, syövyttäviä kaasuja tai höyryjä, jotka tuhoavat materiaaleja ja eristystä
- ulkolämpötila pakattujen ja pysäytettyjen valmisteiden varastoinnissa on -50...+40 °C (23, s.3).

VF12-tyhjiökatkaisijan tekniset perustiedot on esitetty liitteessä 9 (23, s. 8).

8.2 VF12-katkaisijan osat

Katkaisijan ulkoasu ja perusrakenneosat ulosvedettävässä ja kiinteässä versiossa on esitetty kuvassa 7.

Molempien versioiden katkaisija koostuu rungosta (1), jolle on pystysuoraan asennettu pääpiirin kolme napaa (2) tyhjiösammutuskammioineen. Tyhjiösammutuskammioiden liikkuvat koskettimet käynnistetään jousimoottorikäytöllä, joka on rungon sisällä (1). Katkaisijan julkisivulla on julkisivupaneeli, jolle on asennettu ohjauksen kaikki hallintalaitteet ja mittarit (24, s. 7 - 8).



Kuva 7. VF12-katkaisijan yleiskuva (24, s. 8)

Kuvassa 7 vasemmalla on ulosvedettävä versio ja oikealla kiinteä. Missä 1 – runko käyttöineen; 2 – pääpiirin napa; 3 – virranjohtovarret lamellikoskettimiin; 4 – laitteen vaunu; 5 – sammutuskoneiston ohjauslista; 6 – pääpiirin napojen lähdöt (24, s. 8).

Tuloksena on tyhjiökatkaisija, jonka ominaisuudet ylittävät ennen käytetyn VBEK-katkaisijan ominaisuudet. Nyt päätehtävänä on suunnitella ulosvedettävän vaunun kehikko niin, että katkaisija voidaan kiinnittää, siirtää ja jatkuvasti käyttää Volga-kojeistojärjestelmässä.

9 Ulosvedettävän elementin suunnittelu

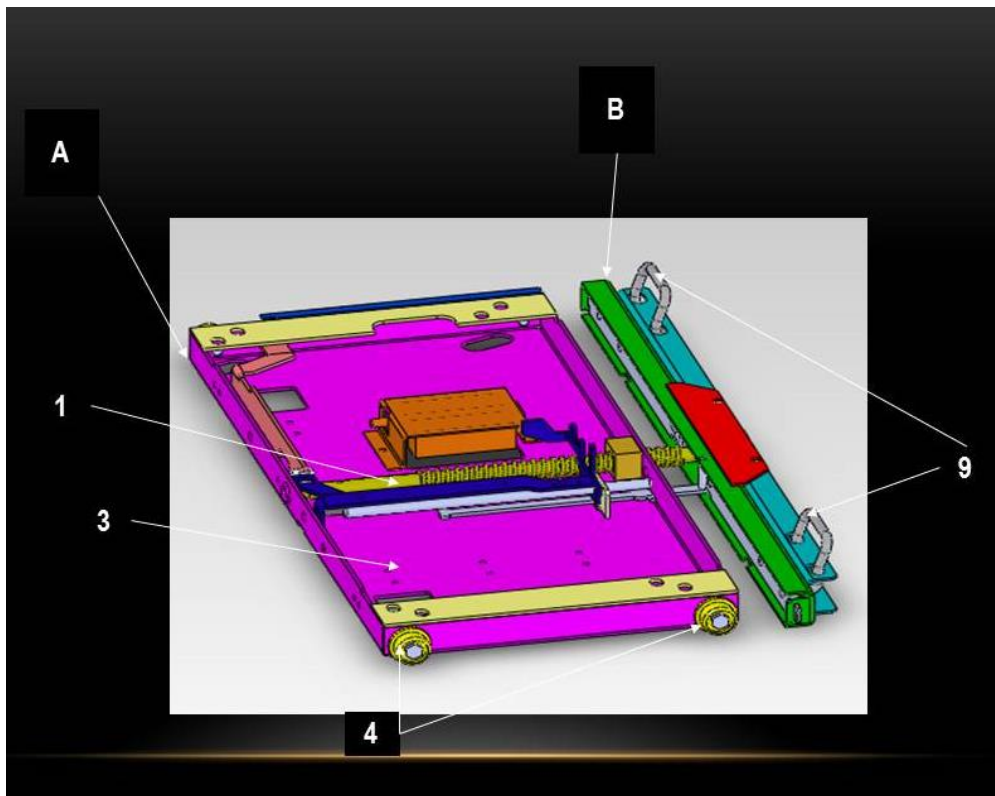
Ennen suunnittelun aloittamista on kerätty suunnitteluun tarvittavia tietoja haastattelemalla insinööri- ja tekniikkaosaston henkilöstöä:

- vaunun koskettimien välinen matka on vähintään 130 mm
- kaikki kosketinliitokset on katettava rasvalla, joka alentaa liitoksen vastusta 20 %
- ulosvedettävän elementin mitat 1160 x 640 x 712 mm.

Simulointi ja suunnittelu tehdään Solid Works -ohjelman avulla. Sitten piirustuskuvat siirretään AutoCAD 2004 -ohjelmaan. Koska työ tulisi muuten liian suureksi, piirustuskuvia ei oteta mukaan.

Laitteen vaunun rakenne ja toiminta

Kuvassa 8 on esitetty uuden vaunun rakenne.



Kuva 8. Ulosvedettävän vaunun rakenne

Laitteen vaunu koostuu liikkuvasta osasta (A), jolle kiinnitetään neljällä ruuvilla M12 katkaisija ja kiinteä osa (B), joka on liikkuvan osan alustana. Liikkuvan osan siirto kiinteän osan suhteen suoritetaan ruuvilla (1) ulosvedettävän elementin varrella, joka asennetaan aukkoon. Liikkuva osa koostuu sinkkiteräkсистä alustasta (3), jossa on 4 metallipyörää (4). Kiinteän osan (B) kiinnittämiseksi kennon rungon suhteen vaunun rakenteessa on kaksi päätylukitsinta, joita yhdistää kahvat (9). Laitteen vaunun käyttömekanismi on tehty niin, että sen liikkuvan osan (A) siirto on mahdollista kiinteän osan (B) ollessa lukittu. Toisaalta rakenteessa on otettu huomioon mahdollisuus vapauttaa kiinteä osa (B) lukituksesta laitteen vaunun ollessa tarkastusasennossa.

10 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Volga-kojeistojärjestelmän laatua. Työn aihe oli hyvin laaja ja rajoituksia oli pakko tehdä. Työssäni olennainen osa oli hyvän lähdemateriaalin hankinta sekä käännös suomen kieleen. Tähän tarkoitukseen käytin apuna yrityksen materiaaleja ja henkilöstön haastatteluja. Haastatteleamalla suunnittelujohtaja Roman Verbelchukia olin muodostanut työni rungon sekä sain ammattitaitoista apua. Myös internetistä sain käyttökelpoista materiaalia. Käännöksen teossa käytin apuna suomalais-venäläisiä tekniikan sanakirjoja, Google-kääntäjää sekä internetiä.

Opinnäytetyössä tutkittiin Volga-kojeistojärjestelmän rakennetta ja tarkistettiin sen tekninen taso ja kilpailukyky markkinoilla tänä päivänä. Työssä on käyty läpi kojeistojärjestelmän tarkoitus ja käyttöala, tekniset tiedot ja osat sekä kytkentä sähköenergiajärjestelmissä, kaariprosessit kytkimissä ja tyhjiökammion rakenteeseen liittyvät teoriat. Lisäksi käytiin läpi vanhan tyhjiökatkaisijan kuvaus ja tekniset tiedot, tehtiin Volga-kojeistojärjestelmän teknisen tason tutkimus ja laadun arviointi, käytettiin asiantuntijamenetelmää ja FMEA-analyysiä ja esitettiin FMEA-analyysin laskemiseen liittyvää teoriaa sekä laskut.

Tutkimuksen seurauksena saatiin tulokseksi, että tuotetta on parannettava. Vaikka tekninen taso on riittävän korkea, se ei kuitenkaan ole riittävä verrattaessa kilpailijoiden tuotteisiin. Todettiin, että ensisijaiset laadun mittarit ovat sähkölaitteen katkaisun oma aika, käyttöaika poistamiseen asti ja paino sekä hinta. FMEA-analyysin jälkeen tehtiin päätös, että puutteellisuuksien ehkäisemiseksi on kiristettävä tulotarkastusta ja kehitettävä tuotannon valvontaa ja tuotteiden testausta. Lisäksi pitää valvoa, että insinöörien ja suunnittelijoiden pätevyys on korkealla tasolla. Sen lisäksi mahdollisten puutteellisuuksien välttämiseksi (koskien kehikkoa ja katkaisijaa) parannettiin tuotetta valmistamalla oma ulosvedettävä elementti käyttäen kiinalaista VF12-tyhjiökatkaisijaa. VF12-katkaisija ylittää teknisiltä ominaisuuksiltaan ennen käytössä olleen Saratovskin tehtaan valmistaman VBEK-katkaisijan. Sen lisäksi Saratovskin tehtaan ulosvedettävän vaunun käytön lopettaminen alen-

taa Volga-kojeistojärjestelmän hintaa. Vaunun simulointi ja suunnittelu tehtiin Solid Works -ohjelman avulla. Vaunun piirustuskuvia ei oteta mukaan tähän työhön, koska työstä tulisi liian iso. Kaiken kaikkiaan työ opetti minulle paljon, koska se on uusi ja mielenkiintoinen alue, joka koostui useasta eri osiosta.

Opinnäytetyön yhteenvedossa saatuja tuloksia voidaan tiivistää seuraavasti: valmistajan pitää jatkuvasti muistaa, että vastatakseen kuluttajien ja yhteiskunnan kasvaviin vaatimuksiin tuotteen laadunvalvonnan pitää koko ajan parantua. Tuotteiden laadun parantamiseksi saatiin valtava hyöty yritykselle ja sen asiakkaille.

Kuvat

- Kuva 1. Volga-kojeistojärjestelmä, s. 7
- Kuva 2. Volga-kojeistojärjestelmän osat, s.8
- Kuva 3. Kokoojakiskojen järjestys kaapissa, s.10
- Kuva 4. Vaurioituneen lohkon irtikytkemisprosessi, s. 11
- Kuva 5. Tyhjiökaari, s. 13
- Kuva 6. Tyhjiökammion rakenne, s. 14
- Kuva 7. VF-12-katkaisijan yleiskuva, s. 32
- Kuva 8. Ulosvedettävän vaunun rakenne, s.33

Taulukot

- Taulukko 1. Laadun absoluuttiset ominaisuudet ja mittarit, s. 21
- Taulukko 2. Laadun tason arvioinnin yhteinen arvo, s. 22
- Taulukko 3. Puutteellisuuksien seuraamuksia huomioon ottavan K_M - kertoimen määrittäminen, s. 24
- Taulukko 4. Puutteellisuuden syntymistä lukuun otettavan K_S - kertoimen määrittäminen, s. 25
- Taulukko 5. Puutteellisuuden havaitsematta jäämisen todennäköisyyden lukuun otettavan K_J - kertoimen määrittäminen, s. 25
- Taulukko 6. Volga-kojeistojärjestelmän elementtien funktionaalinen analyysi, s. 26

Lähdeluettelo

1. OAO PO Eltehnika kotisivut. <http://www.elteh.ru/company/>. Luettu 10.06.2013.
2. OAO PO Eltehnika. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Manual Volga. 2013.
3. OAO PO Eltehnika. Teknisiä tietoja. Catalogue Volga. 2013.
4. Tekninen dokumentointi. KytKentä energijärjestelmissä. <http://docs.cntd.ru/document/673656216>. Luettu 23.06.2013.
5. Pishchur A. AS Tavrida Electric Export. High current vacuum arc. Luettu 11.07.2013.
6. Evdokunin G., Tiler G. Nykyaikainen keskijänniteverkon tyhjiökytkinlaitteet. Pietari. 2000. – 114 s.
7. Sähkövoimalaitosrakennustekniikka. Tyhjiökytkimet. <http://forca.com.ua/info/oborudovanie/vakuumnye-vyklyuchateli.html>. Luettu 22.07.2013.
8. Gorshkov J., Zheltkov P. Virtapiirin parametrin vaikutus valokaariprosessiin valokaarikammioissa. Perustutkimus. № 11 (osa 6). 2013.
9. VBEK-katkaisin. Ohjekirja. 2010.
10. Patenti teknologia. <http://ref.rushkolnik.ru/v46931/?page=2>. Luettu 29.07.2013.
11. Patenti tutkimukset. <http://www.msp-patent.ru/patentnije-issledovaniya.html>. Luettu 30.07.2013.
12. Tavaroiden ja palvelujen kilpailukyky. http://mobile.uchebniki.ws/158903158416/marketing/poryadok_otsenki. Luettu 5.08.2013.
13. OAO Novaja Era. Teknisiä tietoja. Kojeistojärjestelmä K-304NE.
14. Alliance-Elektro Oy. Teknisiä tietoja. K-59AE-kojeistojärjestelmä. <http://forca.ru/spravka/kru-i-ktp/k-59-kru-naruzhnoy-ustanovki.html>.
15. Vastaava tuotteiden muodostuminen ja parhaiden tuotteiden perustaminen. http://www.1mashstroi.ru/metodi_obespecheni_kachestva/formirovanie_grupi_analogov/. Luettu 15.08.2013.
16. Asiantuntija arviointimenetelmä ja tuotteiden laatutaso. http://www.1mashstroi.ru/metodi_obespecheni_kachestva/metod_ekspert_otsenki/. Luettu 17.08.2013.

17. FMEA-analyysi.
<http://iso.staratel.com/ISO9000/Article/Designing/Designing.htm>. Luettu 21.08.2013.
18. Syiden ja puutteellisuuksien seuraamusten analysointi.
http://gendocs.ru/v23152/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_-_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD_%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2. Luettu 25.08.2013
19. Sähkölaitteiden säännökset.
http://www.znaytovar.ru/gost/2/PUEPravila_ustrojstva_elektrou2.html. Luettu 23.08.2013.
20. OOO Metallien diagnoosi. Hitsaussaumojen viat. <http://xn----7sbabkcfmwcwqakkqj8btg.xn--p1ai/vik/defekty/>. Luettu 25.08.2013.
21. Suojalaitteet. <http://www.legrand2.ru/uzo.html>. Luettu 27.08.2013.
22. Verbelchuk R. Haastattelu 17.07.2013.
23. OAO PO Eltehnika. Teknisiä tietoja. Catalogue VF12. 2013.
24. OAO PO Eltehnika. Käsikirja VF12-katkaisija. 2013.

Liite 1

Nimi	Arvo
Nimellisjännite, kV (linjassa)	10
Enimmäiskäyttöjännite, kV (linjassa)	12
Pääpiirien nimellisvirta, A	1000
Kokoojakiskojen nimellisvirta, A	1000
Ulosvedettävälle elementille asennetun katkaisijan tyyppi	VBEK
Katkaisijan nimellinen katkeamisvirta, A	20
Lämpökestävyyden virta (3s), kA	20
Relesuojan virtamuuntajan tyyppi	TOL10
Pääpiirien sähködynaamisen kestävyden virta, kA	81
Apupiirien nimellisjännite, V tasa- ja vaihtovirta	220
Huollon olosuhteet	Kaksipuolinen
Suojausaste GOST 14254-80	Käyttötilassa ulosvedettävä elementti - IP20
Korkeusmeren pinnasta, m	Enintään 1000
Käyttölämpötila, °C	-25... + 40

Liite 2

Nimellisjännite, kV	10
Enimmäiskäyttöjännite, kV	12
Nimellisvirta, A	1250
Irtikytkennän nimellisvirta, kA	20
Oikosulun läpimenevä virta: sähködynaamisen kestävyuden virta, kA lämpökestävyyden virta, kA lämpökestävyyden virran kulun aika, s	51 20 3
Kiinnitykennän varsinaisaika, ms	enintään 100
Irtikytkennän varsinaisaika, ms	enintään 100
Kytkenän sähkömagneetin kulutusvirta: nimellisjännitteellä 220 V, nimellisjännitteellä 110 VB,	40 A 80 A
Vähimmäisjännitteen jako: nimellisjännite laukeamisen jännite palautuksen jännite laukeamisaika jännitteen täydessä poistamisessa (riip- puen katkaisijaan kytketyn kondensaattoriakun arvosta), s laukeamisajan poikkeama keskimmaisesta arvosta jännit- teen täydessä poistamisessa, s, korkeintaan käytetty teho sisään vedettävässä ankkurissa ja nimelli- sessä jännitteessä, VA korkeintaan	enintään 100 VAC 0,35...0,5 ni- mellistä vähintään 0,85 nimellistä 0,5; 1; 2; 3; 4; ± 0,3 s 30
Jako syötössä riippumatomalta lähteeltä: - nimellissyöttöjännite tasavirralla - nimellisjännitteen poikkeaman alue - kulutusvirta nimellisellä jännitteellä	220 A 154 - 242 V korkeintaan 0,5 A
Katkaisijan painon on oltava korkeintaan, kg	120

Liite 3

Parametrin nimi ja luokittelun mittarit	Parametrin arvo ja to- tuustapa
1 Nimellisjännite (verkkojännite), kV	10
2 Maksimi käyttöjännite (verkkojännite), kV	12
3 Pääpiirien nimellisvirta, A	1000
6 Pääpiirien sähködynaamisen kestävyys- nimellisvirta, kA	81
7 Apupiirien nimellisjännite, V Tasa- ja vaihtovirta	220
8 Eristyksen taso GOST 1516.1	Tavallinen eristys
9 Eristyksen laji	Kova- ja ilmaeristys
10 Johto-osien eristyksen olemassa olo	Eristymättömät kiskot
11 Ulosvedettävän elementin olemassa olo	Ulosvedettävä elementti
12 Suurjännitteisten verkkoliitosten laji	Kaapelit, kiskot
13 Huollon olosuhteet	Kahdelta puolelta
14 Suojauksen aste GOST 14254	Käyttötilassa ulosvedet- tävä elementti - IP20
15 Johdon laji	Lähi- ja kauko-ohjaus
16 Mitat K x L x S, mm	2200x750x1400
17 Paino kaikkine varusteineen, kg	800
18 Katkaisimen tyyppi	VBEK
19 Katkaisun nimellisvirta, kA	20
20 Lämmönkestävyyden virta, kA	20
21 Kytkenäresurssi (kytkentäkestävyyden re- surssi), vaiheet, toimet	30000
22 Käyttöaika poistamiseen asti, vuotta	25
23 Katkaisimen katkaisun oma (täysi) aika, s	0,100
24 Käyttölämpötila, °C	-25... +40

Liite 4

Parametrin nimi ja luokittelun mittarit	Parametrin arvo ja totuustapa
1 Nimellinen jännite (verkkojännite), kV	10
2 Maksimi käyttöjännite (verkkojännite), kV	12
3 Pääpiirien nimellinen virta, A	1000
6 Pääpiirien sähködynaamisen kestävyuden nimellinen virta, kA	102
7 Apupiirien nimellinen jännite, V tasa- ja vaihtovirta	220
8 Eristyksen taso GOST 1516.1	Tavallinen eristys
9 Eristyksen laji	Kova- ja ilmaeristys
10 Johto-osien eristyksen olemassa olo	Eristymättömät kiskot
11 Ulosvedettävän elementin olemassa olo	Ulosvedettävät elementit
12 Suurjännitteisten verkkoliitosten laji	Kaapelit, kiskot
13 Huollon olosuhteet	Kahdelta puolelta
14 Suojauksen aste GOST 14254	Käyttötilassa ulosvedettävä elementti - IP20
15 Johdon laji	Lähi- ja kauko-ohjaus
16 Mitat K x L x S, mm	2200x750x1500
17 Paino kaikkine varusteineen, kg	850
18 Katkaisimen tyyppi	LF2
19 Katkaisun nimellinen virta, kA	31,5
20 Lämmönkestävyyden virta, kA	31,5
21 Kytkenäresurssi (kytkentäkestävyyden resurssi), vaiheet, toimet	10000
22 Käyttöaika poistamiseen asti, vuotta	30
23 Katkaisimen katkaisun oma (täysi) aika, s	0,070
24 Käyttölämpötila, °C	-25... +40

Liite 5

Parametrin nimi ja luokittelun mittarit	Parametrin arvo ja totuustapa
1 Nimellisjännite (verkkojännite), kV	10
2 Maksimi käyttöjännite (verkkojännite), kV	12
3 Pääpiirien nimellisvirta, A	1000
6 Pääpiirien sähködynaamisen kestävyysnimellisvirta, kA	81
7 Apupiirien nimellisjännite, V	
Tasavirta	220
Vaihtovirta	220
8 Eristyksen taso GOST 1516.1	Tavallinen eristys
9 Eristyksen laji	Kova- ja ilmaeristys
10 Johto-osien eristyksen olemassaolo	Eristymättömät kiskot
11 Ulosvedettävän elementin olemassaolo	Ulosvedettävä elementti
12 Suurjännitteisten verkkoliitosten laji	Kaapelit, kiskot
13 Huollon olosuhteet	Kahdelta puolelta
14 Suojauksen aste GOST 14254	Käyttötilassa ulosvedettävä elementti - IP20
15 Johdon laji	Lähi- ja kauko-ohjaus
16 Mitat K x L x S, mm	2200x750x1200
17 Paino kaikkine varusteineen, kg	700
18 Katkaisimen tyyppi	BB/AE
19 Katkaisun nimellinen virta, kA	20
20 Lämmönkestävyyden virta, kA	20
21 Kytkenresurssi (kytkentäkestävyyden resurssi), vaiheet, toimet	50000
22 Käyttöaika poistamiseen asti, vuotta	25
23 Katkaisijan katkaisun oma (täysi) aika, s	0,040
24 Käyttölämpötila, °C	-25... +40

Liite 6

Puutteellisuuden nro ^α	Mahdollinen puutteellisuus ^α	Mahdollisen puutteellisuuden seuraamukset	K _M ^α	Ilmi-saattamisen toimet K _J ^α	Puutteellisuuden mahdollisen syy ^α	Puutteellisuuksien syiden ehkäisemisen toimenpiteet ^α	K _S ^α	K _R ^α
1 ^α	Hitsien halkaemien syntyminen ^α	Kehikon muodonmuutos ^α	3 ^α	<p>1. Teknisen osaston silmämääräinen ja työkalutarkastus. ¶</p> <p>2. Säteilytarkastus. ¶</p> <p>3. Sähkölaitteiden rakenteen sääntöjen mukaiset kokeet^α</p>	Puutteellisuuden hitsauksen aikana (teknisten määräysten mukaan) ^α	Hitsaajien pätevyyden määrittely ^α	1 ^α	12 ^α

Liite 7

Puutteellisuuden	Mahdollinen	Mahdollisen puutteellisuuden seuraamukset	K _M	Ilmi saattamisen toimet	K _J	puutteellisuuden mahdollisen syy	Puutteellisuuksien syiden ehkäisemisen toimenpiteet	K _S	K _R
21	Eristyksen läpisi-	Käytön turvallisuuden vaara, laitteiston vahingoittaminen	8	<p>1. Kojetojärjestelmärakenteen tarkastus suunnitteluvaiheissa;</p> <p>2. Kokeiden suoritus, kuluttajien sähkölaitteiden rakenteen määrävsten mukaisesti.</p>	2	Epäonnistunut rakenne	Sertifioitujen ja pätevien insinöörien ja suunnittelijoiden käyttö.	1	16

Liite 8

Puutteellisuuden nro	Mahdollinen puutteellisuus	Mahdollisen puutteellisuuden seuraamukset	K_M	Ilmi toimit saattamisen toimet	K_J	puutteellisuuden mahdollisuuden syy	Puutteellisuuksien syiden ehkäisemisen toimenpiteet	K_S	K_R
31	Katkaisijan meneminen rikki	Laitteiston meneminen rikki	9	1. Tulotarkastus; 2. Laadun valvontaosaston tarkastus valmiin kompleksijakolaitteen luovutuksessa (katkaisijan toimintakyvyn tarkastus)	2		Katkaisijoiden muiden merkkien käyttö	1	18

Liite 9

Nimi	Arvo
1. Nimellisjännite, kV	10
2. Maksimi käyttöjännite, kV	12
3. Nimellisvirta, A	1250
4. Katkaisun nimellisvirta, kA	31,5
5. Lämpökestävyyden virta, kA	31,5
6. Sähködynaamisen kestävyden virta, kA	81
7. Kiinni kytkennän virran normitetut parametrit ovat: -enimmäishuippu, kA	81 31,5
8. Lämpökestävän virran kuluaika korkeintaan, s	3
9. Aperiodisen osan normitettu prosenttisisältö, %	30
10. Yksittäisen kondensaattoripatterin katkaisuvirran sallittu arvo korkeintaan, A	400
11. Kuormitettaman kaapelin katkaisuvirran sallittu arvo korkeintaan, A	31,5
12. Kytkentäkestävyyden resurssi: – nimellisvirralla, auki ja kiinni vaiheella	30000
13. Mekaaninen resurssi, auki ja kiinni vaiheella	30000
14. Katkaisun oma aika, vähintään, ms	35
15. Kiinni-kytkennän oma aika, vähintään, ms	55
16. Katkaisun ajan täysi aika, vähintään, ms	50
17. Kiinni- ja aukiokytkennän eriaikaisuus, korkeintaan, ms	2
18. Navan pääpiirin sähkövastus, $\mu\Omega$, lukuun ottaen kasetti, korkeintaan, $\mu\Omega$	10 10
29. Teollisuustaaajuuden koejännite, kV	42
20. Täyden salamapulssin koejännite, kV	75
21. Paino, korkeintaan kg	95
22. Katkaisijan käyttöikä poistamiseen asti, vuotta	30