

ბესარიონ ციხრაძე

თანამდროვე სატრანსპორტო სასაშუალოებში
ელექტრომაგნიტური თავსებადობის დიაგნოსტიკისა და
ანალიზის ექსპერტული სისტემა

ინჟინერია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
იანვარი, 2008

© საავტორო უფლება ბესარიონ ციხრაძე, 2008

saqarTvel os teqnikuri universiteti

informatikisa da marTvis sistemebis fakul teti

Cven, qvemore xel is momwerni vadasturebT, rom gavecaniT CixraZe besarionis mier Sesrul ebul sadisertacio naSroms dasaxel ebiT: "Tanamedrove satransporto saSual ebebSi el eqtro-magnituri Tavsebadobis diagnostikisa da anal izis eqspertul i sistema" da vaZl evT rekomendacias saqarTvel os teqnikuri universitetis informatikisa da marTvis sistemebis fakul tetis sadisertacio sabWoSi mis ganxil vas doqtoris akademiuri xarisxis mosapovebl ad.

28.01.08

xel mZRvanel i:	
recenzenti:	
recenzenti:	
recenzenti:	

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2008

ავტორი: ბესარიონ ციხრაძე
დასახელება: თანამედროვე სატრანსპორტო სასაუბრის ელექტრომაგნიტური თავსებადობის დიაგნოსტიკისა და კვლევების ექსპერტიზის სისტემა
ფაკულტეტის დასახელება: ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების

ინდივიდუალური პროექტების ან ინსტიტუტების მიერ შემოთავაზებული დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნების კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიშნულია აკადემიური საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგანმცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ნაწილის კომპონენტების გადამხდვას ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქციის დასვების ავტორის წინააღმდეგობის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებების დაცვას მასალის მიხედვით შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ შემთხვევებისა, რომლებშიც მოთხოვნის მოქმედების მიხედვით მითითებულია ლიტერატურის ციტირება, როგორც ეს მიხედვითაა მეცნიერული ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იწესებს პასუხისმგებლობას.

rezi ume

Tanamedrove satransporto saSual ebebs gaaCniaT rTul i el eqtrul i sistemebi. sistemis komponentebs Soris el eqtromagniturma urTierTqmedebam, agreTve garemos el eqtromagniturma zemoqmedebam SeiZl eba Seuqmnas probl emebi mis gamarTul ad funqcionirebas.

satransporto saSual ebis daproeqtetebisas rac ufro adreul etapze moxdeba el eqtrul i sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostika da anal izi, miT ufro nakl ebi iqneba konstruqciaSi cvl il ebis aucil ebl obiT gamowveul i droiT i da material uri danaxarj ebi.

naSromSi warmodgenil ia satransporto saSual ebebSi el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostikisa da anal izis eqspertul i sistemis EMC Expert damuSaveba da real izacia. eqspertul i sistemis daniSnul ebaa satransporto saSual ebebis daproeqtetebis adreul etapze aRmoaCinos mosal odnel i el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebi da daexmaros inJinrebs maT aRmofxvraSi.

sistemis Seqmnis mizniT SemuSavebul i iqna satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis kompiuterul i model irebis meTodebi, eqspertul i codnis warmodgenis meTodebi, l ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis muSaobis meTodebi, el eqtrogayvanil obis komponentebs Soris el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebis meTodebi.

SemuSavda eqspertul i sistemis mTl iani struqtura daproeqtetebis obieqtze orientirebul i da rel aciuri meTodebis gamoyenebiT. SemuSavda momxmarebl is interfeisebi da sistemis muSaobis Sedegebis warmodgenis saSual ebebi.

satransporto saSual ebebSi el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis eqspertul i sistemis programul i uzrunvel yofa damuSavebul ia Microsoft Visual C++ garemosi, OpenGL, CLIPS, LibXML, VBScript bibli oTekebis gamoyenebiT.

el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evisaTvis ukve arsebul i saSual ebebi iyeneben ricxviT meTodebs, roml ebi did gamoTvl iT da droiT resursebs moiTxoven. amitom maTi saSual ebiT Sesazl ebal ia mxol od sistemis cal keul i komponentebis gamokvl eva. eqspertul i sistema iyenebs eqspertul codnas, romel ic mis codnis bazaSia ganTavsebul i. mas ar sWirdeba rTul i gamoTvl ebis ganxorciel eba da Sesabamisad ar moiTxovs didi raodenobiT droisa da gamoTvl iT resursebs, amitom eqspertul i sistemis saSual ebiT Sesazl ebel ia satransporto saSual ebis mTl iani model is gaanal izeba da gamokvl eva el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebze. garda amisa, eqspertul i sistemis gamoyeneba ar moiTxovs inJinris maRal kval ifikacias el eqtrodinamikis sferoSi. eqspertul sistemas gaaCnia gafarToebis didi Sesazl ebl oba, imdenad, ramdenadac masSi Sesazl ebel ia codnis Cadeba wesebis damatebis saxiT.

naSromi Sedgeba Sesaval isa da oTxi Tavisagan.

Sesaval Si ganxil ul ia Tanamedrove satransporto saSual ebebSi el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis aqtual uroba da mniSvnel oba, am miznisaTvis eqspertul i sistemis Seqmnis mizanSewonil oba. dasaxul ia naSromis ZiriTadi miznebi, amocanebi, maTi gadawyvetis gzebi da Sedegebi.

pirvel TavSi ganxil eba el eqtromagnituri Tavsebadobis arsi da is mizezebi, roml embac gamoiwvia satransporto saSual ebebis daproeqtobis adreul etapze misi gaTval iswineba. Camoyal ibebul ia satransporto saSual ebebis el eqtrul i sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis aqtual urobis sakiTxebi. ganxil ul ia el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis tradiciul i meTodebi Tavisi dadebiTi da uaryofiTi mxareebiT. dasabuTebul ia eqspertul i sistemis Seqmnis aucil ebl oba. ganxil ul ia ukve arsebul i sistemebi, roml ebic gamoiyeneba el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evisaTvis.

meore TavSi ganxil eba yvel a SemuSavebul i meTodi. esenia: satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis aRweris da kompiuteris mexsierebaSi warmodgenis meTodebi, eqspertis codnis warmodgenis meTodebi produqciebis saxiT, saprobl emo aris Sesaxeb codnis warmodgenis meTodebi freimebis saxiT. SemuSavebul ia l ogikuri gadawyvetil ebebis birtvis muSaobis principebi. damuSavebul ia mavTul ebis sam ganzomil ebaSi model irebis da sivrceSi gadanawil ebis meTodebi, el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebis meTodebi.

mesame TavSi warmodgenil ia sistemis realizaciis meTodebi. Seqmnil ia mTliani sistemis struqtura da komponentebis Soris urTierTkavSirebis sqema. dadgenil ia kl asebis ierarqia da obieqtobis Soris damokidebul ebebi. Seqmnil ia momxmarebl is grafikul i interfeisebi da Sedegebis gadamuSavebis saSual ebebi.

meoTxe TavSi warmodgenil ia sistemis muSaobis Sedegebis eqsperimentul i Semowmeba. eqsperimenti Catarda ideal ur model ze roca mavTul ebi ganTavsebul ia erTmaneTis paral el urad da real uri avtomobil idan aRebul i gayvanil obis model ze. model ebi gamokvl eul i iqna eqspertul i sistemisa da **EMC Studios**-s saSual ebiT da Sedegebi Sedar da erTmaneTs. agreTve gamokvl eul i iqna gamoTvl ebisaTvis saWi ro droc.

Catarebul ma eqsperimentebma gviCvena, rom **EMC Experts**-s SeuZl ia swrafad da didi sizustiT aRmoaCinos el eqtromagnituri Tavsebadobis potenciuri probl emebis mqone areebi satransporto saSual ebis rTul el eqtrogayvanil obaSi. aseTi areebi SemdgomSi SesaZl ebel ia amoRebul iqnas gayvanil obis mTliani model idan da gamokvel ul iqnas zusti meTodebis gamoyenebiT.

gaweul i Sromis Sedegad real izebul i iqna satransporto saSual ebebis daproeqtobis adreul etapze maTSi potenciuri el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebis diagnostikisa da anal izis eqspertul i sistema, romel ic warmatebiT iqna danergil i evropul i avtomwarmebl ebis sawarmoo procesSi.

Summary

Contemporary transport vehicles have complex electrical systems. Electromagnetic interaction between system components, also electromagnetic influence of the environment can cause problems for correct functionality of electronic system components.

Electromagnetic compatibility diagnostics and analysis of the electronic systems on the early stage its design will reduce the time and material costs caused by the necessity of changes in the design if problems exist.

In this work is presented development and implementation of the EMC Expert, the expert system for electromagnetic compatibility diagnostics and analysis in transport vehicles. The destination of the system is to help engineers in discovering and fixing electromagnetic compatibility problems of electronic system at early stage of its development.

During development of the expert system following methods were elaborated: methods for modeling electrical systems of the vehicle, methods for representation of the expert knowledge, methods of functionality of the logical decisions core, methods for simulation of the electromagnetic interaction between components of the electronic system.

Whole system structure was defined. System was developed using object-oriented and relational methods of design. GUI and post-processing features were developed too.

Expert system is implemented in Microsoft Visual C++ environment using libraries such as OpenGL, CLIPS, LibXML and VBScript.

Existing tools for electromagnetic compatibility analysis are based on numerical computational methods that require large amount of time and computational resources. Because of this, only part of the whole electronic system can be analyzed using those tools. Expert System uses knowledge of the experts that is placed into its knowledge base. It does not require complex computations, so it does not require large amount of time and computational resources as well. Because of this fact the whole model of the vehicle can be analyzed using expert system. Besides, usage of the expert system does not require deep knowledge in electrodynamics from engineer. Expert system has extension capabilities as soon as new rules can be added to its knowledge base.

The thesis consists of introduction and four chapters.

In the introduction the necessity and urgency of the electromagnetic compatibility analysis in contemporary transport vehicles is considered. The reasonability of development of expert system for these purposes is discussed. The goals of the work are specified and the ways of achieving these goals and results are defined.

In the first chapter the electromagnetic compatibility and the reasons of its consideration at early stage of the vehicle's design are discussed. The terms of necessity of electromagnetic compatibility analysis in vehicles are defined. Pros and cons of traditional methods of electromagnetic compatibility analysis are considered and the necessity of expert system development is proved. Existing systems of electromagnetic compatibility analysis are described.

In the second chapter all elaborated methods are described. These methods are: methods for description and representation in the computer memory of the vehicle

harness, methods of representation of the expert knowledge using productions, methods of representation of knowledge about research area using frames, principles of working of logical solver, methods of 3D wire routing, methods of electromagnetic interaction simulation.

In the third chapter expert system implementation methods are presented. The structure of the whole system is defined and scheme of interaction between its components is specified. The hierarchy of classes and relationship between objects are defined. GUI and results post-processing features are created.

In the fourth chapter the experimental testing of the system is presented. The experiment was carried on ideal model when two parallel wires are located plane and on real model taken from the automobile harness. Both models were investigated using expert system and EMC Studio. The results of working of two tools were compared. Also calculation time was investigated.

The results of the experiments showed that EMC Expert can quickly and accurately discover areas of potential electromagnetic compatibility problems in the complex harness. Such areas lately can be extracted from the whole harness and investigated using more accurate methods.

As the result of the work expert system for electromagnetic compatibility diagnostics and analysis of vehicle harness at the early stage of its design was developed. The expert system was successfully installed in the manufacturing process of the leading European car manufacturers.

Sinaarsi

Sesaval i	xiii
1 amocanis anal izi da misi gadawyvetis gzebi	1
1.1 amocanis dasma da misi aqtual uroba.....	1
1.2 arsebul i sistemebis mimoxil va.....	4
1.3 sistemis arqiteqtura.....	11
1.4 daskvna pirvel i Tavis Sesaxeb.....	16
2 eqspertul i sistemis real izaciis meTodebis damuSaveba.....	17
2.1 satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis model ireba.....	17
2.2 I ogikuri daskvnebis meqanizmebis damuSaveba.....	23
2.3 el eqtrogayvanil obis komponentebs Soris el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebis meTodebis SemuSaveba.....	31
2.4 daskvna meore Tavis Sesaxeb.....	56
3 eqspertul i sistemis sainJinro real izacia.....	57
3.1 eqspertul i sistemis Semadgenel i modul ebi da maT Soris kavSi rebi	57
3.2 satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis monacemTa bazis real izacia.....	62
3.3 eqspertul i sistemis birTvis real izacia.....	80
3.4 momxmarebl is grafikul i interfeisis damuSaveba.....	91
3.5 daskvna mesame Tavis Sesaxeb.....	107
4 sistemis eqsperimentul i Semowmeba.....	108
4.1 el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis arsebul i meTodebi	108
4.2 eqsperimentul i Semowmebis Sedegebi	109
4.3 daskvna meoTxe Tavis Sesaxeb.....	119
daskvna.....	120
gamoyenebul i literatura.....	121

naxazebis nusxa

nax. 1.	el eqtromagnituri urTierTqmedeba.....	3
nax. 2.	systemis zogadi sqema.....	13
nax. 3.	kavSirebi komponentebis gamoyenebebsa da fizikur obieqtebs Soris.....	21
nax. 4.	kveTa, romel zec xdeba urTierTtevadobebis gamoTvl a.....	36
nax. 5.	mavTul ebis avtomaturi pozicionirebis al goriTmis muSaobis Sedegebi	42
nax. 6.	mavTul ebis ganl ageba pozicionirebis al goriTmis me-3 bij is Semdeg.....	43
nax. 7.	mavTul ebis SesaZl o ganl agebis wertil ebi	44
nax. 8.	mavTul ebis ganl ageba da simZimis centri pozicionirebis al goriTmis me-11 bij is Semdeg.....	45
nax. 9.	mxebi wreebis centrebis gansazRva.....	45
nax. 10.	mavTul ebis gatareba sivrcesi	47
nax. 11.	mavTul ebis sawyisi traektoria da kveTa.....	48
nax. 12.	koordinatTa systemis gansazRvra.....	48
nax. 13.	traektoriis segmentis paral el urad gadatana.....	49
nax. 14.	gadtanis veqtoris formireba meore segmentisTvis.....	49
nax. 15.	traektoriis segmentis paral el urad gadatana.....	50
nax. 16.	segmentebis SeerTebis wertil ebi	51
nax. 17.	segmentebis SeerTebis wertil ebis povna.....	51
nax. 18.	mavTul is miRebul i traektoria.....	52
nax. 19.	damxmare wyaroebi	54
nax. 20.	magnituri vel is gamoTvl a.....	55
nax. 21.	programis zogadi struqtura.....	58
nax. 22.	komponentebis kl asebis ierarqia.....	74
nax. 23.	rel aciuri kavSirebi komponentebis kl asebs Soris.....	77
nax. 24.	komponentebis kl asebs Soris agregaciul i damokidebul eba.....	78
nax. 25.	eqspertul i systemis mTavari fanj ara.....	92
nax. 26.	proeqtis marTvis xe.....	93
nax. 27.	wesebis bibl ioTekis xe.....	96
nax. 28.	istoriis xe.....	97
nax. 29.	cxril uri vizual izatori	98

nax. 30.	Zebnis fanj ara.....	99
nax. 31.	samganzomil ebiani vizual izatori	100
nax. 32.	sqematuri vizual izatori	101
nax. 33.	mavTul is redaqtirebis dial ogi	102
nax. 34.	koneqtoris redaqtirebis dial ogi	102
nax. 35.	wesebis redaqtori.....	103
nax. 36.	daxmarebis fanj ara.....	104
nax. 37.	post-procesoris fnj ara (pirvel i gverdi).....	105
nax. 38.	post-procesoris fanj ara (meore gverdi).....	106
nax. 39.	Sedegebis grafikul i vizual izatori	106
nax. 40.	ori erTmaneTis gverdiT ganTavsebul i mavTul i.....	110
nax. 41.	mavTul ebTan mierTebul i mowyobil obebis sqema.....	110
nax. 42.	Zabva gamomsxivebel i mavTul is pirvel kontakqtze.....	111
nax. 43.	Zabva mgrZnobiare mavTul is pirvel kontakqtze.....	111
nax. 44.	Zabva gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze.....	112
nax. 45.	Zabva mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze.....	112
nax. 46.	avtomobil is el eqtrogayvanil obis nawil i.....	113
nax. 47.	mavTul ebTan mierTebul i mowyobil ebebis sqema.....	113
nax. 48.	Zabva pirvel i gamomsxivebel i mavTul is pirvel kontakqtze.....	114
nax. 49.	Zabva meore gamomsxivebel i mavTul is pirvel kontakqtze.....	114
nax. 50.	Zabva pirvel i mgrZnobiare mavTul is pirvel kontakqtze.....	115
nax. 51.	Zabva meore mgrZnobiare mavTul is pirvel kontakqtze.....	115
nax. 52.	Zabva pirvel i gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze.....	116
nax. 53.	Zabva meore gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze.....	116
nax. 54.	Zabva pirvel i mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze.....	117
nax. 55.	Zabva meore mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze.....	117
nax. 56.	avtomobil is rTul i el eqtrogayvanil obis nawil i	118

disertaciaSi gamoyenebul i abreviaturebi

EMC – ElectroMagnetic Compatibility

FEM – Final Elements Method

MoM – Method of Moments

XML – Extensible Markup Language

EFIE – Electric Field Integral Equations

MAS – Method of Auxiliary Sources

CLIPS – C Language Integrated Production System

BOM – Bill of Materials

GUI – Graphical User Interface

maḏl iereba

avtori maḏl obas ucxadebs fiz. maT. mec. kand. b-n roman
j obavas da S.p.s "EM konsul taciebi da programul i uzrunvel -
yofa"-s TanamSroml ebs sadisertcio Temaze samuSaod saukeTeso
pi robebis Seqmni sa da Tandgomi saTvis.

Sesaval i

Tanamedrove satransporto saSual ebebis erT-erTi mTavari komponenti urTul esi el eqtrul i sistemebia. satransporto saSual ebebis ganviTarebis mTel i istoriis manZil ze el eqtrul i sistemebis rol i ganuxrel ad izrdeba, Sesabamisad izrdeba is moTxovnebi, roml ebsac isini unda akmayofil ebdnen.

el eqtrul i mowyobil obebis raodenobis da sirTul is zrdis gamo metad aqtual urad dgas maTi saimedo muSaobis sakiTxi.

imisaTvis, rom uzrunvel yofil iqnas satransporto saSual ebebis saimedooba, el eqtrul i mowyobil obebisa da mTI ianad el eqtrul i gayvanil obis daproeqtobisas saWiro xdeba sxvadasxva faqtorebis gaTval iswineba. maT Soris erT-erTi umniSvnel ovanesi aris sistemis el eqtromagnituri Tavsebadoba.

sistemis el eqtromagnituri Tavsebadoba aris misi unari imuSaos Seferxebebis gareSe gansazRvrul el eqtromagnitur garemoSi. el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evisas ganxil eba rogorc gare faqtorebi, aseve sistemis komponentebis Soris arsebul i el eqtromagnituri zegavl ena.

Tanamedrove saavtomobil o industriaSi metad aqtual urad dgas produqciis warmoeba el eqtromagnituri Tavsebadobis gaTval iswinebiT. erTis mxriv, amas moiTxovs warmoebul i satransporto saSual ebis usafrTxoeba, xolo meores mxriv saxel mwifo standartebi, roml ebic evropis bevr qveyanaSi muSaobs da SezRudvebs uwesebs el eqtrul mowyobil obebs garemos dabinZurebis Tval sazrisiT. aseve mniSvnel ovania marketingis moTxovnebic, radgan produqcia, romel ic ar muSaobs gamarTul ad, ver dai kavebs adgil s bazarze.

satransporto saSual ebis daproeqtobisas rac ufro adreul etapze moxdeba el eqtrul i sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostika da anal izi, miT ufro nakl ebi iqneba konstrukciaSi cvl il ebis aucil ebl obiT gamowveul i

droiTi da material uri danaxarjebi. amitom, metad did mniSvnel obas izens programul i saSual ebebi, roml ebic inJinrebs saSual ebas miscems daproeqtების adreul etapze moaxdinon sistemis kompiuterul i model ireba da winaswar gansazRvron SesaZl o el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebi.

mecnierebi da inJinrebi satransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvel evisas iyeneben saSual ebebs, roml ebic zust gaTvl ebzea dafuZnebul i (momentebis meTodi, damxmare wyaroebis meTodi da a.S.). aseTi sistemebi moiTxoven did gamoTvl iT da droiT resursebs, ris gamoc maTi saSual ebiT SeuZl ebel ia satransporto saSual ebis mTI iani el eqtrul i sistemis kompl eqsuri gamokvl eva.

disertaciis mizans warmoadgens satransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostikis da kvl evis eqspertul i sistemis damuSaveba, romel ic daproeqtების adreul etapze aRmoacens konstruqciis SesaZl o probl emebs da momxmarebel s SesTavazebs misi gadaWris gzebs.

eqspertul i sistema ar moiTxovs did gamoTvl iT resursebs, ris gamoc misi saSual ebiT SesaZl ebel ia satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis mTI ianad da erTdroul ad gamokvl eva. igi ar moiTxovs momxmarebl is maRal kval ifikacias, ris gamoc masTan muSaoba im inJinerasac SeuZl ia, romel sac ara aqvs gamocdil eba el qtrostatikisa da el eqtrodinamikis sferoebSi. sistemas gaaCnia gafarToebis da masSi axl i saSual ebebis damatebis didi SesaZl ebl oba.

disertaciaSi ZiriTadi yuradReba eqceva Semdegi amocanebis gadaWras:

- satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemebis model irebis meTodebis SemuSaveba
- codnis warmodgenis meTodebis SemuSaveba
- logikuri gadawyvetil ebebis birTvi da Sedegebis damuSavebis meTodebis SemuSaveba

- el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebisaTvis meTodbis SemuSaveba
- sistemis mTl iani model is da komponentebis Soris urTierTqmedebis sqemis SemuSaveba
- sistemis real izacia

Catarebuli muSaobis Sedegad Sei qmna satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis model irebisa da kompiuteruli warmodgenis meTodebi; SemuSavda codnis baza, codnis warmodgenis meTodebi, logikuri gadawyvetil ebebis birTvis muSaobis principebi; SemuSavda el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebis saSual ebebi, monacemTa cxrili uri, samgan-zomil ebiani da sqematuri warmodgenis saSual ebebi. ganisazRvra sistemis mTl iani arqiteqtura. damuSavda momxmareblis grafikuli interfeisi. moxda mTl iani sistemis real izacia. Catarda sistemis muSaobis sizustisa da saimedobis kvl eva.

sadiseriatio naSromi Sedgeba oTxi Tavisagan. pirvel TavSi dasabuTebulia satransporto saSual ebebsi el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis aqtual uroba. ganxilulia ukve arsebuli saSual ebebis dadebiti da uaryofiti mxareebi. dasabuTebulia eqspertuli sistemis Seqmnis aucil ebl oba damisi dadebiti mxareebi. meore TavSi damuSavebulia el eqtrogayvanil obis model irebis meTodebi, codnis warmodgenisa da gadawyvetil ebebis miRebis meTodebi, el eqtromagnituri urTierTobis model irebis meTodebi. mesame TavSi SemuSavebulia sistemis mTl iani arqiteqtura, monacemTa da codnis bazebi, momxmareblis grafikuli interfeisi, logikuri gadawyvetil ebis birTvis real izaciis meTodebi. meoTxe TavSi moyvanilia sistemis eqsperimentuli Semowmebis Sedegebi.

1 amocanis anal izi da misi gadawvetis gzebi

1.1 amocanis dasma da misi aqtual uroba

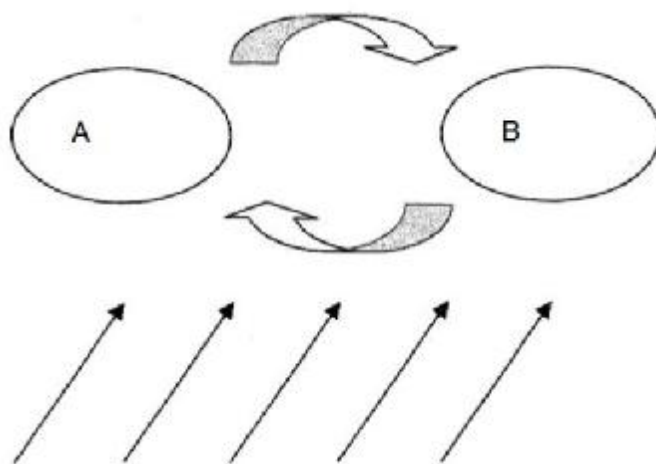
sa transporto saSual ebebSi, kerZod ki avtomobil ebSi, el eqtrul i mowyobil obebis rol i ganuxrel ad izrdeboda mTel i misi ganviTarebis istoriis manZl ze. es zrda gansakuTrebiT sagrZnobia bol o 30 wl is ganmavl obaSi, rac Tavisi mxriv iwvevs avtomobil Si rogorc el eqtronul i mowyobil obebis raodenobis, aseve maTi sirTul is zrdas. es tendencia momaval Sic gagrZel - deba. Tu dReisaTvis avtomobil is el eqtrul i mowyobil oba misi Rirebul ebis 25%-s gansazRvavs, 2010 wl isTvis es cifri 40%-s mi aRwevs [1].

Tu Tval s gadavavl ebT avtomobil ebis el eqtronul i mowyobil obebis ganviTarebis istorias, masSi SeiZl eba gamoiyos Semdegi ZiriTadi etapebi:

- 1970-iani wl ebi – gamoCnda Zravis marTvis el eqtronul i sistemebi.
- 1980-iani wl ebi – gamoCnda muxruWebis antibl okirebis sistemebi.
- 1990-iani wl ebi – sahaero bal iSebi gaxda standart i.
- 2000-iani wl ebi – mikroprocesorul i sistemebi, gl oba l uri pozicionirebis sistemebi, Zravis, transmisiis da sxva komponentebis muSaobis kontrol irebis da marTvis sistemebi, satel ituri radio da a.S. gaxda umetesi avtomobil ebis standartul i nawil i.

magal iTisaTvis, 1998 wl is model is mercedess aqvs 40 kompiuteri da 100-ze meti el eqtroZravi [2].

el eqtrul i mowyobil obebis raodenobis da sirTul is aseTi zrdis gamo metad aqtual urad dgas maTi saimedo muSaobis sakiTxi, ris gamoc avtomobil ebis el eqtrul i mowyobil obebisa da mTI ianad el eqtrogayvani l obis daproeqtetebisas saWiro xdeba



ნახ. 1. ელემენტების ურთიერთქმედება

3. მარკეტინგის მოქმედებები. პროდუქცია, რომელიც არ მუშაობს გამართლად, ვერ დაიკავებს ადგილს ბაზარზე.

ამრიგად, თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალებების ინდუსტრიაში მათად აქტუალურად დგას პროდუქციის წარმოება ელემენტების ურთიერთქმედების თავსებადობის გათვალისწინებით.

წარმოების წინააღმდეგ დგას ამოცანა შემოწმების მიზნით პროდუქტი ელემენტების ურთიერთქმედებაზე ჯერ კიდევ დაპროექტების ეტაპზე, რათა თავიდან იქნას აცილებული დასრულებული პროდუქტის ხელახლა დაპროექტება მას შემდეგ, რაც იგი ების სეტანის მიზნით დაპროექტების რაც უფრო ადრეულ ეტაპზე მოხდება ელემენტების ურთიერთქმედების შესავალია, მით უფრო ნაკლები იქნება დანახარჯები პრობლემების გამოსაწვდომად.

ამგვარად, ისეთი პროგრამის უზრუნველყოფის შემთხვევაში, რომელიც მოახდენს ავტომობილის ელემენტების ურთიერთქმედების მოწმების მდელირებას და შესავალს დაპროექტების ადრეულ ეტაპზე, მათად აქტუალურია.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ექსპერტული სისტემის შემთხვევაში, რომელიც განაორციელებს სატრანსპორტო საშუალებების ელემენტების ურთიერთქმედების პრობლემების დიაგნოსტიკას, ანალიზს და აღმოჩენას დაპროექტების ეტაპზე.

1.2 arsebul i sistemebis mimoxil va

el eqtromagnituri Tavsebadobis kvli evisaTvis dResdReobiT bazarze arsebul i programul i uzrunvel yofa gamoyenebul i meTodebis mixedviT SeiZl eba daiyos oTx nawil ad:

1. programebi, roml ebic iyeneben anal itikur meTodebs.
2. programebi, roml ebic iyeneben ricxviT meTodebs.
3. programebi, roml ebic iyeneben hibridul meTodebs.
4. eqsper tul i sistemebi.

ganvixil oT TiToeul i maTgani cal -cal ke:

anal itikuri model irebis saSual ebebi iyeneben martiv gamosaxul ebebs da/an winaswar gaTvl il amocanebs nacnobi geometriisaTvis. aseTi programebi cdil oben Seusabamon arsebul i probl ema im probl emas, roml is amonaxsnic ukve cnobil ia [4].

aseTi sistemebis dadebiTi mxareebia:

- gaTvl ebisaTvis saWi ro mcire dro.

uaryofiTi mxareebia:

- amocanebis kl asi, roml is gadawyvetac SeiZl eba, Zal ze SezRudul ia.
- Sedegebis nakl ebi sizuste.

ricxviT meTodebze damyarebul i model irebis saSual ebebi xsnian maqsvel is gantol ebebs ricxviTi meTodebiT. ZiriTadi meTodebi, roml ebsac isini gamoiyeneben aris momentebis meTodi (MoM) da sasrul i el ementebis meTodi (FEM) [5]. aseTi tipis programul i uzrunvel yofis dadebiTi mxareebia:

- Sedegebis didi sizuste.

uaryofiTi mxareebia:

- gaTvl ebisaTvis saWi ro didi droiTi da kompiuterul i resursebi.
- sawyisi monacemebis momzadeba warmoadgens sirTul es.
- Sedegebis sizuste damokidebul ia sawyisi monacemebis momzadebis sizusteze.

სატრანსპორტო სასაუბრის მტლიანი ელექტროგაყვანილობის ელექტრომაგნიტური ტარებადობის კვლევასთვის მათი გამოყენება შეუძლებელია, რადგან:

- რთულია საწყისი მონაცემების მომზადება, რათა გატვივებული განხორციელდეს მტლიანი ავტომობილზე მტელი მისი ელექტროგაყვანილობის გატვივებისთვის.
- რომც მოხერხდეს მონაცემების მომზადება გატვივებისთვის საუბრის რესურსები იმდენად დიდია, რომ გამოტვივების ტექნიკის განვითარების თანამედროვე დონის გატვივებისთვის მათი განხორციელება შეუძლებელია (ავტომობილის ზარის მოდელირებისთვის საუბრობა 20000 ელემენტი, მავტულები საერთო სიგრძეა დაახლოებით 20 კმ-ს, 1 მ მავტულზე მოდის 100 სეგმენტი. ყოველივე ამის გატვივებისთვის გატვივებისთვის საუბრის ცვლადების რაოდენობა დაახლოებით 230000-ს, გატვივებისთვის საუბრის ოპერატიული მუხის მქონე 788 გიგაბაიტს, ხოლო 1.4 გიგაჰერცის სიხშირის მქონე პროცესორზე გატვივების დასრულება 2 კვირის მეტი).

თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ლოკალური ამოცანების გადაწყვეტა (მაგალითად, გატვივებული მავტულზე) უკიდურესად ხორციელდება რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით.

პროგრამული პროდუქტები, რომლებიც დაფუძნებულია რიცხვითი მეთოდებზე არის: **EMC Studio**, **FEKO**, **Microwave Studio**, **PAM-CEM** და ა.შ.

ჰიბრიდული მეთოდებზე დაფუძნებული პროგრამული სასაუბრის ელემენტების იყენების სხვადასხვა რიცხვითი მეთოდების Serwymas [37]. გატვივების ნაწილია (ხდება ერთი მეთოდი), ხოლო ნაწილი კი სხვა მეთოდებით

ჰიბრიდული პროგრამული სასაუბრის ელემენტების უპირატესობები რიცხვითი მეთოდებზე დაფუძნებული სასაუბრის ელემენტებისადარებით არის:

- უპირატესობები ზოგიერთი სპეციფიკური ამოცანის გადაწყვეტისას.
- საწყისი მონაცემების მომზადების სიმარტივე ზოგიერთი ჰიბრიდული სისტემებისთვის.

ჰიბრიდული პროგრამული სასაუბრის ელემენტების უარყოფითი მხარეებია:

- Sedegebis sizuste Zal ze damokidebul ia amocanis specifikaze.
- rTul amocanebze saWiroa didi raodenobiT droiTi da kompiuterul i resursebi.

avtomobil ebis el eqtromagnituri Tavsebadobis Sesaswavi ad hibridul i meTodebis gamoyeneba SeuZl ebel ia igive mizezTa gamo, romel i mizezebic analitikuri da ricxviTi meTodebis SemTxvevaSi iyo aRniSnul i.

hibridul meTodebze dafuZnebul ia Semdegi programul i saSual ebebi: XTalk, RHybrid, SHybrid [34].

eqspertul i sistema es aris kompiuterul i programa, romel ic operirebs codniT garkveul sagnobriv areSi rekomendaciis gamomuSavebis an porbl emis gadawyvetis mizniT [6].

Tuki zemoT aRniSnul i programul i saSual ebebi garkveul - wil ad universal uria da maTi meSveobiT SesaZl ebel ia el eqtromagnituri Tavsebadobis amocanis gadawyveta sxvadasxva sferoSi, eqspertul sistemebis gaaCnia viwro special izacia. es gamowveul ia TviT eqspertul i sistemebis specifikiT. programa SeiZl eba CaiTval os eqspertul sistemad, Tu mas gaaCnia codna. es codna koncentrirebul i unda iyos garkveul sagnobriv areze. codni dan unda gamomdinareobdes probl emis gadawyveta [7].

zemoT aRweril i saSual ebebi dafuZnebul ia maTematikur meTodebze, amitom maTTvis mTavaria Sesabamisi sawyisi monacemebis momzadeba (model is ageba), gaTvl ebisTvis sxva rames mniSvnel oba ar gaaCnia. maTi saSual ebiT SeiZl eba gadawydes probl emebi manqanTmSenebl obis, el eqtronikis da a.S. sferodan.

eqspertul i sistemebi dafuZnebul ia eqspertul codnaze, romel ic sxvadasxva sferoSi sxvadasxvaa. eqspertul i sistemebis codnis baza moicavs wesebis erTobl iobas, romel Ta amoqmedebac xdeba saprobl emo aris model ze. wesebi, roml ebic gamoiyeneba el eqtronikaSi, SeuZl ebel ia gamoyenebul iqnas manqanaTmSenebl obaSi da a.S. garda amisa sawyisi monacemebic (model i, romel -

zec xdeba wesebis amoqmedeba) momzadebul i unda iyos konkretul i sferos specifikis gaTval iswinebiT.

eqspertul i sistemebis dadebiTi mxareebia:

- ar swirdeba didi raodenobiT kompiuterul i da droiTi resursebi.
- ar moiTxovs momxmarebl is maRal kvalifikacias.
- aqvs gafarToebis didi SesaZl ebl obebi.

uaryofiTi mxareebia:

- viwro special izacia.
- eqspertul i codnis Segrovebis sirTule.

dReisaTvis Seqmnil ia eqspertul i sistemebi, roml ebic gamoyeneba el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevisaTvis el eqtronul pl atebSi (Quiet Expert da a.S), magram maTi gamoyeneba SeuZl ebel ia satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis Sesaswavl ad.

ganvsazRvrot mizanSewonil ia Tu ara eqspertul i sistemis Seqmna da gamoyeneba satransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emis gadawyvetis sferoSi.

im saprobl emo areebis dasadgenad, sadac SeiZl eba eqspertul i sistemis gamoyeneba, mraval i faqtoris gaTval iswineba aris saWiro. magal iTad, Tu saprobl emo aris codnis sfero Zal ze didia, mistvis SeiZl eba SeuZl ebel ic iyos eqspertul i sistemis Seqmna. Tu probl emis gadawyveta SeiZl eba moxdes maTematikuri meTodebis gamoyenebiT, am SemTxvevaSic ar aris saWiro da mizanSewonil i eqspertul i sistemebis midgomis gamoyeneba. sagnobrivi sferos Sesabamisoba eqspertul i sistemebis midgomisaTvis ganisazRvrebora ori ZiriTadi kriteriumiT: saprobl emo aris xasiaTi da sazRvrebi, sistemis praqtikul oba [7].

codna, romel ic SeiZl eba gadaeces eqspertul sistemas, SemosazRvrul ia. amitom misi gamoyeneba, rogorc zemoT iyo aRniSnul i, SesaZl ebel ia mxol od viwro special izaciiT. aqedan gamomdinare, saprobl emo are aucil ebl ad unda iyos Semo-

sazRvrul i. Cvens SemTxvevaSi saprobl emo are SemozRudul ia da igi moicavs mxol od satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obas da gareSe gamosxivebis wyaroebis.

eqspertul i sistemebis moqmedebis principi dafuZnebul ia simbol ur gansjaze da ara pirdapir ricxviT gamoTvl ebze, amitom probl emis arCevis erT_erTi kriteriumi unda iyos misi warmodgenis SesaZl ebl oba simbol uri saxiT [8]. es niSnavs, rom monacemebis warmodgena unda iyos SesaZl ebel i simbol uri saxiT, roml ebic gamoiyeneba informaciis misaRebad da ara ricxvebis saxiT, roml ebic gamoiyeneba gaTvl ebis dros. satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil oba Sedgeba uamravi mavTul isgan, koneqtorisgan, terminal isgan, kontaqtisgan da a.S. TiToeul i maTgani Tavis mxriv warmoadgens rTul obieqts, amis gamo satransporto saSual ebis mTI iani model is warmodgena iseTi saxiT, rom ganxorciel des ricxviTi meTodebiT gaTval a, SeuZl ebel ia. misi warmodgena SeiZl eba moxdes rel aciuri model is saxiT, romel ic kargad miesadageba eqspertul i sistemis ideol ogias.

Tuki probl emas gaaCnia potencial i gadawydes ricxviTi meTodebiT, maSin mistvis eqspertul i sistemis Seqmna ar iqneba gamarTI ebul i. marTal ia, Teoriul ad SesaZl ebel ia Cveni amocanis ricxviTi meTodebiT gadawyveta, magram gamoTvl iTi teqniki dRevandel i ganvitarebis donisa da iseTi faqtorebis gamo, rogoricaa sawyisi moncemebis momzadebis sirtul e, es idea ar aris ganxorciel ebadi.

sxva faqtori, romel ic mxedvel obaSi unda miviRoT, aris probl emis warmoSobis sixSire. probl ema unda warmoiSvebodes sakmaod xSirad, raTa gamarTI ebul i iyos mistvis eqspertul i sistemis Seqmna. Tu probl ema warmoiSveba iSviaTad, maSin ekonomikurad ufro gamarTI ebul i iqneba (rogorc drois, aseve xarj ebis mxrivac) eqspertis mowveva mis gadasaWrel ad. rogorc zemoT iyo aRniSnul i, el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis

problema aktualuria nebismieri axali satransporto saSual ebis daproeqtების დროს.

ეკსპერტულ სისტემას ყოველთვის არ შეუძლია optimalური გადაწყვეტის გაცემა. თუ პრობლემა მდომივად მოქმედებს optimalურ ამონახსნს, ეკსპერტული სისტემა არ გამოგვადგება. ხოლო თუკი პრობლემაშიაქლითი ამონახსნი მისაჩიბია და ზემოთ არის ნული ყველა სხვა კრიტერიუმი დაკმაყოფილებულია, საგნობრივი სფეროსათვის შეიძლება შეიკმნას ეკსპერტული სისტემა. ცვენს შემთხვევაში, უმეტესი პრობლემა დაფიქსირება შესაძლებელია ეკსპერტული სისტემის სასუალეობით. თუ მაინც გაჩნდა მოქმედების უზუსტესი რიცხვითი გამოტვივბისა, მაშინ ეკსპერტული სისტემის სასუალეობით დადგინდება პრობლემური კომპონენტები და ავტომობილის მტილიანი მოდელიდან გამოიყოფა მხოლოდ ისინი. ამრიგად მტილიანი მოდელიდან მივიჩიბთ მხოლოდ მის მცირე ნაწილს, რომელ ზედაც უკვე შესაძლებელი იყნება გამოტვივბის განხორციელება რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით.

ამრიგად, ცენი საპრობლემაო არე, ზეზოდ კი ელექტრომაგნიტური ტავებადობის ანალიზი და დიაგნოსტიკა სატრანსპორტო სასუალეობის, აკმაყოფილებს ყველა კრიტერიუმს, რათა მიზანშეწონილი იყოს მასზე ეკსპერტული სისტემის შეკმნა.

განვიხილოთ სისტემის პრაქტიკული ობა.

პირველი ნაბიჯი, რომელიც უნდა გადაიდგას, მდგომარეობს იმის განსაზრვაში, სისტემა უნდა შეიკმნას ეკსპერტის შესაძლებელია თუ მის დახმარეიარად [7]. შეკმნილი ეკსპერტული სისტემა დახმარეებს გაუწევს როგორც კვალიფიციურ ეკსპერტს, ასევე ნაკლები გამოცდილების მქონე ინჟინერსაც. ასევე მას სასუალეობა ეყნება შესაძლებელია ეკსპერტი გარკვეულ შემთხვევებში.

კოდის ბაზის განვითარება არ უნდა უარმოდგენდეს სირთულეს. ადვილად უნდა იყოს შესაძლებელია ახალი კოდის გადაცემა სისტემისთვის და მისი ტანიპულირება. შეკმნილი სისტემა ეყნება მოხერხებულობა და ინტუიციური ინტერფეისი ახალი კოდის დამატებისა და კოდის ბაზასთან მუსაობისათვის.

SesaZl ebel i unda iyos sistemis Semowmeba testebis saSual ebiT. damuSavebul i sistema SeiZl eba Semowmdes adre ukve Catarebul i real uri eqsperimentebis saSual ebiT.

sistema megobrul i da advil ad gamosayenebel i unda iyos momxmarebl isTvis. damuSavebul i sistema mTI anad daakmayofil ebs am kriteriums, radgan mas eqneba konfigurirebadi momxmarebl is interfeisi, monacemebis sxvadasxva saxiT warmodgenis farTo SesaZl ebl oba (cxril ebi, samganzomil ebiani vizual iza- cia, sqematuri warmodgena), angariSebis, codnis bazis redaqtirebis, Sedegebis damuSavebis mZl avri meqanizmebi da a.S.

rogorc yovel ive zemoT Tqmul idan Cans, satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evisaTvis eqspertul i sistemis Seqmna gamarTI ebul ia da eqneba didi praqtikul i mniSvnel oba. eqspertul i sistema, romel ic orientirebul i iqneba satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebis diagnostikasa da gamosworebaze j erj erobiT ar arsebobs. misi Seqmna warmoadgens naSromis mizans.

sistemis saSual ebiT:

- SesaZl ebel i iqneba el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebis gamovl ena satransporto saSual ebis dapro- eqtebis etapze.
- SesaZl ebel i iqneba anal izi gaukeTdes satransporto saSual ebis mTel el eqtrul sistemas, radgan mas ar esaWiroeba didi raodenobiT gamoTvl iTi resursebi.
- SesaZl ebel i iqneba eqspertul i sistemis gafarToeba codnis bazaSi axal i wesebis damatebiT.
- SesaZl ebel i iqneba el eqtrogayvanil obis rogorc el eq- tromagnituri, aseve topol ogiuri probl emebis aRmoCena da aRmofxvra.

sistema

- mosaxerxebel i iqneba momxmarebl isaTvis da ar moiTxovs mis maRal kval ifikacias.

- სასუალ ებას მისცემს მომხმარებელს თავიდან აიცილოს რთული გათვლები.
- მასში ინტეგრირებული იქნება ანალიტიკური და რიცხვითი მეთოდიკის ზუსტი გათვლები საშიშროების შემთხვევაში.
- ექნება მონაცემთა ვიზუალიზაციის, ზეზნის და ანგარიშების გენერაციის მზილავრი სასუალ ებები.

ამრიგად, დრესდრეობით სატრანსპორტო სასუალ ებების უარყოფაში მკვეთრად დგას პროდუქციის ელექტრომაგნიტური თავსებადობის შესწავლის ამოცანა, უკვე არსებული სასუალ ებები კი არ არის საკმარისი ამ ამოცანის გადაწყვეტად. დამუშავებული ექსპერტული სისტემა სასუალ ებას მისცემს ავტომობილების კონსტრუქტორებს და ინჟინრებს დაპროექტების ადრეულ ეტაპზე გამოავლინონ გაყვანილობაში არსებული ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემები და დროულად მოახდინონ მათი აღმოფხვრა.

1.3 სისტემის არქიტექტურა

ტიპური ექსპერტული სისტემა შედგება შემდეგი ზირითადი კომპონენტებისაგან: ამომხსნელისაგან (ინტერპრეტორი), მონაცემთა ბაზისაგან, კოდის ბაზისაგან, კოდის მიჩვენების საშიშრო კომპონენტებისაგან [9].

სატრანსპორტო სასუალ ებებში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის დიაგნოსტიკისა და ანალიზის ექსპერტული სისტემა EMC Expert არის რთული პროგრამული კომპლექსი [35][36]. მასში ერთმანეთთან დაკავშირებულია კოდის ბაზა, ელექტროგაყვანილობის მოდელირების ბირთვი, ლოგიკური გადაწყვეტილებების ბირთვი, ელექტრომაგნიტური გათვლების მოდული, სამგანზომილებიანი ვიზუალიზაციის სასუალ ებები, შედეგების დამუშავების სასუალ ებები, მზილავრი ანგარიშების გენერაციის ბირთვი, გაყვანილობის სქემური უარყოფის მოდული, სისტემისთვის კოდის გადაცემის სასუალ ებები, კონფიგურირებადი

momxmarebl is interfeisi, monacemTa Zebnisa da fil traciis saSual ebebi da a.S.

eqspertul sistemas SeuZl ia mTl ianad aiRos sakuTar Tavze funqciebi, romel Ta Sesrul ebac moiTxovs gamocdil i special istis codnas, an Seasrul os gadawyvetil ebis mimRebi adamianis asistentis rol i. sxva sityvebiT rom vTqvaT, amocanis gadawyveta SeiZl eba miRebul iqnas TviT programis mier, an adamianis mier programisagan SeTavazebul i rekomendaciis safuZvel ze. EMC Expert-Si real izebul ia orive saxis funqcional uroba.

zogadad, eqspertul i sistemis Sesaqmnel ad SemuSavebul unda iqnas meTodebi da saSual ebebi sistemisTvis codnis gadasacemad, codnis wamosadgenad, gadawyvetil ebis miRebis procesis samarTavad, Sedegebis momxmarebl isaTvis mosaxerxebel i formiT warsadgenad.

EMC Expert sistemis zogadi sqema mocemul ia nax. 2.-ze.

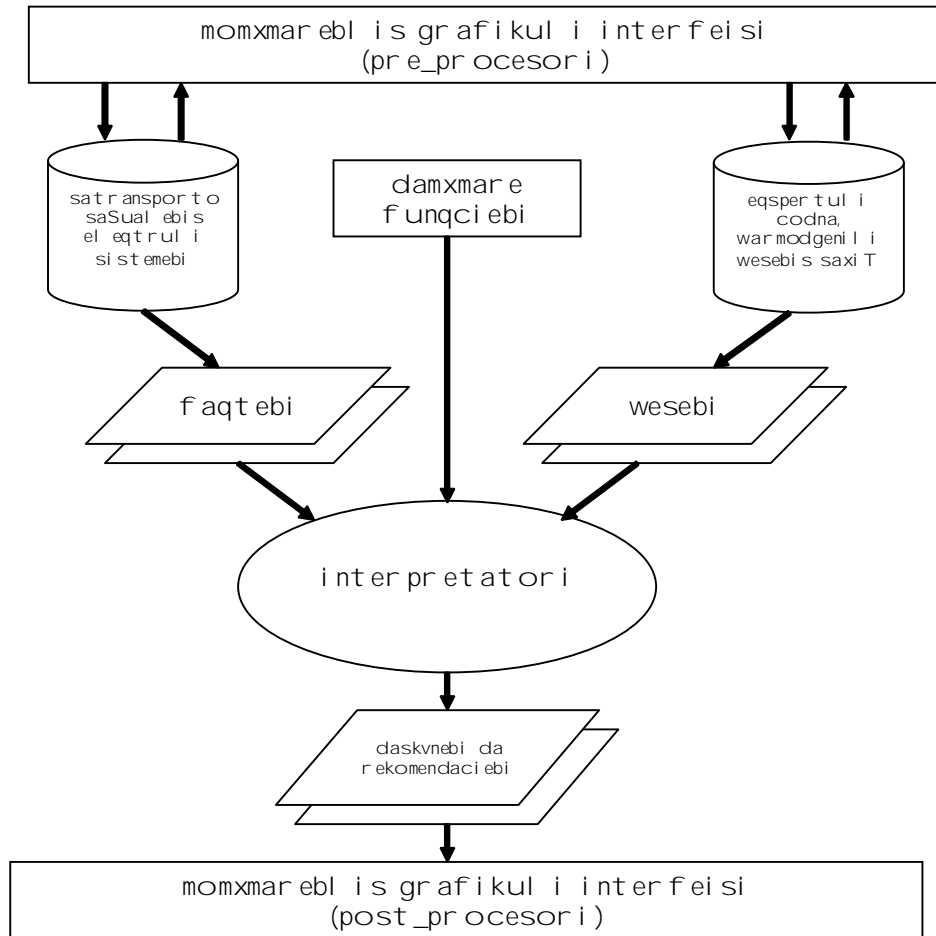
momxmarebl is grafikul i interfeisis saSual ebiT xorciel deba dial ogi momxmarebel sa da eqspertul sistemas Soris. pirobiTad igi Sesazl ebel ia gavyoT or nawil ad: pre-procesorad da post-procesorad.

pre-procesori Sedgeba saSual ebebisagan, romel Ta daxmarebiTac momxarebel i axorciel ebs sawyisi monacemebis momzadebas: stransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis sistemaSi CatvirTvas da masTan muSaobas, codnis bazasTan muSaobas (wesebis Seqmna, redaqtireba, waSl a, daj gufeba da a.S.), eqspertul i sistemis birTvis amuSavebas da a.S.

pre-procesori Sedgeba el eqtrogayvanil obis tabul arul i saxiT warmodgenis, samganzomil ebiani saxiT warmodgenis, sqematuri saxiT warmodgenis, redaqtirebis, informaciis Zebnisa da fil traciis, codnis bazis redaqtirebis modul ebisagan.

post-procesori axorciel ebs l ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis Sedegebis damuSavebas da mis wardgenas momxmarebl isaTvis. eqspertul i sistemis daskvnebi da

რეკომენდაციები მომხმარებელს უარეგინება რამდენიმე სახით: ცხრილების სახით, სადაც მას შეუძლია საკუთარი კომენტარების დამატება, რისკების განსაზრვრა და ა.შ., გრაფიკების სახით სადაც მოცემულია ელექტროდინამიკური გატვილების სედეგები და ანგარიშების სახით.



ნახ. 2. სისტემის ზოგადი სქემა

ცოდნის ბაზა უარეგინებს ეკსპერტული ცოდნის საცავს. ეკსპერტის ცოდნა სისტემაში უარეგინებულია შედეგების სახით.

ელექტროგაყვანილობის ბაზა ინახავს ინფორმაციას სატრანსპორტო საშუალებების ელექტროგაყვანილობის შესახებ. მას გააჩნია რელაციური სტრუქტურა.

interpretatori axorciel ebs wesebis amuSavebas el eqtro-
gayvanil obaze. igi aris sistemis intel eqtual uri nawil i. mas
Sesasvl el ze gadaecema faqtebi el eqtrogayvanil obis bazidan da
wesebi codnis bazidan. am wesebisa da faqtebis saSual ebiT xdeba
l ogikuri gadawyvetil ebebis miReba da Sesabamisi moqmedebebis
ganxorciel eba. mas agreTve saSual eba aqvs gamoiyenos damxmare
funqciebi, rogoricaa: el eqtrodinamikuri gaTvl ebi, el eqtro-
statikuri gaTvl ebi, geometriul i gaTvl ebi, informaciis Zebnis
funqciebi da a.S. interpretatoris muSaobis Sedegad gamomuSav-
deba daskvnebi, romel ic gadaecema post-procesors momxmareb-
l isaTvis warsadgenad.

momxmarebl is eqspertul sistemasTan muSaobis scenari
Semdegia:

sistemas gaaCnia codnis baza, romel Sic inaxeba eqspertebis
mier Seqmnil i wesebi. codnis bazis redaqtirebis modul is
saSual ebiT SesaZl ebel ia masSi axal i wesebis damateba, ukve
arsebul is redaqtireba, waSl a da daj gufeba. codnis bazaSi
informacia inaxeba mudmivad.

momxmarebel i sistemasTan muSaobis seansis dasawyisSi qmnis
axal proeqts da tvirtavs monacemebs avtomobil is
el eqtrogayvanil obis Sesaxeb. es informacia moTavsdeba
el eqtrogayvanil obis bazaSi. erTi proeqtis fargl ebSi
SesaZl ebel ia ramdenime el eqtrogayvanil obis CatvirTva.
el eqtrogayvanil obis redaqtirebis modul is saSual ebiT
momxmarebel i SeZl ebs sxvadasxva gayvanil obebis gaerTianebas,
misgan nawil is gamoyofas, erTmaneTTan Sedarebas, komponentebis
modificirebas da a.S.

CatvirTul i el eqtrogayvanil obis vizual izaciis ramdenime
SesaZl ebl oba arsebobs: tabularul i, roca gayvanil obis
komponenetebi warmodgenil ia cxril ebis saxiT, sqematuri, roca
gayvanil oba warmodgenil ia el eqtrul i sqemis saxiT da
samganzomil ebiani, roca gayvanil oba warmodgenil ia samganzomi-
l ebiani model is saxiT.

gayvanil obis Semadgenel TiToeul i tipis komponents (mavTul i, koneqtori da a.S.) gaačnia redaqtirebis cal ke fanj ara.

garda amisa, momxmarebel s SeuZl ia CatvirTos avtomobil is an sxva satransporto saSual ebis Zaris model i da antenebi.

momxmarebel s SeuZl ia Seqmnas wesebi TviT proeqtSi an gadmoitanos isini codnis bazidan.

momxmarebel i gaaqtiurebs erT-erT gayvanil obas, moniSnavs wesebs, roml is amoqmedebac surs da gauSvebs Sesrul ebaze. am dros programa qmnis faqtebs gayvanil obis bazis monacemebze dayrdnobiT, iRebs moniSnul wesebs da gadascems l ogkiuri daskvnebis birTvs. birTvis muSaobis Sedegebi Sesrul ebul i wesebis Sesabamisad SeiZl eba iyos Semdegi saxis:

- gamoSavdes rekomendaciebi da waredginos momxmarebel s.
- ganxorciel des gayvanil obis modifizireba da amis Sesaxeb Setyobineba gadaeces momxmarebel s.
- Catar des el eqtrodinamikuri da el eqtroatatikuri gaTvl ebi da Sedegebi gadaeces momxmarebel s.
- moxdes angariSebis generacia (teqturi, grafikul i).

Sedegebis vizual izaciis modul is saSual ebiT eqspertul i sistemis muSaobis Sedegebi waredgineba momxmarebel s. am informaciis safuZvel ze mas SeuZl ia gaakeTos Sesabamisi daskvnebi da moaxdinos gayvanil obis modifizireba. agreTve SesaZl ebl oba aqvs gaakeTos angariSebi sistemis Sedegebis muSaobis Sesaxeb.

SesaZl ebel ia proeqtis damaxsovreba da momaval Si muSaobis gagrZel eba.

imisaTvis, rom realizebul i iyos zemoT arweril i sistema, saWi roa gadawydes Semdegi amocanebi:

- SemoSavdes satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemebis model irebis meTodebi
- SemoSavdes codnis warmodgenis meTodebi

- დამუშავდეს ლოგიკური გადაწყვეტილებების ბირთვი და შედგების დამუშავების მეთოდი
- დამუშავდეს მეთოდი ელექტრომაგნიტური ურთერთქმედების მოდელირებისათვის.
- დამუშავდეს სისტემის მთლიანი მოდელი და კომპონენტების სურთერთქმედების სქემა.
- მოხდეს სისტემის პროგრამული რეალიზაცია.

1.4 დასკვნა პირველი თავის შესახებ

1. გამოალიბებულია სატრანსპორტო სასაუბრეებზე ელექტრომაგნიტური თავსებადობის კვლევის აქტუალური გახილულია მიზეზების გამოცეცილებულია ასეტი კვლევის ცატარება დაპროექტების ადრეულ ეტაპზე.
2. გახილულია კვლევის არსებული მეთოდი თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. დასაბუთებულია ექსპერტული სისტემის შემნის მიზანშეწონილება და მოყვანილია მისი უპირატესობები.
3. შემოღებულია ელექტრომაგნიტური თავსებადობის დიაგნოსტიკისა და ანალიზის ექსპერტული სისტემის არქიტექტურა. გამოალიბებულია მისდამი ზირითი მოქონები და დასაბუთებულია ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტაცეცილებულია ექსპერტული სისტემის რეალიზაციისათვის.

2 eqspertul i sistemis real izaciis meTodebis damuSaveba

2.1 satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis model ireba

eqspertul sistemaSi umniSvnel ovanesi adgili ukavia monacemTa bazas, romelic Seicavs informacias saprobl emo aris Sesaxeb. Cvens SemTxvevaSi saprobl emo ares warmoadgens satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil oba yvela misi Semadgeneli komponentiT. udi desi mniSvnel oba eniWebas saprobl emo aris modelis sworad SemuSavebas, radgan masze mniSvnel ovsad aris damokidebuli eqspertul i sistemis warmadoba, Sedegebis sizuste, saimedoba da momxmareblis mier misi gamoyenebis sirTulis xarisxi.

satransporto saSual ebis el eqtruli sistemis modeli, erTis mxriv, zustad da amomwuravad unda asaxavdes realur obieqts, xolo meores mxriv, unda iyos kompaqturi da kargad organizebuli, raTa ar moiTxovdes did resursebs da swrafad xdebodes saWiros informaciis moZieba.

satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil oba warmoadgens rTul sistemas, romelic Sedgeba erTmaneTTan dakavSirebuli mravali komponentisagan. amas Tan erTvis TviT komponentebis Soris kavSirebis sirTul ec.

satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis maTematikuri modelis Sesaqmnel ad saWiros igi logikurad davyoT sxvadasxva tipis nawil ebad da davadginot mat Soris kavSirebi. satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obaSi SeiZieba gamovyoT fizikuri komponentebi (mavTul ebi, koneqtorebi, terminal ebi da a.S.), el eqtruli kavSirebi (romeli mavTuli romel koneqtortan aris dakavSirebuli da a.S.), komponentebis

ganl ageba sivrcesi (koneqtorebis mdebareobebi, mavTul ebis gayvanis traektoriebi da a.S.). maSasadame miviRebT:

$$H = \{P, C, L, G\} \quad (2.1.1)$$

sadac H aris satransporto saSual ebis el eqtrul i sistema, P aris satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis Semadgenel i komponentebi, C aris el eqtrul i kavSirebi, L aris komponentebis sivrcesi ganl agebis aRwera, G aris komponentebis daj gufeba maTi funqional uri daniSnul ebis mixedviT.

el eqtrogayvanil obis Semadgenel i komponentebi P warmoadgens sxvadasxva saxis komponentebis erTobl i obas:

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) \quad (2.1.2)$$

sadac, p_i aris gayvanil obis Semadgenel i konkretul i komponenti.

komponentebi SeiZl eba davaj gufoT maTi tipis mixedviT. satransporto saSual ebis el qtrul sistemaSi gamoiyeneba Semdegi tipis komponentebi: mavTul i, mraVal gul iani mavTul i, koneqtori, terminal i, kontakqtis Semamwidrovebel i, kontakqtis sarqvel i, kontakqtis terminal i, fiqsatori, damxmare komponenti [10]. Tu ganvixil avT komponentebis tipebis mixedviT maSin miviRebT, rom

$$P = T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_n \quad (2.1.3)$$

sadac, T_i aris konkretul i tipis komponentebis erTobl i oba.

TiToeul komponents gaaCnia parametrebi, roml ebic mas aRwers. es parametrebi SeiZl eba gavyoT or nawil ad, komponentis fizikur parametreb ad (misi forma, zoma, masala da a.S., e.i. TviTon fizikuri obieqti) da misi konkretul i gamoyenebis parametreb ad (mavTul is sigrZe, romel ic gamoiyeneba SuSis el eqtroamwevis kvebisatvis, romel ime koneqtorSi Casmul i kontakqtis raodenoba da a.S.). maSasadame:

$$p_i = (v, o) \quad p_i \in P \quad i = \overline{1, n} \quad (2.1.4)$$

sadac p_i aris gayvanil obis Semadgenel i komponenti, v aris komponentis fizikuri Tvisebis aRmweri parameterebi, o aris misi gamoyenebis aRmweri parameterebi, xol o n aris gayvanil obaSi komponentebis raodenoba. maSasadame, satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis Semadgenel i TiToeul i komponentis aRsawerad saWiroa misi fizikuri (v) da gamoyenebis (o) parameterebis aRwera.

magal iTad, v TqvaT p_i aris mavTul i, romelic kvebis wyaros aerTebis minis el eqtroamwevTan. maSin, $v = (kveTis farTobi, izolaciis sisqe, feri, nivTiereba, \dots)$, xol $o = (sigrZe, identifikatori, mavTulis nomeri, \dots)$.

unda aRiniSnos, rom komponentis Semadgenel i v nawil i Sesazl ebel ia erTnairi iyos ramdenime komponentisTvis, xol o gamoyenebis nawil i ki unikal uri iqneba TiToeul i maTganisaTvis. magal iTad, erTi da imave tipis mavTul i, romlis feric aris mwvane, gulis diametri 1 mm, xol o izolaciis sisqe 0.5, gayvanil obaSi SeiZleba gamoyenebul iqnes mravaljer (magal iTad, rogorc avtomobilis marcxena karis minis el eqtroamwevisTvis, aseve marjvena karis minis el eqtroamwevisTvis).

Tuki TiToeul komponents aRvwerT cal-cal ke, miviRebT informaciul siWarbes, radgan v nawil i ganmeordeba TiToeul i erTnairi komponentisTvis. amitom, umjobesi iqneba, Tu komponentebis v fizikur parameterebs aRvwerT cal-cal ke da maT o gamoyenebebs gayvanil obaSi _ cal-cal ke. es saSual ebas mogvcems TiToeul i saxis fizikuri obieqti aRvwerOT erjer, xol o komponentis aRwerisas ganvsazRvrot mxol od misi gamoyenebis nawil i da mivutiTOT ukve aRweril im fizikur obieqtze, romelic gamoiyeneba. zemoT ganxilul i SemTxvevisTvis mavTul i aRiwereba erTjer, xol o im komponentisTvis, romelic gamoiyeneba marcxena karSi, aRvwerT mxol od gamoyenebis parameterebs (sigrZes, damontajebis parameterebs da a.S.) da

mivutiTebT, rom gamoyeneba konkretul i tipis ukve arweril i fizikuri mavTul i. aseve marj vena karisatvis arwerT mxol od gamoyenebis parametrebs da mivutiTebT igive fizikur obieqtze.

garda amisa, saWiroa arinisnos is faqtic, rom zogierTi komponenti SeiZleba Seicavdes sxva komponents. es Seexeba rogorc fizikur obieqtzebs, aseve maT gamoyenebebsac. pirvel is magal iTia koneqtori, romelic Seicavs sl otebs, xol o sl otebi Seicavs kontaqtzebs. meores magal iTia mavTul is gul ebis gamoyeneba mraval gul ian mavTul Si.

maSasadame mivirebT, rom satransporto saSual ebis el eqtul sistemaSi Semaval i komponentebi P ariwereba Semdegnairad:

$$P = \{V, O, R, CV, CO\} \quad 2.1.5$$

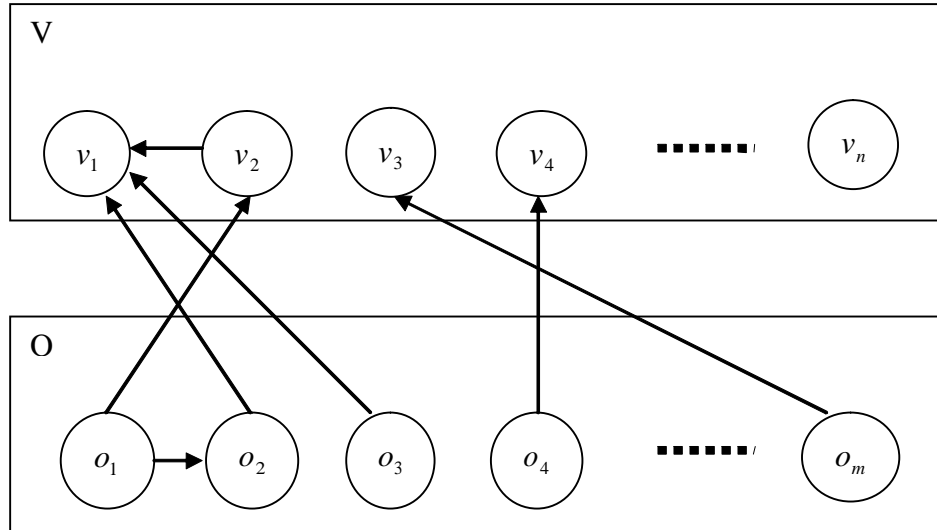
sadac, $V = (v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_n)$ aris fizikuri obieqtzebis arweril obiebis erTobl ioba, n aris mTlianad gayvanil obaSi gamoyenebul i sxvadasxva tipis fizikuri obieqtzebis raodenoba. $O = (o_1, o_2, \dots, o_i, \dots, o_m)$ aris komponentebis gamoyenebis arweril obiebi, m aris komponentebis raodenoba gayvanil obaSi, $R = (r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_m)$ aris simravl is mimarTeba V simravl eze. misi Semadgeneli TiToeul i r_i elementi asaxavs kavSirs o_i obieqtis gamoyenebisa v_j fizikur obieqtTan. maSasadame,

$$r_i = f(o_i, v_j) \quad r_i \in R, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.1.6)$$

sadac m aris komponentebis raodenoba gayvanil obaSi, n aris fizikuri obieqtzebis raodenoba, xol o f aris kavSiri i komponetsa da mis Sesabamis j fizikur obieqtis Soris. sqematurad es gamosaxul ia nax. 3.-ze.

$CV = (cv_1, cv_2, \dots, cv_i, \dots, cv_m)$ aris mimarTeba V fizikuri obieqtzebis simravl isa sakuTar Tavze da arwers erTi fizikuri obieqtis meores SigniT gamoyenebas.

$$cv_k = g(v_i, v_j) \quad cv_k \in CV, \quad i = \overline{1, n}, \quad i \neq j, \quad k = \overline{1, m} \quad (2.1.7)$$



ნახ. 3. კავსირები კომპონენტების გამოყენებასა და ფიზიკურ ობიექტებს
 Soris

g არის კავსირი v_i ობიექტისა მის შემადგენელ v_j ობიექტთან. n არის ფიზიკური ობიექტების რაოდენობა, ხოლო m არის ობიექტებს Soris კავსირების რაოდენობა.

$CO = (co_1, co_2, \dots, co_i, \dots, co_m)$ არის მითითებული O კომპონენტების გამოყენების სიმრავლისა საკუთარ თავზე და არაერთი კომპონენტის მეორეს სიგნალის გამოყენებას.

$$co_k = g(o_i, o_j) \quad co_k \in CO, i = \overline{1, n}, i \neq j, k = \overline{1, m} \quad (2.1.8)$$

g არის კავსირი o_i კომპონენტის გამოყენებისა მის შემადგენელ o_j კომპონენტის გამოყენებასთან. n არის ობიექტების გამოყენებათა რაოდენობა, ხოლო m არის გამოყენებათა Soris კავსირების რაოდენობა.

მოდელი ასეთი სახით ორგანიზება დამატებით იმითაც არის მოსაზრებელი, რომ თუ შეიძლება ობიექტის რაიმე ფიზიკური პარამეტრი, მისი სეკულარული სახით იყნება მხოლოდ ერთადგილი V სიმრავლეში, რაც ავტომატურად აისახება ყველა კომპონენტში, რომელიც ამ ტიპის ფიზიკურ ობიექტს უკავშირდება.

სატრანსპორტო საშუალებების შემადგენელ კომპონენტებს Soris არსებობს ელემენტური კავსირები, რომლებსაც გააჩნია დამატებითი

parametrebi. el eqtrul i kavSiri aris virtual uri cneba, igi fizikurad warmodgenilia mavTulisa da mis bol oebTan mierTebul i ori koneqtoris saxiT. misi damaxasiaTebel i parametria signal is saxel i, romelic gansazRvravs TurisTvis gamoiyeneba es kavSiri (magal iTad, Tu signal is saxel i iwyeba 31-iT es niSnavs rom mavTul i uerTdeba damiwebas). el eqtrul i kavSirebi warmovidginoT Semdegi saxiT:

$$C = \{(c_s, p_s, c_e, p_e, w)_1, (c_s, p_s, c_e, p_e, w)_2, \dots, (c_s, p_s, c_e, p_e, w)_n\} \quad (2.1.9)$$

sadac, c_s, c_e aris koneqtorebi Sesabamisad mavTul is dasawyisSi da dasasrul Si, p_s, p_e aris kontaqtebi roml ebTanac mavTul i aris mierTebul i sawyis da sabol oo koneqtortan, w aris TviT mavTul i.

satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemebis Semadgenel i komponentebis sivrceSi ganl agebis aRsawerad saWiroa ori saxis meqanizmis damuSaveba. erTi aris iseTi komponentebis mdebareobis gansazRvra sivrceSi rogoricaa koneqtori, terminal i da a.S. (maT gaaCniaT garkveul i koordinatebi sivrceSi). xolo meores mxriv sivrceSi gavlis traektoriebi mavTul ebisatvis. amisatvis Semovitanot kvanZisa da segmentis cnebebi. kvanZi aris virtual uri wertil i sam ganzomil ebian sivrceSi. kvanZze miebmeba konkretul i komponentebi. magal iTad, vTqvaT gansazRvrul ia kvanZi koordinatebiT (100,30,50) da masze mibmul ia koneqtori, maSin am koneqtoris koordinatebi iqneba (100,30,50). segmenti aris mrudi sivrceSi, igi Sedgeba bi-spl ainuri [11] mrudebisagan. segmentic, iseve rogorc kvanZi, virtual uri obieqtia, radgan fizikurad igi ar arsebobs satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obaSi. sivrceSi ganl agebis aRwera warmovadginoT Semdegi saxiT:

$$L = \{N, S\} \quad (2.1.10)$$

L aris sivrceSi obieqtebis ganl agebis aRwera, N aris kvanZebis simravle, S _ segmentebis simravle.

segmentebis mimdevroba qmnis mavTul is traqtorias sivrcesi. arsanisnavia, rom erT segmentSi ramdenime mavTul i SeiZl eba gadiodes da piriqiT, erTi mavTul ic SesaZl ebel ia ramdenime segmentSi gadiodes.

garda amisa, saWiroa SemovitanoT meqanizmi, romelic erTmaneTTan daakavSirebs mavTul ebs da segmentebs. am meqanizms vuwodoT mavTul is trasireba.

$$T = (w, S') \quad (2.1.11)$$

sadac, $w \in P$ aris mavTul i, xol o $S' \subset S$ aris segmentebis mimdevroba.

satransporto saSual ebis el eqtrul sistemaSi Semaval i komponentebi daj gufebul ia modul ebad da anakreb komponentebad maT mier Sesasrul ebel i funqciis mixedviT. magal iTad, yvel a is el eqtrul i komponenti, romelic emsaxureba Zravis muSaobas, gaerTieanebul ia erT modul Si, el eqtrominebis momsaxure koponentebi sxva modul Si da a.S. komponentebis aseTi daj gufeba mniSvnel ovania maTi el eqtromagnituri Tavsebadobis anal izisas funqcional obis gaTval iswinebiT.

2.2 I ogikuri daskvnebis meqanizmebis damuSaveba

eqspertul i sistemis Seqmnisas udidesi mniSvnel oba eniWebal I ogikuri daskvnebis birTvis (interpretatoris) damuSavebas. satransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis eqspertul i sistemis I ogikuri daskvnebis birTvi unda gamoiyenebdes gadawyvetil ebaTa pirdapir j aWvs [12], roml is drosac monacemebze (el eqtrogayvanil obis parameterebi da gare faqtorebi) dayrdnobiT sistema aformirebs hipoTezebs potenciuri el eqtromagnituri Tavsebadobis probl emebis Sesaxeb. magal iTad, "Tu mavTul is zogadi kl asi aris "antena" da manZil i

antendan mavTul amde nakl ebia dasaSvebze, maSin mavTul i arasworadaa gayvani l i".

interpretatori interpretacias ukeTebS codnis bazaSi arsebul wesebs da satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis model is mixedviT formirebul i faqtebis safuZvel ze akeTebS l ogikur daskvnebs. imisda mixedviT, Tu rogoria wesebSi aRweril i l ogika, SesaZl ebel ia daformirdes axal i faqtebi, roml ebic gamoiyeneba Semdgomi gadawyvetil ebebis misaRebad.

stransporto saSul ebebSi el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostikis eqspertul i sistemis interpretatori muSaobs Semdegi principiT:

1. codnis bazidan SeirCeva wesi, roml is interpretaciac unda moxdes.
2. xdeba faqtebis SesabamisobaSi moyvana wesSi aRweril l ogikasTan.
3. Tu wina punqtis Sedegi damakmayofil ebel ia, xdeba gadasvl a punqt 4-ze, winaaRmdeg SemTxvevaSi punqt 6-ze.
4. xdeba wesSi aRweril i l ogikuri moqmedebebis Sesrul eba.
5. wina punqtis muSaobis Sedegad formirdeba axal i faqtebi an xorciel deba daskvnebis gamomuSaveba.
6. Tu arsebobs kidev wesi, romel ic unda amoqmeddes, xdeba gadasvl a punqt 1-ze, winaaRmdeg SemTxvevaSi srul deba interpretatoris muSaoba.

ase rom, l ogikuri daskvnebis birTvis Sesaqmnel ad saWiroa SemuSavebul iqnas faqtebis formirebis meTodebi, wesebSi codnis aRweris da maTi interpretaciis meTodebi, gadawyvetil ebebis miRebis meTodebi.

faqtebi, erTis mxriv, formirdeba saprobl emo aris model is safuZvel ze, xol o, meores mxriv, TviT l ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis procesSi. amitom:

$$F = F_m \cup F_e \quad (2.2.1)$$

sadac, F aris faqtebis simravle, Fm aris faqtebi, formirebuli modelis safuZvelze, xolo Fe aris faqtebi, formirebuli wesebis amoqmedebis Sedegad. Fm simravle formirdeba interpretatoris amuSavebamde da igi ar icvl eba misi muSaobis damTavrebamde. xolo Fe simravle interpretatoris muSaobis dawyebis momentisaTvis carielia, xolo muSaobis procesSi TandaTan emateba el ementebi.

faqtebi formirdeba saprobl emo aris modelis safuZvelze. satransporto saSual ebis el eqtruli sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis eqspertuli sistemisaTvis SemuSavebul iqna faqtebis warmodgenis meTodebi freimebis saxiT [13]. el eqtrogayvani obis Semadgenel TiToeul komponentis (2.1.2) SevusabamebT sakuTar freims. freimebic SeiZl eba davaj gufoT gayvani obis komponentebis tipebis mixedviT (2.1.3). TiToeul itipis obieqtisaTvis miviRebT prototip freims, romlis TiToeul islotit iqneba aRwerili obieqtis TiTo parametri.

amrigad, freimi SeiZl eba warmovidginoT Semdegi saxiT:

$$Fr = (T, S) \quad (2.2.2)$$

sadac T aris freimis prototipis identifikatori. vinaidan TiTouli komponentis tips Seesabameba freimis sakuTari prototipi, swored T gansazRvavs am Sesabamisobas. S aris slotebis simravle.

$$S = \{s\} \quad (2.2.3)$$

slots, Tavis mxriv, gaaCnia saxel wodeba, romelic unikal urad gansazRvavs mas, mniSvneloba da mniSvnelobis tipi.

$$s = (i, v, t) \quad (2.2.4)$$

s aris sloti, sadac, i aris slotis dasaxel eba, v aris misi mniSvneloba, t aris mniSvnelobis tipi.

magalitad, zemoT aRwerili meTodis mixedviT satransporto saSual ebis el eqtrogayvani obaSi SemavaliseTi komponentis tips, rgoricaa mavTuli, Seesabameba erTi freimis prototipi, igi saerTo iqneba yvela mavTulisaTvis, xolo roca

prototipSi si otebis mniSvnel obebs SevavsebT konkretul i mavTul ebis Sesabamisi maxasiaTebi ebis mniSvnel obebiT, mi viRebT konkretul freimebs, roml ebic Seesabameba ukve konkretul obieqtებს. mavTul isTvis freimis prototips eqneba Semdegi saxe:

```
(mavTul i
 (<saxel i> <> <simbol oTa masivi>)
 (<gul is kveTis farTobi> <> <ricxvi mcuravi mZimiT>)
 (<nomeri> <> <mTel i ricxvi>)
 ...
 )
```

rogorc vxedavT, freimis prototipi saerToa yvel a mavTul isTvis. konkretul mavTul s ki Seesabameba Semdegi konkretul i freimi:

```
(mavTul i
 (<saxel i> <WR_1_37> <simbol oTa masivi>)
 (<gul is kveTis farTobi> <0.25> <ricxvi mcuravi mZimiT>)
 (<nomeri> <5> <mTel i ricxvi>)
 ...
 )
```

es freimi aRwers faqts, rom sakvl evi obieqtis el eqtrul sistemaSi arsebobs mavTul i, roml is saxel ia WR_1_37, gul is kveTis farTobia 0.25, nomeria 5 da a.S.

aqve unda aRiniSnos, rom mxol od statikuri monacemebi satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis Sesaxeb sakmarisi ar aris, interpretators esaWi roeba sxvadasxva tipis monacemebi, roml ebic gaTvl ebis Sedegad miReba. ZiriTadad es aris geometriul i maCvenebl ebis (manZil ebi sxvadasxva obieqtებს Soris da a.S.) da el eqtromagnituri maxasiaTebi ebis gaTvl a (magnituri vel ebi, urTierTqmedebis denebi da a.S.) am monacemebis miReba faqtebis safuZvel ze SeuZl ebel ia, amitom isini real izebul ia gare funqciebiT, roml ebsac gamoiZaxებს interpretatori.

amrigad, interpretatorisaTvis informaciis wyaros warmoadgens faqtebi da gare funqciebi.

eqspertul i codna satransporto saSual ebebis el eqtrul i sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis eqspertul sistemaSi inaxeba da gamoiyeneba wesebis saxiT.

wesebSi codnis warmodgena damyarebul ia produqciebze [13]. produqcia SeiZl eba warmovidginoT Semdegnairad:

$$U : A \rightarrow B \quad (2.2.5)$$

sadac, U aris piroba, romelic unda Sesrul des produqciis asamoqmedebl ad, $A \rightarrow B$ aris produqciis birTvi $_ A$ aris piroba, xolo B aris moqmedeba. pirobiT nawil s sxvanairad marcxena nawil sac uwodeben, xolo moqmedebis nawil s ki marjvena nawil s.

imis gansazRvra, amoqmeddeba Tu ara konkretul i wesi, damokidebul ia faqtebisa da produqciis pirobiT nawil Si aRweril cvl adebze. produqciis marcxena nawil i warmovadginoT Semdegi saxiT:

$$A = \{Cf, Ca\} \quad (2.2.6)$$

sadac, Cf aris piroba, romelic mowmdeba faqtebis safuZvel ze, xolo Ca aris damatebiTi piroba, romelic SeiZl eba iyos nebismieri logikuri gamosaxul eba. produqcia amoqmeddeba mxol od im SemTxvevaSi Tu dakmayofil da orive piroba. e.i.

$$U = Cf \wedge Ca \Rightarrow TRUE \quad (2.2.7)$$

unda aRiniSnos, rom SeiZl eba arsebobdes pirobebis Semdegi kombinaciebi: marcxena nawil Si arsebobs rogorc Cf aseve Ca , marcxena nawil Si arsebobs mxol od Cf , marcxena nawil Si arsebobs mxol od Ca , marcxena nawil Si ar arsebobs arc Cf da arc Ca . bol o SemTxvevaSi produqcia aris upirobo da igi amoqmeddeba yovel Tvis. vinaidan Ca aris nebismieri logikuri gamosaxul eba, igi ganxil vas ar saWiroebs. ganvixil oT rogor aris realizebul i Cf .

Cf warmoadgens freimebze mimarTvebis simravl es.

$$Cf = (Rf_1, Rf_2, \dots, Rf_n) \quad (2.2.8)$$

sadac Rf aris freimze mimarTva.

freimze mimarTva SeiZl eba iyos warmatebul i an warumatebul i. vTvl iT, rom piroba Cf dakmayofil da, Tu warmatebul i aRmoCnda yvel a freimze mimarTva.

$$Res(Cf) = Res(Rf_1) \wedge Res(Rf_2) \wedge \dots \wedge Res(Rf_n) \quad (2.2.9)$$

sadac $Res(Cf)$ aris Cf -is dakmayofil ebis Sedegi, $Res(Rf)$ aris freimze mimarTvis warmatebul oba.

freimze mimarTvebis ganxorciel eba xdeba pirobebis SesabamisobaSi moyvaniT arsebul faqtebTan. Tu arsebul ma faqtebma daakmayofil a yvel a piroba, maSin freimze mimarTva CaiTvl eba warmatebul ad, winaaRmdeg SemTxvevaSi _ warumatebl ad.

TiToeul i freimze mimarTva warmodgenilia freimis prototipis identifikatoriT, cvl adebisa da cvl adebis gansazRvrebemis saxiT.

$$Rf_i = \{Fid, V, D, f(V, D)\} \quad (2.2.10)$$

sadac Rf aris freimze mimarTva, Fid aris freimis identifikatori, V aris cvl adebis simravl e, D aris cvl adebis gansazRvrebemis simravl e, xolo $f(V, D)$ akavSirebs TiToeul cvl ads Tavis gansazRvrebasTan. unda aRiniSnos rom TiToeul i $v \in V$ cvl adi V simravl idan Seesabameba freimis erT sl ots. TiToeul cvl ads Seesabameba TiTo $d \in D$ gansazRvreba D simravl idan. gansazRvreba Sedgeba sl otis identifikatorisagan da SemzRudavi pirobebisagan.

$$d = \{Sid, Rst\} \quad (2.2.11)$$

sadac Sid aris sl otis identifikatori, xolo Rst SezRudva.

sl otis identifikatori gansazRvravs Tu romel i sl otidan unda iqnas amoRebul i cvl adis mniSvel oba, xolo SezRudva gansazRvravs Tu ra pirobas unda akmayofil ebdes es mniSvel oba. Tu mniSvel obam SemzRudavi piroba ar daakma-

yofil a, maSin cvl adSi ar xdeba sl otis mniSvnel obis amoReba da freimze mimarTva iTvl eba warumatebl ad. maSasadame, Tu freimze mimarTvaSi arsebul i yvel a cvl adis mniSvnel obis aReba moxda warmatebiT, freimze mimarTva warmatebul ia, xol o winaaRmdeg SemTxvevaSi _ warumatebel i.

$$\text{Res}(Rf) = g(Rst_1) \wedge g(Rst_2) \wedge \dots \wedge g(Rst_n) \quad (2.2.12)$$

sadac $g(Rst_i)$ aris Rst_i SezRudvis dakmayofil ebis Sedegi.

freimze mimarTvis procesi unda warmovidginoT Semdeg-nairad:

1. freimis prototipis identifikatoris mixedviT aiReba konkretul i freimi.
2. TiToeul i $v_i \in V$ cvl adisaTvis moiZebnaba $d_i \in D$ gansazRvrebis *Sid* nawil Si aRweril i sl oti da aiReba masSi Caweril i mniSvnel oba.
3. xdeba Semowmeba, aRebul i mniSvnel oba akmayofil ebs Tu ara Rst_Ti gansazRvrul SezRudvebs.
4. Tu piroba dakmayofil da, aRebul i mniSvnel oba mieniWeba v_i cvl ads. winaaRmdeg SemTxvevaSi xdeba momdevno konkretul freimze gadasvl a.

im SemTxvevSi, Tu produqciis amoqmedebis piroba dakmayofil da, ganxorciel deba produqciis B nawil i. unda aRiniSnos, rom marcxena nawil Si aRebul i cvl adebisa da maTi mniSvnel obebis gamoyeneba SesaZI ebel ia marj vena nawil Si c.

magal iTad, freimze mimarTva SeiZI eba mocemul i iyos Semdegi saxiT:

(mavTul i (x <gul is kveTis farTobi> [<0.5]) (y <nomeri>[$=5$]))

es mimarTva eZebS mavTul s, roml is gul is kveTis farTobi nakl ebia 0,5-ze da nomeri aris 5. Tu aseTi mavTul i moiZebna, x-s mieniWeba misi gul is kveTis farTobi, xol o y-s nomeri.

TviT wesebi Tavisi Sinaarsis mixedviT, pirobiTad SeiZI eba davaj gufoT or nawil ad: wesebi, roml ebic qmnian axal faqtebs

და ვესები, რომელთა მუშაობის შედეგად ხდება მხოლოდ დასკვნების გამოტანა და ჰიპოთეზების შეტავაზება ექსპერტული სისტემის მომხმარებლისათვის. პირველი რიგში ინტერპრეტაციას აწარმოებს ვესები, რომელიც უმნიშვნელოა დასკვნების მიხედვით დასაბუთების ვესების ამოცანა.

B ნაწილის განსაზღვრული არის უკვე კონკრეტული მოცემუბანი, რომელიც უნდა განხორციელდეს ვესის ამოცანების ამოცანებთან ერთად ამ ნაწილის შეიქმნება გამოყენებული იქნას პრობლემის გამოსახულება, რაც შესაძლებელია იქნება თუ შექმნილი იქნას უფრო რთული ლოგიკის ვესები, ესეც, თავის მხრივ, აწარმოებს ექსპერტული სისტემის შესაძლებელია ობიექტების პროდუქციის მარჯვენა ნაწილის შესაძლებელია ვარაუდობს შემდეგი სახით:

$$B = \{O, C, F, V\} \quad (2.2.13)$$

სადა O - ოპერატორები, C - პრობლემის გამოსახულება, F - გარე ფუნქციები, ხოლო V - ცვლადები.

გამოიყენებთ ორი სახის ოპერატორებს: მათემატიკურს და ლოგიკურს. პრობლემის გამოსახულება აქვთ სახე: ტუ (პრობლემა), მასინი (მოცემუბანი), ვინაობის შემთხვევაში (მოცემუბანი), სანამ (პრობლემა) მანამდე (მოცემუბანი). გარე ფუნქციები, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გამოიყენება სხვადასხვა სახის გეომეტრიული და ელექტრომაგნიტული გათვლების განხორციელებისათვის, ასევე სპრობლემის არსებული ცვლილებების შესატანად. ცვლადები არსებობს სამი ტიპის: ცვლადები, რომელიც გადმოიღობს მარცხენა (A) ნაწილიდან და რომელიც ზემოთ იყო აღნიშნული; ცვლადები, რომელიც განსაზღვრულია ლოკალურად B ნაწილის და გამოიყენება მხოლოდ მისი მიხედვით; გლობალური ცვლადები, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა ვესების მონაცემთა გასაცვლიელად და მათი გამოყენება შეიქმნება ყველა ვესში.

ზემოთ აღნიშნული სასუბიექტების და მეთოდების დაყრდნობით ლოგიკური დასკვნების ბირთვი ინტერპრეტაციას უკეთებს ვესის B ნაწილს და ირებს ლოგიკურ გადაწყვეტილებებს პრედიკატების ლოგიკის მეთოდების დაყრდნობით [14].

2.3 el eqtrogayvanil obis komponentebs Soris el eqtromagnituri urTierTqmedebis model irebis meTodebis SemuSaveba

sa transporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavseba-
dobis potenciuri probl emebis gamovl ena SeuZl ebel ia maTi
el eqtrul i sistemebis komponentebs Soris el eqtromagnituri
zemoqmedebis model irebis gareSe. rogorc wina paragrafSi iyo
aRniSnul i, eqspertul i sistemis birTvi iyenebs gare funciebs,
roml ebic gamoiyeneba el eqtrogayvanil obis komponentebs Soris
urTierTqmedebis iseTi el eqtromagnituri parametrebis da
sidi debis gamosaTvl el ad, rogoricaa mavTul ebs Soris
urTierTtevadobebs da urTierTinduqciurobebs, urTierTqmedebis
kvazistatikuri denebi da Zabvebi, S parametrebi [15] da a.S.

qvemoT moyvanil ia meTodebi, roml ebic gamoiyeneba
el eqtromagnituri paramtrebis gamosaTvl el ad:

kvazistatikuri eqval enturi denis wyaros deni, romel ic
kvebavs antenas gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$I = C_m \frac{I_{\max}}{T_{\min}} \quad (2.3.1)$$

C_m – aris mavTul sa da antenas Soris urTierTtevadoba.

I_{\max} – maqsimal uri deni (parametri aRweril ia gayvanil obis
model Si).

T_{\min} – minimal uri gadasvl is dro (parametri aRweril ia
gayvanil obis model Si).

kvazistatikuri eqval enturi Zabvis wyaros Zabva, romel ic
kvebavs antenas, gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$V = L_m \frac{V_{\max}}{T_{\min}} \quad (2.3.2)$$

L_m – aris mavTul sa da antenas Soris urTierTindu-
qciuroba.

V_{\max} – მაქსიმალური ზაბვა (პარამეტრი aR_{weril} ია გაყვანილობის მოდელში S_i).

T_{\min} – მინიმალური გადასვლის დრო (პარამეტრი aR_{weril} ია გაყვანილობის მოდელში S_i).

მავტულსა და ანტენასორის ურთიერთდაცობისა და ურთიერთინდუქციის გამოთვლებისათვის გამოიყენება სამგანზომილებიანი ელექტროსტატიკური გათვლების ბირთვი **Static3D**, რომელიც ცალკე პროგრამის სახით არის რეალიზებული. ანტენა და მავტული ელექტროსტატიკური გათვლების ბირთვის გადაცემა ნაშრომის [16] ფორმატის მქონე ფაილის სახით. თუ მოდელში S_i არაა რეალიზებული სატრანსპორტო საშუალებების ზარა, მაშინ მისი გათვლის შედეგად შეიქმნება გათვლების შედეგად გამოთვლის შედეგად შეიქმნება არაა.

ს პარამეტრების გამოთვლებისათვის მავტულსა და ანტენასორის გამოიყენება სამგანზომილებიანი ელექტროდინამიკური გათვლების ბირთვი **TRiD**, რომელიც ცალკე პროგრამის სახითაა რეალიზებული. **S11** პარამეტრის გამოთვლის პროცესში მოიცავს შემდეგ ნაბიჯებს:

1. უნდა განისაზღვროს ანტენის პორტი. პორტი განისაზღვრება ანტენის სეგმენტით და ვინაობით ამ სეგმენტზე.
2. უნდა აიგოს მოდელი ელექტროდინამიკური გათვლებისათვის. მავტული ბოლოებზე განისაზღვრება დამიწების სეგმენტები, რომლებიც მავტული ბოლოებს აერთებს სატრანსპორტო საშუალებების ზარის ტრიანგულირებული ბაზისთან. სეგმენტისა და ზარის არაა რეალიზებული ბაზის სერების ვერტიკალიდან შეიქმნება ტრიანგულირებული, რომლის სეგმენტების ვერტიკალი არაა რეალიზებული სამკუთხედის ვერტიკალი. პროგრამაში განისაზღვრულია ვრდი მინი-ვება პირველი დამიწების სეგმენტის, ხოლო მეორე დამიწების სეგმენტის მინი-ვება ზაბვის ვერტიკალი (1 ვ) და ვინაობა (50 ომი).
3. დაგენერირებული მოდელი გადაცემა ელექტროდინამიკური გათვლების ბირთვის გათვლების განსახორციელებლად.
4. ელექტროდინამიკური გათვლების შედეგად ვიზუალიზაცია:

dens mavTul is meore damiwebis segmentSi (porti 1) _ I1
 Zabvas mavTul is meore damiwebis segmentSi (porti 1) _
 V1

winaRobas mavTul is meore segmentSi (porti 1) _ Z1

mi Rebul i mni Svel obebida S11 parametri gamoiTvl eba
 Semdegi formul iT:

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} - Z_1$$

$$S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_1}{Z_{in} + Z_1} \quad (2.3.3)$$

S12 parametris gamoiTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda gansazRvros antenis porti. porti gansazRvreb
 antenis segmentiT da winaRobiT am segmentze.
2. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisatvis.
 mavTul is bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi,
 roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto
 saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa
 da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba
 badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i
 aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi
 gansazRvrul i wredi mieniWebas orive damiwebis segments,
 antenis ports mieniWebas Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba
 (50 omi).
3. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri
 gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
4. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad viRebT:
 dens mavTul is meore damiwebis segmentSi (porti 1) _ I1
 Zabvas antenis portis segmentSi (porti 2) _ V2
 winaRobas antenis portis segmentSi (porti 2) _ Z2

mi Rebul i mni Svel obebida S12 parametri gamoiTvl eba
 Semdegi formul iT:

$$S_{12} = 2 * Z_2 * \frac{I_1}{V_2} \quad (2.3.4)$$

S₂₁ parametris gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda ganisazRvros antenis porti. porti ganisazRvreba antenis segmentiT da winaRobiT am segmentze.
2. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisaTvis. mavTul is bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gan-sazRvrul i wredi mieniWeba pirvel damiwebis segments, xol o meore damiwebis segments mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).
3. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
4. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad viRebT:
dens antenis portis segmentSi (porti 2) _ I1
Zabvas mavTul is meore damiwebis segmentSi (porti 1) _ V1
winaRobas mavTul is meore segmentSi (porti 1) _ Z1

miRebul i mniSvnel obebidan S₂₁ parametri gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$S_{21} = 2 * Z_1 * \frac{I_2}{V_1} \quad (2.3.5)$$

S₂₂ parametris gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda ganisazRvros antenis porti. porti ganisazRvreba antenis segmentiT da winaRobiT am segmentze.
2. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisaTvis. mavTul is bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa

da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gansazRvrul i wredi mieniWeba orive damiwebis segments, antenis ports mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).

3. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
4. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad vi RebT:
 - dens antenis portis segmentSi (porti 2) I_2
 - Zabvas antenis portis segmentSi (porti 2) V_2
 - winaRobas antenis portis segmentSi (porti 2) Z_2

miRebul i mniSvnel obebidan S_{22} parametri gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$Z_{in} = \frac{V_2^2}{I_2} - Z_2$$

$$S_{22} = \frac{Z_{in} - Z_2}{Z_{in} + Z_2} \quad (2.3.6)$$

kvazistatikuri eqval enturi denis wyaros deni, romel ic aRiZvrebareTi mavTul idan meore mavTul Si, gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$I = C_m \frac{I_{\max}}{T_{\min}} \quad (2.3.7)$$

C_m aris mavTul ebs Soris urTierTtevadoba.

I_{\max} _ maqsimal uri deni (parametri aRweril ia gayvaniI obis model Si).

T_{\min} _ minimal uri gadasvl is dro (parametri aRweril ia gayvaniI obis model Si).

kvazistatikuri eqval enturi Zabvis wyaros Zabva, romel ic aRiZvrebareTi mavTul idan meore mavTul Si, gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

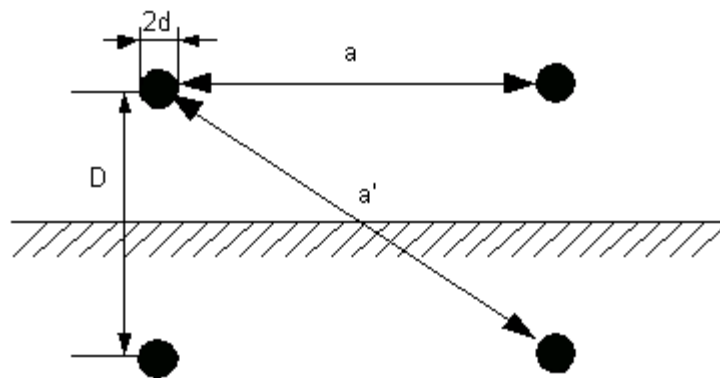
$$V = L_m \frac{V_{\max}}{T_{\min}} \quad (2.3.8)$$

L_m – არის მავთულ ებს სორის ურტიერთი ინდუქტიურობა.

V_{max} – მაქსიმალური ზაბვა (პარამეტრი a რვერია გაყვანილი ობის მოდელი S_i).

T_{min} – მინიმალური გადასვლის დრო (პარამეტრი a რვერია გაყვანილი ობის მოდელი S_i).

მავთულ ებს სორის ურტიერთი ტევადობის და ურტიერთი ინდუქტიურობის მართვი გათვლილებისთვის ვთვლით, რომ მხოლოდ პარალელური მავთულები (მავთულები რომლებიც ერთი სეგმენტი S_i გადის) ურტიერთი ტევადობის მიხედვით გათვლილები შეიძლება. ეს უნდა მავთულების ავტომატური დაგეგმვა ტიტოული სეგმენტის კვეთასი და შემდეგ ურტიერთი ტევადობის და ურტიერთი ინდუქტიურობის დადგენა ტიტოული სეგმენტი S_i სიგრძის მნიშვნელობები D , a და a' აირეგონ როგორც მუდმივი (მაქ. 4). ტევადობის და ინდუქტიურობის მნიშვნელობები იკრიბება საბოლოო სედეგის მისაჩებად.



მაქ. 4. კვეთა, რომელიც უნდა იყოს ურტიერთი ტევადობის გამოთვლისთვის

მავთულების რადიუსების ვთვლით ერთნაირად და მისი მნიშვნელობა ვირეებისთვის a მავთულის რადიუსების სასუალო მნიშვნელობას. სიგრძის ერთეულზე ტევადობის გამოთვლილება შემდეგი ფორმულით:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 \ln(a'/a)}{\ln^2(D/d) - \ln^2(a'/a)} \quad (2.3.9)$$

sigrZis erTeul ze urTierTinduqciurobebi gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$M = \frac{m_0}{2p} \ln\left(\frac{a'}{a}\right) \quad (2.3.10)$$

SesaZl ebel ia gamoTvl il i iqnes geometriis sami varianti: cudi, saSual o da kargi.

$$\text{cudi: } D = 0.02 \text{ m; } a = 2.1*d; \quad a' = \sqrt{a^2 + D^2}.$$

saSual o: $D = 0.02 \text{ m; } a = R \text{ Tu } R > 2.1*d$, winaaRmdeg SemTxvevaSi $a=2.1*d$ sadac R – aris segmentis j amuri radiusi; $a' = \sqrt{a^2 + D^2}$.

kargi: $D = 0.02 \text{ m; } a = 2*R \text{ Tu } 2*R > 2.1 \text{ d}$, winaaRmdeg SemTxvevaSi $a=2.1*d$ sadac R – aris segmentis j amuri radiusi; $a' = \sqrt{a^2 + D^2}$.

sivrceSi nebismier or mavTul s Soris urTierTtevadobisa da urTierTinduqciurobis gamoTvl ebisaTvis gamoiyeneba samganzomil ebiani el eqtroatatikuri gaTvl ebis birTvi **Static3D**. mavTul ebi gaTvl ebis birTvs gadeacema nastranis formatis mqone fail is saxiT. winaswar xdeba mavTul ebis avtomaturi gadanawil eba segmentis kveTaSi (al gorITmi aRweril ia qvemoT). Tu model Si aRweril ia satransporto saSual ebis Zara, maSin misi gaTval iswinebac xdeba gaTvl ebisas. mavTul is izol aciis SeRwevadobis gaTval iswineba ar xdeba.

S parametr is gamosaTvl el ad or mavTul s Soris gaoiyeneba samganzomil ebiani el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvisi **TRiD**. S11 parametr is gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisaTvis. mavTul ebis bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTeben satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gan-sazRvrul i wredi mieniWeba meore mavTul is orive da pirvel i mavTul is pirvel damiwebis segments, xol o

pirvel i mavTul is meore damiwebis segments mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).

2. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
3. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad vi RebT:
 - dens pirvel i port 1-Si _ I1
 - Zabvas port 1-Si _ V1
 - winaRobas porti 1-Si _ Z1

miRebul i mniSvnel obebidan S11 parametri gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} - Z_1$$

$$S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_1}{Z_{in} + Z_1} \quad (2.3.11)$$

S12 parametris gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisaTvis. mavTul ebis bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gansazRvru- l i wredi mieniWeba pirvel i mavTul is orive damiwebis segments da meore mavTul is pirvel damiwebis segments. meore mavTul is meore damiwebis segments mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).
2. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
3. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad vi RebT:
 - dens port 1-Si _ I1
 - Zabvas port 2-Si _ V2
 - winaRobas port 2-Si _ Z2

mi Rebul i mni Svel obebida S12 parametri gamoTvl eba Semdegi formul iT:

$$S12 = 2 * Z2 * \frac{I1}{V2} \quad (2.3.12)$$

S21 parametris gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisatvis. mavTul ebis bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gansazRvrul i wredi mieniWeba meore mavTul is orive damiwebis segments da pirveli mavTul is meore damiwebis segments, xol o pirveli mavTul is meore damiwebis segments mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).
2. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
3. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad viRebT:
 - dens port 2-Si _ I2
 - Zabvas porti 1-Si _ V1
 - winaRobas port 1-Si _ Z1

mi Rebul i mni Svel obebida S21 parametri gamoTvl eba Semdegi formul iT:

$$S21 = 2 * Z1 * \frac{I2}{V1} \quad (2.3.13)$$

S22 parametris gamoTvl is procesi moicavs Semdeg bij ebs:

1. unda aigos model i el eqtrodinamikuri gaTvl ebisatvis. mavTul ebis bol oebze generirdeba damiwebis segmentebi, roml ebic mavTul is bol oebis aerTebis satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul badesTan. segmentisa da Zaris aRmweri badis SeerTebis wertil Si xdeba

badis triangul ireba ise, rom Sexebis wertil i aRmoCndes samkuTxedis wveroSi. programaSi gansazRvrul i wredi mieniWeba pirvel i mavTul is orive damiwebis segments da meore mavTul is pirvel damiwebis segments. meore mavTul is meore damiwebis segments mieniWeba Zabvis wyaro (1 v) da winaRoba (50 omi).

2. dagenerirebul i model i gadaecema el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvs gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad.
3. el eqtrodinamikuri gaTvl ebis Sedegad vi RebT:
 - dens port 2-Si I_2
 - Zabvas port 2-Si V_2
 - winaRobas port 2-Si Z_2

miRebul i mniSvnel obebidan S_{22} parametri gamoiTvl eba Semdegi formul iT:

$$Z_{in} = \frac{V_2}{I_2} - Z_2$$

$$S_{22} = \frac{Z_{in} - Z_2}{Z_{in} + Z_2} \quad (2.3.14)$$

el eqtroatatikuri da el eqtrodinamikuri gaTvl ebis birTvebi saWiroeben mavTul ebis model irebas sivrceSi. **KBL** standarti mavTul ebis gatarebis traektorias sivrceSi aRwers segmentebis saSual ebiT. TiToeul mavTul s mieTiTeba segmentebis mimdevroba, romel Sic igi gadis, xolo TviT segments aqvs RerZul i mrudi, romelic warmoadgens splains sivrceSi. mavTul s ar mieTiTeba misi mdebareoba segmentis kveTSi, ase rom yvela mavTul is gatarebis traectoria emTxveva segmentis RerZul a xazs. e.i. segmentis kveTaSi, masSi gamaval yvela mavTul s aqvs pozicia (0,0). es imiT aris gamowveuli, rom **KBL** standarti Seqmnil ia satransporto saSual ebebis el eqtrogayvanil obis topologiis warmosadgenad da ar aris gaTval iswinebul i misi gamoyeneba el eqtroatatikiuri da el eqtrodinamikuri gaTvl ebisaTvis.

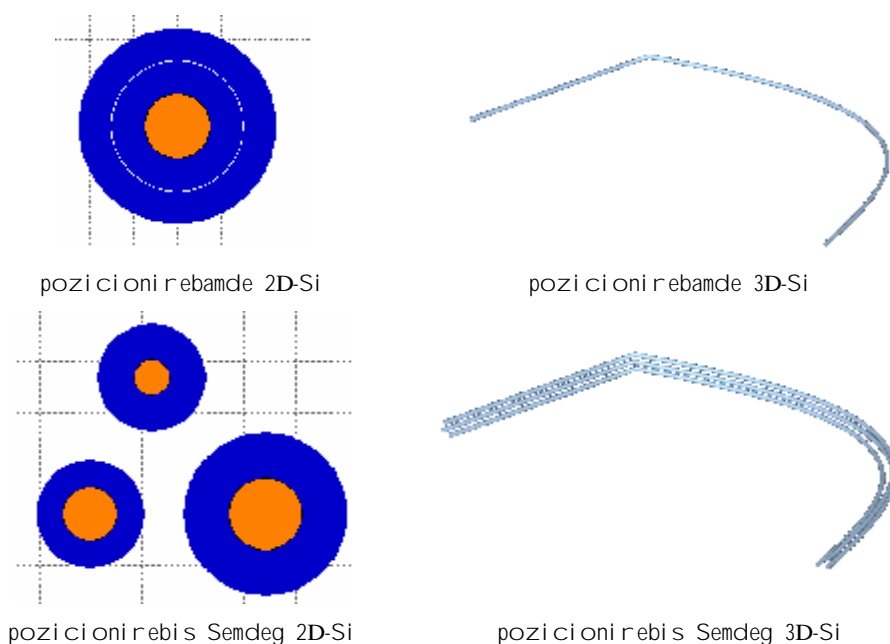
imisaTvis, rom ganvaxorciel oT el eqtrostatikuri da el eqtrodinamikuri gaTvl ebi, saWiroa mavTul ebi sivrcesi ar emTxveodes da ar kveTdes erTmaneTs. SemuSavebuli iqna al goriTmebi, roml ebic erTis mxriv mavTul ebs anawil ebs segmentis kveTSi ise, rom isini ar emTxveodes erTmaneTs, xol o meores mxriv, atarebs maT sivrcesi RerZul i traqtoriis gaswrviv kveTaSi gadanawil ebiT miRebul manZil ze TanakveTebis gareSe (nax. 5.).

mavTul ebs segmentis kveTaSi gadanawil ebs al goriTmis mizania yvel a mavTul i rac SeiZl eba mWidrod gaanawil os segmentis or ganzomil ebian kveTaSi. mavTul is kveTa sibrtyeze warmoadgens wres. simWidrovis kriteriumad aRebul ia mavTul is centris siaxl ove ukve dal agebul i mavTul ebs centrebis simZimis centrTan. maSasadame, saWiroa wreebi ganval agoT rac SieZl eba mWidrod erTmanetisgan gansazRvrul manZil ze. Semovitanot Semdegi aRniSvnebi: O – ukve dal agebul i mavTul ebs simravle, U – dasal agebel i mavTul ebs simravle. Tavdapirvel ad O aris cariel i, xol o U moicavs kveTaSi arsebul yvel a mavTul s. al goriTmis muSaobis Semdeg ki O moicavs yvel a mavTul s, xol o U aris cariel i.

“mavTul Ta wyvil i” vuwodot iset or mavTul s, romel Tagan erT-erTma miRo monawil eoba meoris mdebareobis gansazRvraSi da roml ebic mdebareoben usual od erTmanetis gverdiT. mavTul Ta wyvil i aRvniSnot Semdegnairad $Pair(o_i, o_j)$ $o_i \in O, o_j \in O, i \neq j$. mavTul Ta wyvil Ta simravle aRvniSnot P-Ti. manZil i, romel ic unda iyos mavTul ebs Soris aRvniSnot d-Ti. ganl agebul i wreebis centrebis simZimis centri aRvniSnot W-Ti.

al goriTmis arsi mdgomareobs SemdegSi:

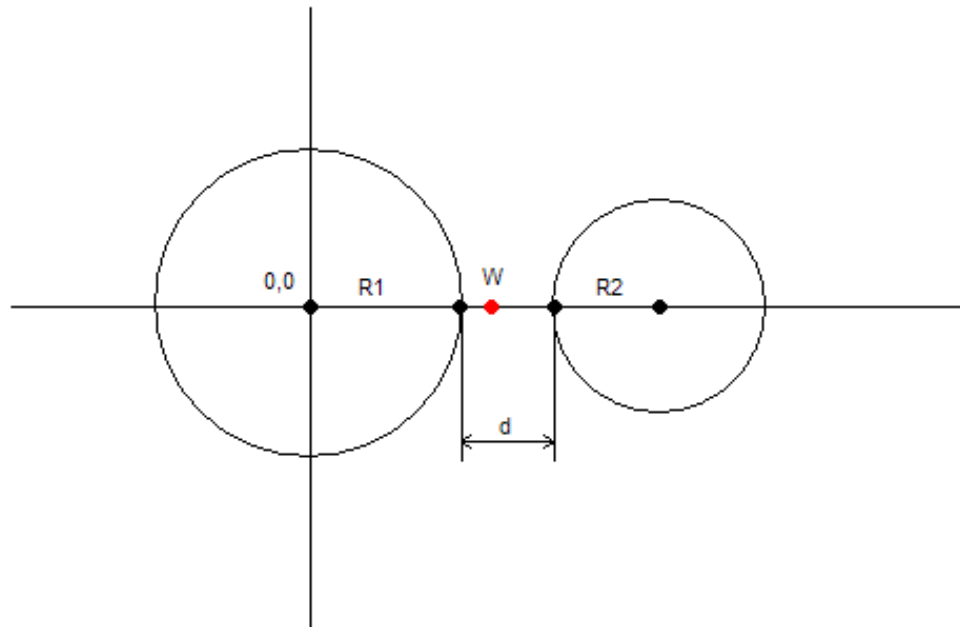
1. aviroT dasal agebel i mavTul ebs U simravli danpirvel i mavTul i, ganvatavsoT koordinatTa saTaveSi $(0,0)$ da gadavitanoT O dal agebul mavTul Ta simravleSi.



nax. 5. mavTul ebis avtomaturi pozicioni rebis al goriTmis muSaobis Sedegebi

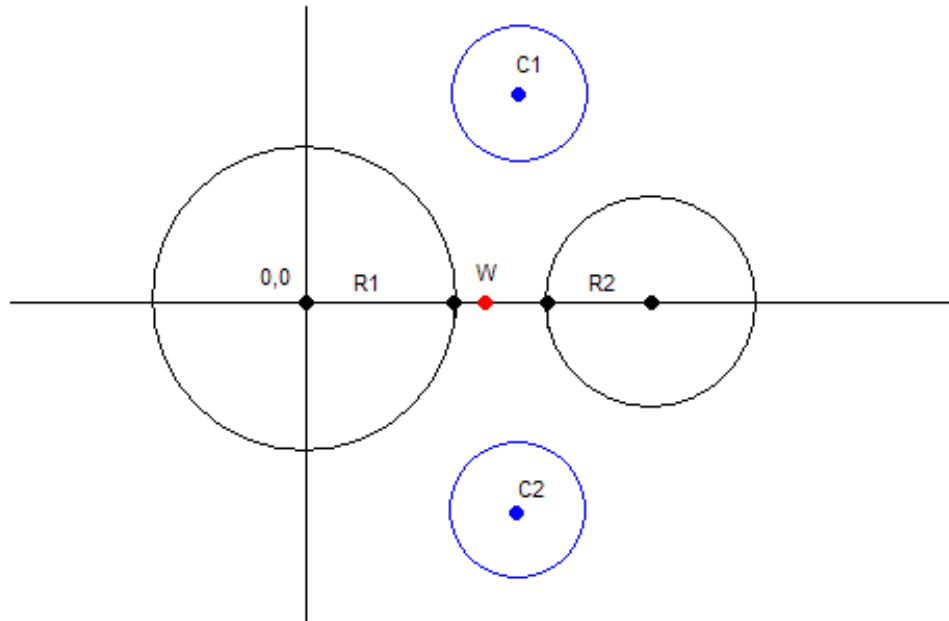
2. aviRoT dasal agebel i mavTul ebis U simravl idan meore mavTul i da ganvaTavsoT koordinatebiT $(R_1 + R_2 + d, 0)$, sadac R_1 aris pirvel i wris radiusi, xol o R_2 _ meore wris. gadavitanoT O dal agebul mavTul Ta simravl eSi. SevqmnaT wyvil i $Pair(o_1, o_2)$ da mi vaniWoT P wyvil Ta simravl es.
3. gamoviTval oT simZimis centri W (nax. 6).
4. aviRoT dasal agebel i mavTul ebis simravl idan U erT-erTi mavTul i $u_k (u_k \in U)$.
5. P wyvil Ta simravl idan aviRoT erT-erTi wyvil i $Pair_i(o_i, o_j), o_i \in O, o_j \in O, i \neq j$ da vipovoT masSi Semaval i mavTul ebis gverdiT axal i mavTul is SesaZl o ganl agebis ori wertil i C_1 da C_2 (nax. 7).
6. u_k wres ganvaTavsebT C_1 wertil Si, O dal agebul i wreebis simravl idan mimdevrobiT viRebT yvel a elements da vamowmebT, xom ar kveTen u_k wres. Tu

TanakveTa ar moiZebna, maSin vpoul obT manZil s C1 centrasa da W simZimis centrs Soris DistW. igives vimeorebT C2 wertil istVis.



nax. 6. mavTul ebis ganl ageba pozicionirebis al gorITmis me-3 bij is Semdeg

7. Tu $\text{Dist}W$ nakl ebia aqamde ganxil ul i sxva $\text{Pair}(o_i, o_j)$ wyvil ebisaTvis napovn minimal ur manZil ze $\text{MinDist}W$, maSin $\text{MinDist}W = \text{Dist}W$.
8. gadavideT me-3 bij ze vidre ar ganvixil avT P simravl is yvel a el ements.
9. u_k mavTul is Sesabamis wres ganvaTavsebT im centrSi C_{\min} , roml istVisac dafiqsirda simZimis centramde minimal uri manZil i $\text{MinDist}W$. u_k mavTul s viRebT dasal agebel i mavTul ebis U simravl idan da gadagvaqvs dal agebul i mavTul ebis O simravl eSi.

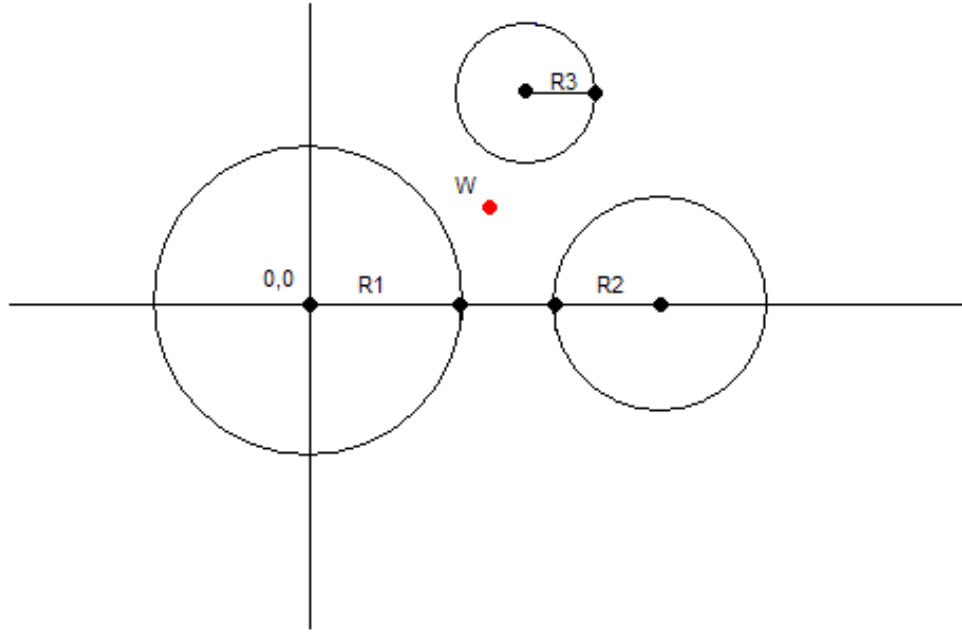


nax. 7. mavTul ebis SesaZl o ganl agebis wertil ebi

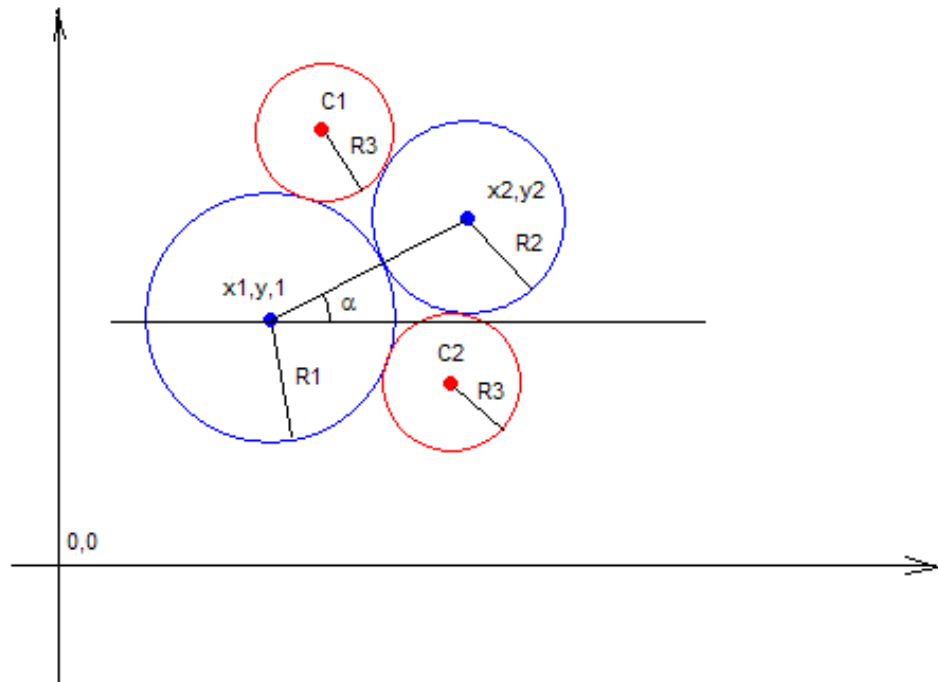
10. viRebT im wyvil s $Pair_{\min}(o_m, o_n)$, romel mac monawil oeoba miiRo mavTul is centris formirebaSi da vaformirebT axal wyvil ebs axl ad ganTavsebul i $o_k \in O$ mavTul i-saTvis: $Pair(o_k, o_m)$ da $Pair(o_k, o_n)$. vamatebT maT P wyvil Ta simravl eSi.
11. vpoul obT axal simZimis centrs W (nax. 8.).
12. gadavdivarT me-4 bij ze vidre dasal agebel i mavTul ebis U simravl e ar gaxdeba cariel i.

am al goriTmSi gamoyenebul i iyo wreebis wyvil is maxl obl ad mocemul manZil ze mesame wris ganTavsebis wertil ebis (C1, C2) povna da wreebis centrTa W simZimis centris povna.

vTqvaT, gvaqvs ori wre: centriT (x_1, y_1) , radiusiT R1 da centriT (x_2, y_2) , radiusiT R2. gvinda vipovoT centrebi wrsiTvis radiusiT R3 ise rom igi exebodes orive wres (nax. 9.).



nax. 8. mavTul ebis ganl ageba da simZimis centri pozicionirebis al goritmis me-11 bij is Semdeg



nax. 9. mxebi wreebis centrebis gansazRva

C1 da C2 wertil ebis koordinatebi gamoiTvl eba Semdegi formul ebiT:

$$X3_{11} = X3_{12} = \frac{(R1 + R3)^2 + (R1 + R2)^2 - (R2 + R3)^2}{2 * (R1 + R2)}$$

$$Y3_{11} = \sqrt{(R1 + R3)^2 - X3_{11}^2}$$

$$Y3_{12} = -Y3_{11}$$

$$\cos(a) = \frac{X2 - X1}{R1 + R2} \tag{2.3.15}$$

$$\sin(a) = \frac{Y2 - Y1}{R1 + R2}$$

$$C1.x = X1 + X3_{11} * \cos(a) - Y3_{11} \sin(a)$$

$$C1.y = X1 + X3_{11} * \sin(a) + Y3_{11} \cos(a)$$

$$C2.x = X1 + X3_{12} * \cos(a) - Y3_{12} \sin(a)$$

$$C2.y = X1 + X3_{12} * \sin(a) + Y3_{12} \cos(a)$$

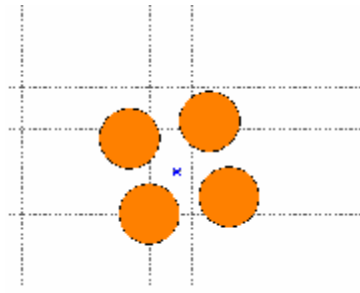
vTqvaT mocemul i gvaqvs wreebis centrebis mimdevroba $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. maTi simZimis centri moiZebneba Semdegi formul iT:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{2.3.16}$$

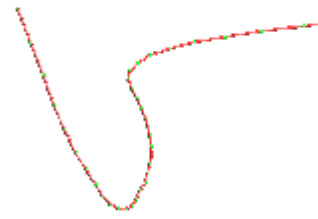
$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

mas Semdeg, rac mavTul ebi gadanawil deba segmentis or ganzomil ebian kveTaSi, saWiroa kveTaSi segmentis centridan mavTul is centrebis daSorebebis gaTval iswinebiT gavataroT isini segmentTa mimdevrobis central uri RerZebis gaswriv sam ganzomil ebian sivrceSi (max. 10).

segmentebis RerZul i xazis traectoria Sedgeba erTmaneTze gadabmul i monakveTebisagan. mavTul ebi unda gavataroT am monakveTebis paral el urad ise, rom Tu aviRebT TiToeul i monakveTis perpendikul arul kveTas, miviRoT segmentis kveTaSi mavTul ebis ganTavsebis suraTi.



mavTul ebis gadanawil eba kveTaSi



segmentebis RerZul i xazebis traeqtoria



mavTul ebi, romel ic gatarebul ia segmentebis RerZul i xazebis gaswvri v kveTaSi arsebul i gadanawil ebis mi xedvi T

nax. 10. mavTul ebis gatareba sivrcesi

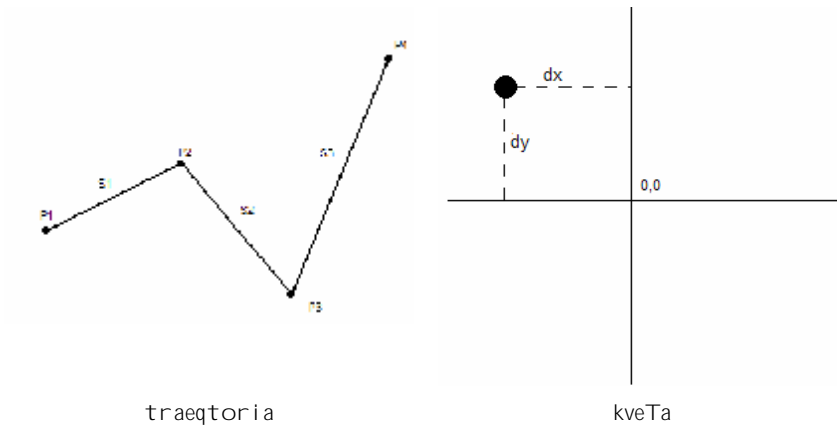
mavTul ebis sivrcesi gatarebis al gorITmi Sedgeba sami etapi sagan:

1. ganisazRvros iseTi veqtori, romel ic RerZul i xazis TiToeul segments gadaitans sivrcesi ise, rom Tu aviRebT segmentis perpendikul arul kveTs, axal i segmenti ganTavsebul i iqnes mavTul is ganTavsebis adgil as.
2. traeqtoriis Semadgenel i yvel a segmentis paral el urad gavataroT axal i segmentebi sivrcesi ise, rom isini miRebul i iqnes traeqtoriis Semadgenel i segmentis paral el urad gadataniT wina punktSi miRebul i veqtoriT.
3. miRebul i segmentebi SevaertoT erTmaneTTan.

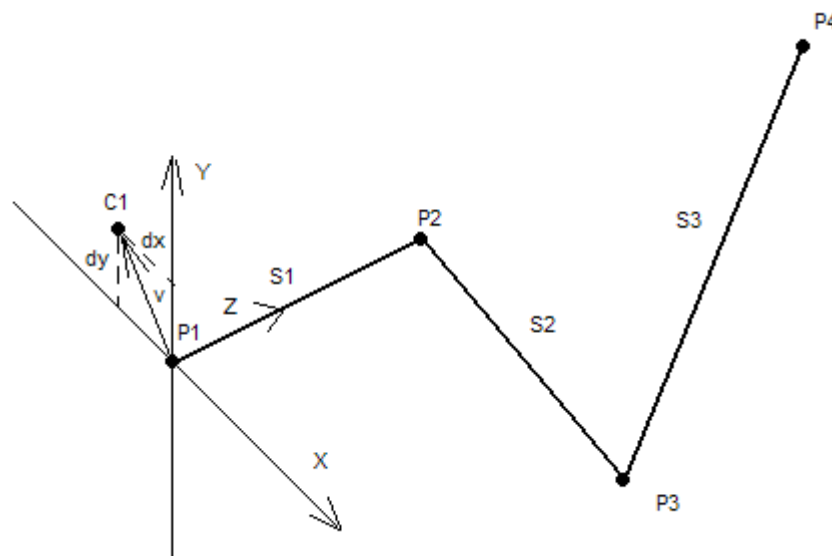
vTqvaT mocemul i aris nax. 11-ze gamosaxul i traeqtoria da or ganzomil ebiani kveTa.

imisatvis, rom vipovoT gadatani veqtori, saWiroa pirvel segments mi vabaT koordinatTa sistema ise, rom Z RerZi emTxve-

odes segments, xol o koordinatTa saTave _ P1 wertil s. am SemTxvevaSi, XoY sib rtye daemTxveva kveTas (nax. 12.)



nax. 11. mavTul ebis sawyisi traeqtoria da kveTa

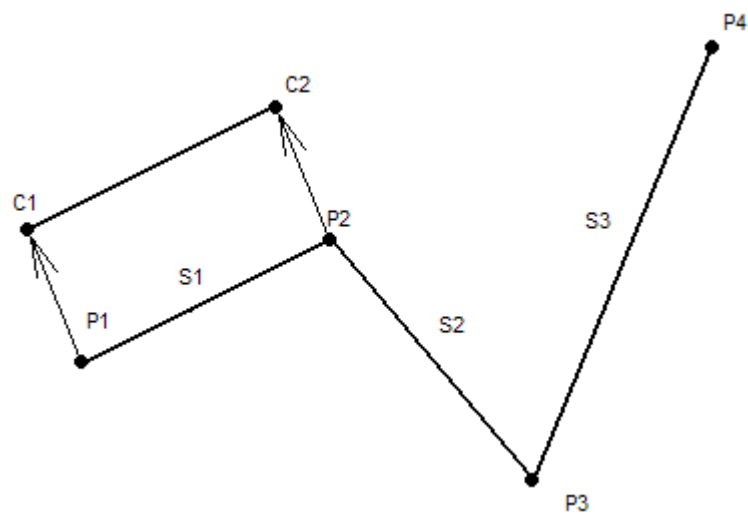


nax. 12. koordinatTa sistemis gansazRvra

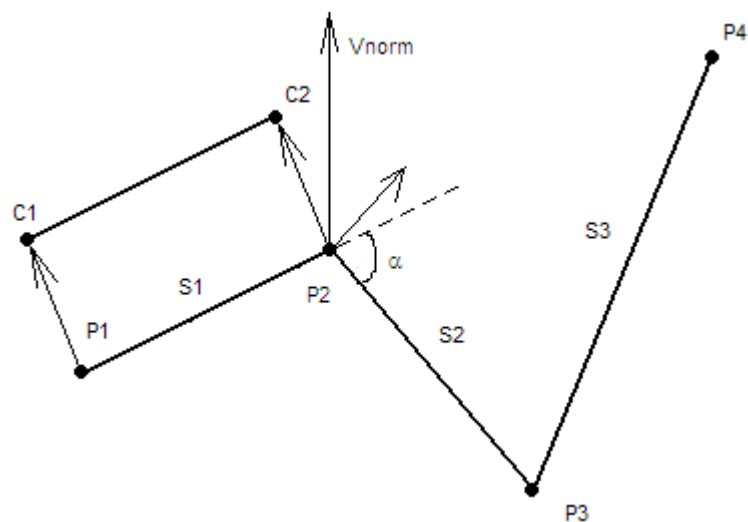
\vec{v} veqtori iqneba saZiebel i gadatanis veqtori. mis sapovnel ad viqceviT Semdegnairad: j er vsazRvra vT mas standartul koordinatTa sistemaSi. igi iqneba $\vec{v} = (dx, dy, 0)$. Semdeg ki standartul i koordinatTa sistemis transformacias

vaxdenT ise, rom misi Z RerZi daemTxves traeqtoris segmentis Sesabamis $\overline{P1P2}$ veqtors.

maSasadame, am bij is Semdeg miRebul i gvaqvs gadatanis \vec{v} veqtori traeqtoris pirvel i P1P2 segmentisTvis. Tu segmentis paral el urad gadavitant am veqtoriT, miviRebT saZiebel i traeqtoris pirvel segmentis C1C2 (nax. 13).



nax. 13. traeqtoris segmentis paral el urad gadatana



nax. 14. gadtanis veqtoris formireba meore segmentisTvis

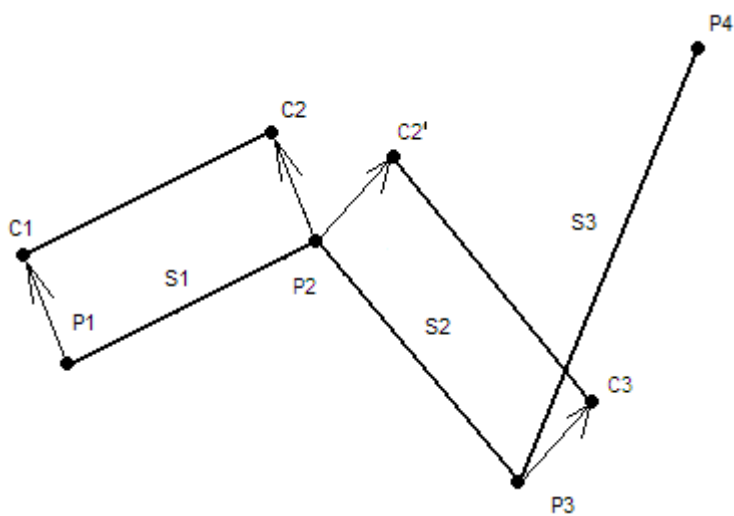
amis Semdeg saWiroa ganisazRvros gadatanis veqtori meore segmentisTvis. amisaTvis gadatanis veqtors vabrunebT S1 da S2 segmentebs Soris arsebul i kuTxiT P1P2P3 sibrtiyis perpendikul aris irgvl iv (nax. 14).

veqtoris mabruneba meore veqtoris irgvl iv xdeba misi gadamravl ebiT mabrunebis matricaze. mabrunebis matrica aris 3X3 ganzomil ebis da misi el ementebia:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \cos(\alpha) + (1 - \cos(\alpha)) * x^2 \\
 a_{12} &= (1 - \cos(\alpha)) * x * y - \sin(\alpha) * z \\
 a_{13} &= (1 - \cos(\alpha)) * x * z + \sin(\alpha) * y \\
 a_{21} &= (1 - \cos(\alpha)) * x * y + \sin(\alpha) * z \\
 a_{22} &= \cos(\alpha) + (1 - \cos(\alpha)) * y^2 \\
 a_{23} &= (1 - \cos(\alpha)) * y * z - \sin(\alpha) * x \\
 a_{31} &= (1 - \cos(\alpha)) * x * z - \sin(\alpha) * y \\
 a_{32} &= (1 - \cos(\alpha)) * y * z + \sin(\alpha) * x \\
 a_{33} &= \cos(\alpha) + (1 - \cos(\alpha)) * z^2
 \end{aligned}
 \tag{2.3.17}$$

sadac (x,y,z) aris veqtori, roml is irgvl ivac xdeba mabruneba, xol α aris mabrunebis kuTxe.

amis Semdeg vaxdent RerZul i traqtoriis segmentis gadatanas igive principiT rogorc pirvel i segmentisTvis (nax. 15.)

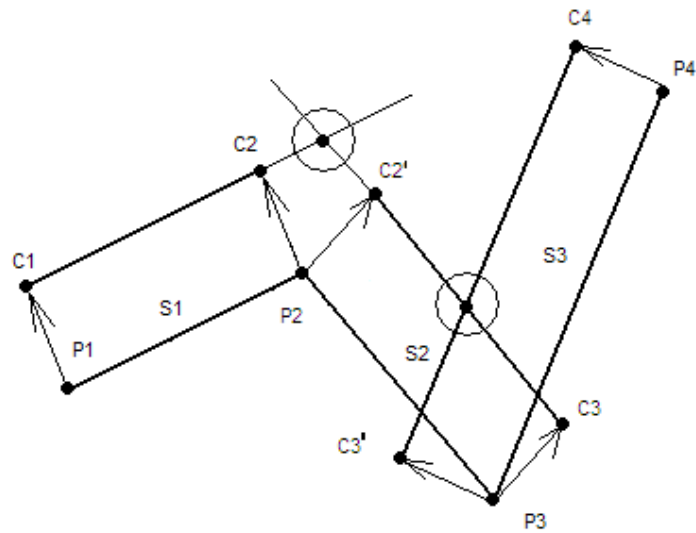


nax. 15. traqtoriis segmentis paral el urad gadatana

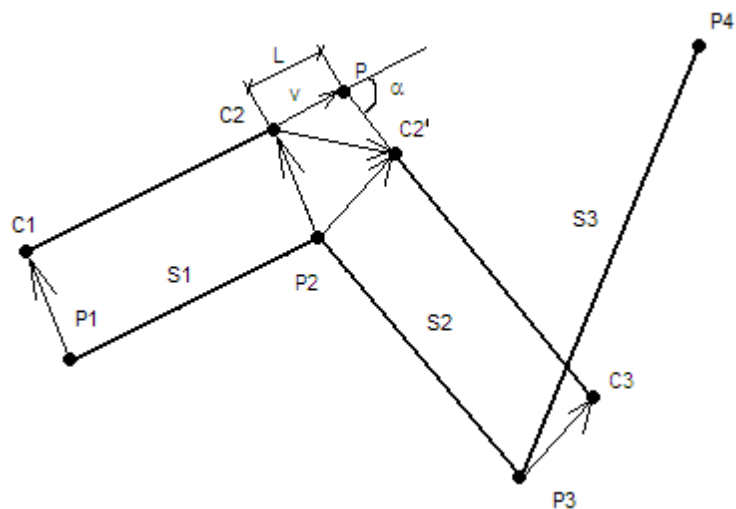
იგივე პროცედურას ვიმეორებთ ტრაექტორიის შემადგენელი ყველა სეგმენტისთვის.

როგორც ვხედავთ, მხოლოდ სეგმენტების გადართვა საკმარისი არ არის, რადგან უარყოფითი სეგმენტების სივრცეები და ტანაკვეთები (ნახ. 16). საშუალო ტრაექტორიის კუთხეების მიხედვით სეგმენტების ერთმანეთთან შეერთება.

შეერთების ერთი ის პოვნის ალგორითმი განვიხილოთ ნახ. 17-ის მიხედვით.



ნახ. 16. სეგმენტების შეერთების ერთი ები



ნახ. 17. სეგმენტების შეერთების ერთი ების პოვნა

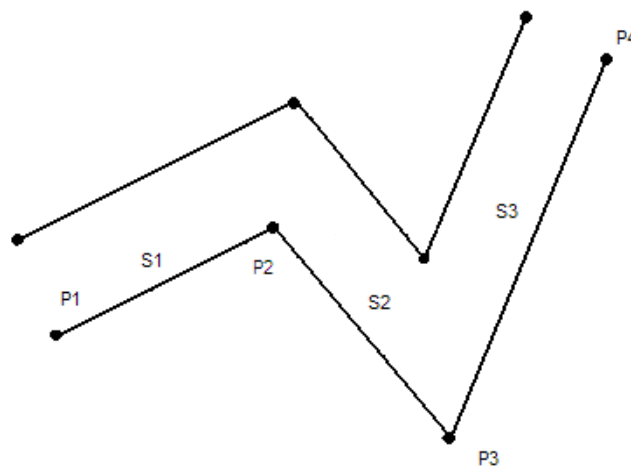
Cvens mizans warmoadgens P SeerTebis wertil is povna. amisaTvis saWiroa vipovoT \vec{v} veqtori, radgan $P = C2 + \vec{v}$, $C2$ -is koordinatebi ki ukve cnobil ia. saWiroa davadginoT \vec{v} veqtoris mimarTul eba da sigrZe. radgan \vec{v} veqtori warmoadgens $C1C2$ monakveTis gagrZel ebas, amitom misi mimarTul eba iqneba: $(C2.x - C1.x, C2.y - C1.y, C2.z - C1.z)$ veqtoris kol inearul i.

\vec{v} veqtoris sigrZis gansazRvrisaTvis gamoviyenoT is faqti, rom $C1PC2$ samkuTxedi aris tol ferda da cnobil ia α kuTxe. veqtoris sigrZe L , iqneba:

$$L = \frac{\sqrt{(C2'.x - C2.x)^2 + (C2'.y - C2.y)^2 + (C2'.z - C2.z)^2}}{2 * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (2.3.18)$$

im SemTxvevaSi, roca segmentebS Soris arseboS TanakveTa (meore wertil i Cvens magal iTSi), \vec{v} veqtors vpoul obT igive gziT, mxol od mimarTul ebas viRebT sapirospiros.

amrigad, samive bijis gavlis Semdeg viRebT mavTulis gatarebis traektorias, romelic paral el urad miyveba RerZul xazs (nax. 18.).



nax. 18. mavTulis miRebuli traektoria

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მართლებს Soris და მართლსა და ანტენას Soris ურთიერთდადგენიან და ურთიერთდადგენიან დასადგენდ გამოყენება გამოტლებს ბირტი Static3D, რომელიც ცალკე პროგრამის სახით არის რეალიზებული. გამოტლებს ბირტი დაფუძნებულია მონებების მეთოდე (MoM) ელემენტული ველების ინტეგრალი გნტლებების (EFIE) რიცხვითი მეთოდებით მოსახსნელად [17]. თუ მართლები ერთმანეთთან ან ადგილზე ან ახლოს განლაგებულია, მაშინ გამოყენება მონებების მეთოდასა და დამხმარე ვარიანტების მეთოდის (MAS) კომბინაცია. ინდუქციური გნისაზრება ელემენტარული და მაგნიტარული პრობლემებს Soris ანალიზის საფუძველზე. მთლიან სტრუქტურაზე მუქების განაწილების აპროქსიმაციის გამოყენება ბიჯური ბაზისური ფუნქციები. თავდაპირველად ადგენილი მუქების კოეფიციენტების დადგენა რეალური გნტლებების სისტემის ამოხსნის მეთოდე, ხოლო შემდეგ ამ კოეფიციენტებზე დაყრდნობით ადგენილი მუქების განაწილების პოვნა და მთლიანი სისტემის საპრობლემატიკური პარამეტრების განსაზრვა [18].

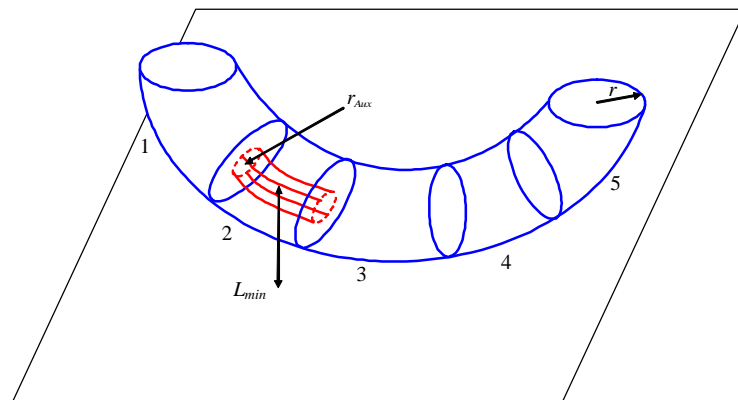
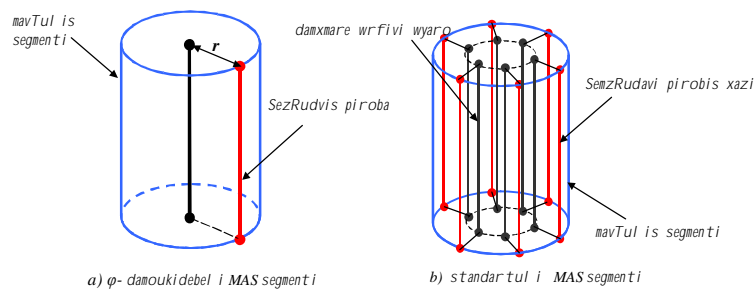
პროგრამის მოსახმარებელი შემდეგ მეთოდეზე: ადგილზე მოდელირებულია სამკუთხედების ბაზის მეთოდე. ტვლიან, რომ ტიტოული სამკუთხედზე მუქის სიმკვრივე მუდმივია [17][19].

ბიჯური განსაზრება ადგილზე მუქების განაწილება ტიტოული ობიექტის ინტეგრალი გნტლებების MoM მეთოდე ამოხსნის მეთოდე, შემდეგ გენერირდება მონებების მატრიცა, რომელიც ადგენილია პოტენციალის ტიტოული სამკუთხედიანი ცენტრის ცენტრის მიხედვით. საბოლოო გნტლებათა სისტემის ამოხსნის მიხედვით ცენტრის მუქის სიმკვრივის პოვნა [20].

ნამდვილი ობიექტის ვიზუალიზაციის გნტლებათა სისტემის საბოლოო ვიზუალიზაციის მუქების ობიექტებზე პოტენციალების ტიტოული განაწილების [20].

როდესაც ობიექტები ერთმანეთთან ახლოს განლაგებულია, ისინი უფრო ადვილად ურთიერთდადგენიან ერთმანეთზე,

rac iwvevs muxtebis ufro araTanabar ganawil ebas. aseT SemTxvevaSi muxti icvl eba TiToeul i el ementis SigniT, amitom Tu gamoviyenebT MoM meTods, saWi ro gaxdeba el ementebis zomis ZI ier Semicireba. samkuTxedebis badis SemTxvevaSi saWi ro iqneba samkuTxedebis zomis iqande Semicireba, vidre TiToeul maTganze muxti Tanabrad ar iqneba ganawil ebul i. magram aseTi midgoma SeuZl ebel ia mavTul is SemTxvevaSi, am dros muxtebi araTanabradaa ganawil ebul i mis perimetrze. aseT SemTxvevaSi, mavTul is zedapiri unda daiyos zol ebad da muxtebi ganisazRvros TiToeul i maTganisTvis damoukidebl ad (nax. 19). am dros gamoiyeneba damxmare wyaroebis meTodi.



nax. 19. damxmare wyaroebi

TiToeul damxmare segmentze vaTavsebT M^{aux} wrfiv damxmare wyaros. TiToeul i damxmare wyaro Sedgeba Tanabrad

დამუხტული ზოლისაგან, რომელიც სეგმენტის სიგრძისაა. თითოეული დამხმარე წყაროსათვის ვაგენირებთ შესაბამის ხაზს მართული ზედაპირზე. ასეთი ხაზების რაოდენობა თლია დამხმარე წყაროების რაოდენობისა. m -ური მართული სეგმენტის პოტენციალი განისაზრვება შემდეგი ფორმულით:

$$j_m(x, y) = \sum_{n=1}^{M_{\text{aux}}} q_n^m j_n^m(x, y) \quad (2.3.25)$$

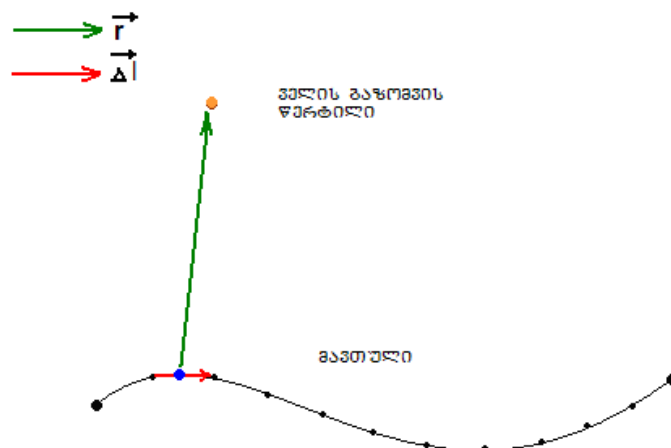
სადაც, q_n^m არის მუხტი n დამხმარე წყაროსი, რომელიც ასოცირებულია m მართული სეგმენტთან. $j_n^m(x, y)$ არის დამხმარე წყაროს პოტენციალი [21].

ეკსპერტული სისტემის გატვიჩების მოდული სკიდევერტ-ერტი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია მანტიური ველების გამოტვიჩის სივრცის მოცემული ვერტილი.

მანტიური ველების გატვიჩისათვის გამოიყენება ბიოტ-სავარის მეთოდი [22].

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \sum \frac{\Delta \vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2.3.29)$$

სადაც, I არის მაქსიმალური დენი მართული სეგმენტის კვეთისა, $\Delta \vec{l}$ ვექტორი, რომელიც ყოველ მართული სეგმენტის, \vec{r} არის ვექტორი მართული სეგმენტის ცენტრიდან იმ ვერტილამდე სადაც ველების მანტიური ველების (max. 20).



ნახ. 20. მანტიური ველების გამოტვიჩისათვის

2.4 daskvna meore Tavis Sesaxeb

1. SemuSavebul i iqna saprobl emo aris model i, romel ic aRwers satransporto saSual ebis el eqtrul sistemas. es model i aRwers, erTis mxriv, TviT komponenteb, da maT Soris el eqtrul kavSirebs, xol o, meores mxriv, maT ganl agebas sivrceSi da daj gufebas funqional uri daniSnul ebis mixedviT. igi saSual ebas iZl eva, swrafad da efeqturad moxdes rogorc yvel a saxis monacemis mopoveba satransporto saSual ebis el eqtrul sistemaze, aseve didi Zal isxmevis gareSe ganxorciel des masSi cvl il bebi.

2. SemuSavebul i iqna codnis warmodgenisa da gadawyveti- l ebis miRebis meTodebi, roml ebic damyarebul ia freimebis, produqciebisa da predikatebis gamoyenebaze.

3. SemuSavebul i iqna meTodebi, roml ebic saSual ebas iZl eva movaxdinoT el eqtromagnituri urTierTqmedebis model i- reba el eqtroatatikuri da el eqtrodinamikuri gaTvl ebis saSual ebiT, roml ebic Tavis mxriv momentebis meTods da damxmare wyaroebis meTods eyrdnobi an.

3 eqspertul i sistemis sainJinro real izacia

3.1 eqspertul i sistemis Semadgenel i modul ebi da maT Sor is kavSi rebi

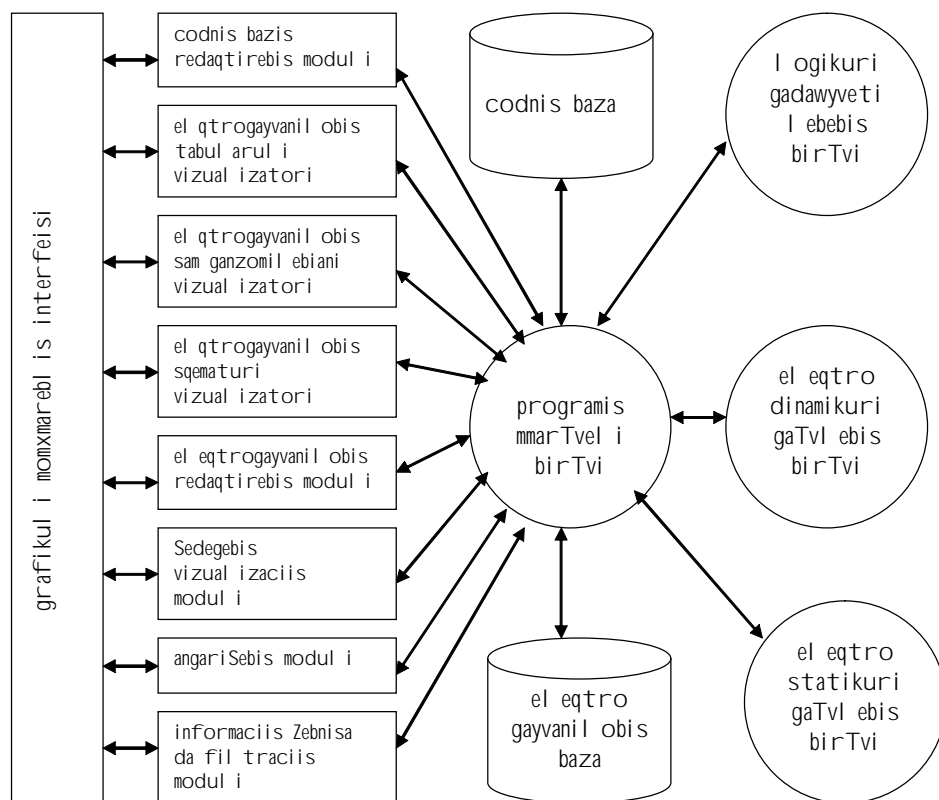
satransporto saSual ebebSi el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostikisa da anal izis eqspertul i sitema warmoadgens rTul programul kompl eqss, romel ic damuSavebul ia obieqtze orientirebul i teqnologiis gamoyenebiT [23]. igi Sedgeba mraval i modul isagan, rogoricaa: satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemebis monacemTa baza, eqspertul i codnis baza, el eqtrul i sistemis Semadgenel i komponentebis momxmarebl isTvis cxril uri saxiT warmodgenis modul i, interfeisebi sxvadasxva komponentebis warmodgenisa da modifizirebisatvis, samganzomil ebiani vizual izatori, sqematuri vizual izatori, wesebis redaqtirebis modul i, interfeisebi codnis bazasTan muSaobisatvis, logikuri gadawyvetil ebebis birTvi, cvl il ebaTa istoriis modul i, triangul irebul badeebTan muSaobis modul i, logikuri gadawyvetil ebebis birTvi, Sedegebis post-procesori, angariSebis formirebis modul i da programis central uri marTvis modul i.

TiToeul i zemoT arweril i modul i warmoadgens rTul kl asebis struqturas. maTSi real izebel ia sxvadasxva al goritmebi da gamoiyeneba iseTi bibliotekebi, rogoricaa **OpenGL**, **CLIPS**, **LibXML**. programis zogadi struqtura mocemul ia nax. 21.-ze.

zogadad, programis modul ebis daniSnul eba da maTierTkavSiri SeiZl eba Semdegi saxiT warmovidginot:

programis mTavari birTvi aris central uri marTvis modul i, igi koordinacias uwevs yvel a sxva modul is muSaobas da warmoadgens programis Semkvrel ZiriTad ConCxs. satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis kompiuterul i model i real izebel ia gayvanil obis monacemTa bazis saxiT, masSi inaxeba

el eqtrogayvanil obis srul i arwera. arsanisnavia, rom erTdroul ad programaSi SesaZl ebel ia CaitvirTos ramdenime gayvanil obis model i, SesaZl ebel ia komponentebis gadatana erTi model idan meoreSi. realizebul ia informaciis Zebnis al goritmebi. gayvanil obis bazaSi informaciis Semotana xorciel deba XML da ASC formatis mqone fail ebidan [24]. bazas gaaCnia rel aciuri da obieqtze orientirebul i struqtura [23][25][26].



nax. 21. programis zogadi struqtura

satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis model i eqspertul i sistemis momxmarebel s waredgineba sami sxvadasxva saxiT: cxril urad, sam ganzomil ebaSi da sqematurad.

gayvanil obis monacemTa bazaSi arsebul i informaciis momxmarebl isaTvis cxril uri saxiT warmodgenas uzrunvel yofs

cxრილ ური უარმოდგენის მოდული. ელ ეკრულ ი სისტემის შემადგენელ ტიტოეული ტიპის კომპონენტის შესაბამება ტიტო ცხრილი. ესენია: მოდულები, ობიექტები, მოდულები, კონექტორები, მავტულები, მრავალგულიანი მავტულები, ტერმინალები, კონტაქტის ტერმინალები, კონტაქტის შემამუშავებლები, კონტაქტის სარკველები, დამხმარე კომპონენტები, დამატებითი კომპონენტები, ფიქსატორები, ანაკრები კომპონენტები, მავტულის დაცვები, სეგმენტები, კვანძები, მანტიური ველის მზომები, ტრიანგულირებული ბადეები, ანტენები, კონტაქტები, კვლის კლასები. ტიტოეული ცხრილი განთავსებულია ტიტო გვერდზე. ცხრილის ტიტო სვეტი შესაბამება შესაბამისი ტიპის კომპონენტის ტიტო პარამეტრს. შესაზღვრულია ცხრილებში ინფორმაციის ზედა სვადასხვა პარამეტრების ან მათი კომბინაციის მიხედვით. შესაზღვრულია ინფორმაციის სორტირება სვადასხვა სვეტების მიხედვით როგორც ზრდადობით, ასევე კლებადობით. შესაზღვრულია გამოცნობის მოდულიანი მონიტორინგის ხაზები. აგრეთვე შესაზღვრულია კავშირების დადგენის კომპონენტების სორის მაგალითად, მოხმარებელს შეუძლია მონიტორინგის მავტულები, აირჩიოს მენიუს შესაბამისი პუნქტი და მოზებნოს ამ მავტულების შესაბამის კონექტორები და ა.შ.

ტიტოეული ტიპის კომპონენტის პარამეტრების მოდიფიცირებისათვის და მათი განხილვისათვის დამუშავებულია დიალოგური ფანჯრები. მოხმარებელს შეუძლია მონიტორინგის კომპონენტი და შესაბამისი დიალოგური ფანჯრის სასუალებით მოდიფიკაცია გაუკეთოს მის პარამეტრებს.

ელ ეკრულ ი სისტემის მოხმარებლისათვის უარმოდგენის კიდევ ერთი სასუალებაა მისი სამგანზომილებიანი ვიზუალიზაცია, რომელსაც უზრუნველყოფს სამგანზომილებიანი ვიზუალიზაციის მოდული. იგი **OpenGL** ბიბლიოთეკის გამოყენებით იკანონალიზებულია [27][28]. ვიზუალიზატორის სასუალებით მოხმარებელს უარედგინება სატრანსპორტო სასუალების რეალური მოდელი, შესაზღვრულია მისი შემოღობვა სვადასხვა კუთხით, მიახლოება და დასწობვა, კვეთის სიბრტყეებით მანიპულირება და ა.შ. აგრეთვე მასში შესაზღვრულია კომპონენტების მონიტორინგის და იგივე ოპერაციების განხორციელება რაც ცხრილ ური უარმოდგენის მოდულიდანაა შესაზღვრული.

damatebiT moxerxebul saSual ebas warmoadgens gayvanil obis sqematuri vizual izacia, romelic realizebul ia sqematuri warmodgenis modul is saSual ebiT. SesaZl ebel ia sqemis mi axl oeba-daSoreba, masSi komponentebis moniSvna da igive moqmedebebis ganxorciel eba, rac cxril uri da samganzomil ebiani vizual izaciis modul ebidanaa SesaZl ebel i.

amrigad, cxril uri, samganzomil ebiani da sqematuri vizual izaciis modul ebi saSual ebas aZl even momxmarebel s mosaxerxebeli formiT ganxil os da redaqtireba gaukeTos satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis model s.

eqspertul sistemaSi satransporto saSual ebis Zara warmodgenilia triangul irebul i badis, e.w. meSis saSual ebiT. meSebTan muSaoba uzrunvel yofil ia special uri modul is saSual ebiT. igi uzrunvel yofs triangul irebul i badeebis imports NAS da STL fail ebidan [16][29]. uzrunvel yofs samkuTxedebze Tvi sebebis miniWebas da a.S.

eqspertis codnis warmodgena realizebul ia codnis bazis saxiT. TviT codna warmodgenilia **CLIPS**_is enaze Cawerili wesebis sSual ebiT [30][31]. codnis bazaSi realizebul ia wesebis daj gufebis da Zebnis al goriTmebi. codnis baza dayofil ia or nawil ad: bibli oTekad, romel Sic wesebi inaxeba mudmivad, da proeqtul nawil ad. proeqtul nawil Si ganTavsebul i wesebi inaxeba proeqtTan erTad, SesaZl ebel ia bibli oTekasa da proeqts Soris wesebis ormxrivi gacvla. amisaTvis SemuSavebul ia special uri interfeisebi.

wesebis Seqmna da codnis bazaSi Senaxva xorciel deba wesebis redaqtirebis modul is meSveobiT. igi warmoadgens teqstur redaqtors da gaaCnia damxmare saSual ebebi, romelic uadvil ebs momxmarebel s **CLIPS**-is enaze Caweros wesebis logika. es damxmare saSual ebebia sintaqsis Seferadeba, frCxil ebis gamoyofa, bl okebis gamoyofa da xe_asistansi. asistansSi mocemul ia yvel a obieqti da funqcia, romelic SesaZl ebel ia

gamoyenebul iqnas wesSi. aseve Sesazl ebel ia daxmarebis gamozaxeba TiToeul i funqciis Sesaxeb.

I ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis uzrunvel yofis modul is daniSnul ebaa gayvanil obis bazaSi arsebul i informaciis safuZvel ze moaxdinis faqtebis formireba, codnis bazidan aiRos wesebi, gadasces isini I ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis da aamuSaos igi.

I ogikuri birTvi arsebul faqtebze dayrdnobiT axorciel ebs wesebSi gansazRvrul moqmedebes da aformirebs fail s, romel sac SemdgomSi iyenebs post-procesori, raTa Sedegebi warudginos eqspertul i sistemis momxmarebel s da ganaxorciel os cvl il ebebi satransprto saSual ebis el eqtrul sistemaSi. I ogikuri daskvnebis birTvi realizebul ia **CLIPS** bibli oTekis gamoyenebi T.

post-procesoris daniSnul ebaa I ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis Sedegebi warudginos momxmarebel s da ganaxorciel os cvl il ebebi el eqtrogayvanil obis bazaSi. Sedegebi momxmarebel s waredgineba cxril ebisa da grafikebis saxiT.

istoriis Senaxvis modul i uzrunvel yofs proeqtis arsebul i mdgomareobis damaxsovrebis wesebis Sesrul ebaze gaSvebis yovel i sesiis win. igi saSual ebas iZl eva aRdges proeqti nebismier etapze arsebul mdgomareobaSi.

angariSebis generirebis modul i saSual ebas iZl eva formirebul i iqnes Semdegi saxis angariSebi Excel-Si: cxril ebi, detal uri informacia, jamuri informacia, informacia komponentebis gamoyenebaze (**BOM**), angariSi proeqtis Sesaxeb.

amrigad, sistema realizebul ia erTmaneTTan dakavSirebul i sxvadasxva modul ebis saxiT, romel Tagan TiToeul s gaaCnia mkveTrad gansazRvrul i funqcia. sistemis muSaoba uzrunvel - yofil ia maTi muSaobis koordinaci iT da maT Soris informaciis gacvl iT.

3.2 სატრანსპორტო სასაუბრის ელექტრონიკის სისტემის მონაცემთა ბაზის რეალიზაცია

სატრანსპორტო სასაუბრის ელექტრონიკის სისტემები მეთადრტულია და მოიცავენ დიდი რაოდენობით კომპონენტებს, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენენ კომპლექსურ მოწყობილობებს მრავალი მაქსიატების ტიპის ელექტრონიკის ინფორმაციული მოდელი. შემოსაზრებით იყნა ფირმა VDA-ს მიერ შემუშავებული KBL სტანდარტზე დაყრდნობით [10]. ეს არის სტანდარტი, რომელიც გამოიყენება გერმანიის ავტომობილების მიერ ელექტრონიკის სისტემების შესახებ ინფორმაციის გაცემის აღმისრულებლად მიზნით, რომელიც გარკვეულია ევროპის უმსხვილეს საავტომობილო საწარმოებს შორის და აღიარებულია სატრანსპორტო სასაუბრის ელექტრონიკის სისტემების უნდა არის, რომ ეს სტანდარტი აღიარებულია ელექტრონიკის მხოლოდ ტოპოლოგიის, ამიტომ აგრეთვე შემოსაზრებით იყნა დამატებითი პარამეტრები ელექტრონიკის მაქსიატების აღსაწერად.

შემოთავაზებულია კომპონენტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ სატრანსპორტო სასაუბრის ელექტრონიკის სისტემას და რომლებიც აღიარებულია KBL სტანდარტით. ელექტრონიკის სისტემის აღიარების შედეგად გამოყოფილი რამდენიმე პირდაპირი შემადგენელი ნაწილი:

1. კომპონენტების საერთო ატრიბუტები და მაქსიატების აღიარებულია ელექტრონიკის შემადგენელი კომპონენტების ის მაქსიატები, რომლებიც საერთოა ყველა სათვის.
2. ელექტრონიკის მოდული - აღიარებულია ელექტრონიკის, როგორც ობიექტის მაქსიატების და აგრეთვე ის მოდული, რომელიც ადამიანის დაყოფილია.
3. კომპონენტები - აღიარებულია ელექტრონიკის შემადგენელი კომპონენტები: მართლები, კონექტორები, ტერმინლები და ა.შ.
4. კავშირები - აღიარებულია კომპონენტებს შორის ელექტრონიკის კავშირებს.

5. komponentTa gamoyeneba – aRwers Tu romel i komponenti sad da rogor aris gamoyenebul i gayvanil obaSi.
6. topol ogia _ aRwers komponentebis ganl agebas sivrcesi. magal iTad, mavTul ebis gayvanis gzebs, koneqtorebis mdebareobas da a.S.
7. damxmare saSual ebebi – damatebiTi saSual ebebi, roml ebic gamoiyeneba ZiriTadi informaciis warmosadgenad. magal iTad, bispl ain mrudebi, ganzomil ebebi da a.S.

rogorc zemoT iyo aRniSnul i, mocemul i aRweris safuZvel ze SesaZl ebel ia satransporto saSual ebis el eqtrul i mowyobil obis mxol od topol ogiuri model is Seqmna. amitom igi ar aris sakmarisi. mis safuZvel ze eqspertul i sistema sakvl evi obieqtis mxol od topol ogiur probl emebs da EMC probl emebis umcires nawil s aRmoaCenda. vinaidan sistemis ZiriTadi daniSnul ebaa el eqtrogayvanil obis el eqtromagnituri Tavsebado bis Seswavl a, aucil ebel i gaxda damatebiTi parametrebis SemoReba, roml ebic aRweren komponentebis el eqtromagnitur maxasiaTebel ebs.

standartSi aRweril TiToeul i komponenti sistemaSi ral izebul ia konkretul i kl asis saxiT.

mokl ed ganvixil oT standartSi aRweril i obieqtebi da maTi maxasiaTebel ebi:

komponentebis saerto attributebi da maxasiaTebel ebi:

“sxva komponenti” (**Alias Part**) – aris meqanizmi, romel ic komponentTan asociacias ukeTebis sxva komponentis nomers (**Part Number**), romel ic gamoiyeneba sxva kompaniaSi. misi parametrebis: kompaniis dasaxel eba, komponenti da komponentis nomeri.

“damtkiceba” (**Approval**) _ amtkicebs im komponentebis da modul ebis xarisxs, romel sac igi Seexeba. misi parametrebis: TariRi, ganyofil eba, saxel i, tipi da damtkicebis obieqti.

“cvl il eba” (**Change**) _ aris meqanizmi, romel ic saSual ebas gvaZl evs davafiqsiroT cvl il ebebi konstruqciaSi. misi parametrebis: damamtkicebel i ganyofil eba, damamtkicebl is

saxel i, cvl il ebis TariRi, cvl il ebis moTxovna, aRwera, dizainis ganyofil eba, komponenti, inJinris saxel i.

“Seqmna” (Creation) – modul s an gayvanil obas aniWebs informacias Seqmnis Sesaxeb. misi paramatrebia: TariRi, ganyofil eba, komponenti, dasaxel eba.

“gare mimarTvebi” (External References) – aris meqanizmi, romelic saSual ebas izI eva komponentTan davakavSirot is dokumentebi, romlebic mas Seexeba. misi parametrebia: dokumentis versia, sistema romel zedac Seqmnilia dokumenti, monacemTa formati, dokumentis nomeri, dokumentis tipi, failis saxel i, dokumentis mdebareoba.

“damontaJebis instruqcia” (Installation Instruction) – aRwers komponentis damontaJebis meTodebs. misi parametrebia: montaJis tipi, montaJis mniSvneloba.

“masal a” (Material) – masal a, romlisganac komponentia Seqmnili. misi parametrebia: masalis kodi, masalis kodis gansazRvris sistema.

“komponenti” (Part) – warmoadgens im saerTo nawils, romelic yvela konkretuli saxis komponents (koneqtors, mavTuls da a.S.) gaaCnia. misi parametrebia: mokle dasaxel eba, saavtoro ufl eba, dasrul ebul obis xarisxi, aRwera, informacia cvl il ebebeze, dakavSirebuli dokumentebi, masa, informacia masalaze, komponentis nomeri, wina komponentis nomeri, informacia damuSavebaze, versia.

“komponenti dasaTaurebiT” (Part with Title Block) – aris meqanizmi, romelic aniWebs damatebiT informacias gayvanil obas an modul s. misi parametrebia: kl asifikaciis me-2 done, kl asifikaciis me-3 done, kl asifikaciis me-4 done, kompaniis dasaxel eba, samodel oweli, proeqtis nomeri.

“damuSavebis instruqcia” (Processing Instruction) – aRwers meTodebs romlebic gamoiyeneba komponentis Sesaqmnelad. misi parametrebia: instruqciis tipi, instruqciis mniSvneloba.

“mavTul is sigrZe” (Wire Length) – mavTul is sigrZe aris meqanizmi, romel ic gansazRvravs mavTul is sigrZes sigrZis tipTan erTad. misi parametrebia: tipi, mniSvnel oba.

gayvanil oba da modul ebi:

“gayvanil oba” (Harness) – gayvanil oba aris awyobil i komponentebis erTobl ioba, roml ebic qmnian satransporto saSual ebis el eqtrul sistemas. igi dasaTaurebis mqone komponentis tipisaa da “komponenti dasaTaurebiT”-Si aRweril i parametrebis garda gaaCnia parametri _ Sinaarsi.

“gayvanil obis konfiguracia” (Harness Configuration) – aris gayvanil obis varianti. misi parametrebia: l ogistikuri informacia, Semadgenel i modul ebi, mis mier gansazRvrul i gayvanil obis identifikatori.

“gayvanil obis komponenti” (Harness Part) – gayvanil oba, romel ic SeiZl eba iqnes SekveTil i. igi aris komponentis tipis da “komponentSi” gansazRvrul i parametrebis garda gaaCnia parametri _ konfiguracia.

“modul i” (Module) – modul i aris gayvanil obis nawil i, romel sac gaaCnia funqcional uri daniSnul eba. igi aris “komponenti dasaTaurebiT” tipis da garda parametrebisa, roml ebic gansazRvrul ia “komponenti dasaTaurebiT”-Si, gaaCnia Semdegi parametrebis: konfiguracia, Sinaarsi, modul Ta oj axis identifikatori romel sac igi ekuTvnis, gayvanil obis identifi- katori romel sac igi ekuTvnis.

“modul is konfiguracia” (Module Configuration) – aris komponentebis erTobl ioba, roml ebic qmnian modul s da aqvT gansazRvrul i funqcional uri daniSnul eba gayvanil obaSi. misi parametrebia: konfiguraciis tipi, masSi Semaval i komponentebi, l ogistikuri kontrol is informacia.

“modul ebis oj axi” (Module Family) – aris meqanizmi, romel ic aj gufebs modul ebs. misi parametrebia: identifikatori, aRwera.

komponentebi:

“damxmare komponenti” (**Accessory**) – damxmare komponenti aris nebismieri komponenti, romelic Tan erTvis koneqtors da exmareba gayvanil obas Tavisi funqciis Sesrul ebaSi. igi aris “komponentis” tipis da masSi gansazRvrul i parametrebis garda aqvs parametri _ damxmare mowyobil obis tipi.

“anakrebi komponenti” (**Assembly Part**) – anakrebi komponenti aris komponenti, romelic awyobil ia sxva komponentebisagan. igi aris “komponentis” tipis da damatebiT gaaCnia parametri _ komponentis tipi.

“kontaqtis sarqveli” (**Cavity Plug**) – kontaqtis sarqveli aris wyal gaumtari arael eqtruli komponenti, romelic faravs Tavisufal kontaqtis. igi aris “komponentis” tipis da damatebiT gaaCnia Semdegi parametrebi: feri da sarqvelis tipi.

“kontaqtis Semamwidrovebeli” (**Cavity Seal**) – kontaqtis Semamwidrovebeli aris wyal gaumtari arael eqtruli mowyobil oba, romelic faravs ara Tavisufal kontaqtis. igi aris “komponentis” tipis da damatebiT gaaCnia Semdegi parametrebi: feri, Semamwidrovebelis tipi, mavTulis zoma.

“damatebiTi komponenti” (**Co Pack Part**) _ damatebiTi komponenti aris mowyobil oba, romelic Tan mohyveba gayvanil obas da ar gaaCnia el eqtruli kavSiri. igi aris “komponentis” tipis da damatebiT gaaCnia parametri _ komponentis tipi.

“koneqtoris korpusi” (**Connector Housing**) _ koneqtoris korpusi aris koneqtori Casmuli kontaqtetebis gareSe. igi aris “komponentis” tipis da gaaCnia damatebiTi parameterebi: korpusis kodi, korpusis feri, korpusis tipi.

“mavTulis guli” (**Core**) _ mavTulis guli aris mraval guliiani mavTulis Semadgeneli gamtari izolaciiT. misi parametrebia: moRunvis radiusi, mavTulis mimTitebeli, feri, kveTis farTobi, identifikatori, gare diametri.

“samagri” (**Fixing**) _ samagri aris komponenti romelic gamoiyeneba gayvanil obis dasamagrebl ad. igi aris “komponentis” tipis da gaaCnia damatebiTi parametri _ samagris tipi.

“terminal i” (General Terminal) _ terminal i aris mowyobil oba, romel ic magrdeba gamtaris bol oze, raTa Sewyvtos kontakti an miuertos sxva gamtars. igi aris “komponentis” tipis da gaaCnia Semdegi damatebiTi parametrebi: kveTis farTobi, gare diametri, dafarvis masal a, terminal is tipi.

“mavTul i” (General Wire) _ mavTul i aris fizikuri komponenti, romel ic qmnis SeerTebas. igi SeiZl eba iyos erT an mraVal guliani. igi aris “komponentis” tipis da gaaCnia Semdegi damatebiTi parametrebi: moRunvis radiusi, mavTul is mimTitebeli, feri, kveTis farTobi, gare diametri, mavTul is tipi.

“sl oti” (Slot) _ sl oti aris meqanizmi, romel ic aj gufebs kontaktebs koneqtoris korpusSi.

“mavTul is feri” (Wire Color) _ mavTul is feri aris meqanizmi, romel ic gansazRvrvs mavTul is fers feris tipTan erTad. misi parametrebia: feri, feris tipi.

“mavTul is dacva” (Wire Protection) _ mavTul is dacva aris meqanizmi, romel ic arwers mavTul ebis SefuTvas. igi aris “komponentis” tipis da gaaCnia damatebiTi parametrebi: tipi, tipze damokidebuli parametri.

kavSirebi:

“kontakti” (Cavity) _ kontakti aris Casmuli koneqtoris korpusSi da mas uertdeba mavTul i. misi parametrebia: dakavSirebuli komponentebi, identifikatori, koneqtoris identifikatori, pozicia mavTul ze, sl oti romel sac igi ekuTvnis.

“kavSiri” (Connection) _ kavSiri aris meqanizmi, romel ic gansazRvrvs el eqtrul kavSirs or kontaktis wertil s Soris. misi parametrebia: gayvanil obis identifikatori, identifikatori, dakavSirebuli kontaktebi, damontajebis informacia, Seqmnis informacia, signalis saxeli, mavTul is identifikatori.

“mavTul is gulis arseboba” (Core Occurrence) _ mavTul is gulis arseboba aris mavTul is gulis gamoyeneba mraVal gulian mavTul Si. misi parametrebia: mavTul is gulis komponenti,

mრავალგულიანი მავტულის გამოყენების იდენტიფიკატორი, მავტულის ნომერი.

“კომპონენტის შეცვლა” (**Part Substitution**) – კომპონენტის შეცვლა არის მექანიზმი, რომელიც არწერს კონტაქტის სარკველს შეცვლას ტერმინალზე. მისი პარამეტრებია: შესაცვლელი კომპონენტი, შემცვლელი კომპონენტი.

“მრავალგულიანი მავტულის არსებობა” (**Special Wire Occurrence**) – მრავალგულიანი მავტულის არსებობა არის მრავალგულიანი მავტულის გამოყენება მოდულში. იგი არის ზოგადი მავტულის არსებობის (განხილულია ზემოთ) ტიპის და დამატებით გაცნია პარამეტრები: მავტულის იდენტიფიკატორი, გულები.

“მავტულის არსებობა” (**Wire Occurrence**) – მავტულის არსებობა არის ერთგულიანი მავტულის გამოყენება მოდულში. იგი არის ზოგადი მავტულის არსებობის ტიპის და დამატებით გაცნია პარამეტრი – მავტულის ნომერი.

კომპონენტის გამოყენება:

“დამხმარე კომპონენტის არსებობა” (**Accessory Occurrence**) – დამხმარე კომპონენტის არსებობა არის დამხმარე კომპონენტის გამოყენება მოდულში. მისი პარამეტრებია: დამატებითი იდენტიფიკატორები, გაყვანილობის იდენტიფიკატორი, იდენტიფიკატორი, ინსტალაციის ინფორმაცია, კომპონენტი, მდებარეობა, ელემენტი – რომელიც იგია მიმაგრებული.

“დამხმარე კომპონენტის სპეციფიური არსებობა” (**Specified Accessory Occurrence**) – დამხმარე კომპონენტის სპეციფიური არსებობა არის მისი გამოყენება ანაკრებში. მისი პარამეტრებია: დავსირებული არსებობა, დავსირებული ანაკრები.

“ანაკრები კომპონენტის არსებობა” (**Assembly Part Occurrence**) – ანაკრები კომპონენტის არსებობა არის ანაკრები კომპონენტის გამოყენება მოდულში. მისი პარამეტრებია: დამატებითი იდენტიფიკატორები, გაყვანილობის იდენტიფიკატორი, იდენტიფიკატორი, ინსტალაციის ინფორმაცია, კომპონენტი, მდებარეობა.

“კონტაქტის სარკველის არსებობა” (**Cavity Plug Occurrence**) – კონტაქტის სარკველის არსებობა არის კონტაქტის სარკველის

gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: gayvanil obis identifikatori, komponenti.

“kontaktis sarqvel is specifiuri arseboba” (**Specified Cavity Plug Occurrence**) _ kontaktis sarqvel is specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“kontaktis SemamWidrovebl is arseboba” (**Cavity Seal Occurrence**) _ kontaktis SemamWidrovebl is arseboba aris kontaktis SemamWidrovebel is gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: gayvanil obis identifikatori, komponenti.

“kontaktis SemamWidrovebl is specifiuri arseboba” (**Specified Cavity Plug Occurrence**) _ kontaktis SemamWidrovebl is specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“damatebiTi komponentis arseboba” (**Co Pack Occurrence**) _ damatebiTi komponentis arseboba aris damatebiTi komponentis gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: gayvanil obis identifikatori, identifikatori, instal aciis informacia, komponenti.

“damatebiTi komponentis specifiuri arseboba” (**Specified Co Pack Occurrence**) _ damatebiTi komponentis specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“koneqtoris arseboba” (**Connector Occurrence**) _ koneqtoris arseboba aris koneqtoris korpusis gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: damatebiTi identifikatorebi, gayvanil obis identifikatori, identifikatori, instal aciis informacia, komponenti, mdebareoba, gamoyeneba.

“koneqtoris specifiuri arseboba” (**Specified Connector Occurrence**) _ koneqtoris specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“samagris arseboba” (**Fixing Occurrence**) _ samagris arseboba aris samagris gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: damatebiTi identifikatorebi, gayvanil obis identifikatori, identifikatori, instal aciis informacia, komponenti, mdebareoba, gamoyeneba.

“samagris specifiuri arseboba” (**Specified Fixing Occurrence**) _ samagris specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“zogadi mavTul is arseboba” (**General Wire Occurrence**) _ zogadi mavTul is arseboba aris mraval gul iani an erTgul iani mavTul is gamoyeneba gayvanil obaSi. misi parametrebia: gayvanil obis identifikatori, instal aciis informacia, sigrZe, mavTul is komponenti.

“special uri terminal is arseboba” (**Special Terminal Occurrence**) _ special uri terminal is arseboba aris terminal is gamoyeneba modul Si identifikatoriT. misi parametrebia: damatebiTi identifikatorebi, gayvanil obis identifikatori, identifikatori, instal aciis informacia, komponenti, mdebareoba.

“special uri terminal is specifiuri arseboba” (**Specified Special Terminal Occurrence**) _ special uri terminal is specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“terminal is arseboba” (**Terminal Occurrence**) _ terminal is arseboba aris terminal is gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: damatebiTi identifikatorebi, gayvanil obis identifikatori, identifikatori, instal aciis informacia, komponenti, mdebareoba.

“terminal is specifiuri arseboba” (**Specified Terminal Occurrence**) _ terminal is specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“mavTul is dacvis arseboba” (**Wire Protection Occurrence**) _ mavTul is dacvis arseboba aris mavTul is dacvis gamoyeneba modul Si. misi parametrebia: damatebiTi identifikatorebi,

gayvanil obis identifikatori, identifikatori, dacvis sigrZe, instal aciis informacia, komponenti.

“mavTul is dacvis specifiuri arseboba” (**Specified Wire Protection Occurrence**) _ mavTul is dacvis specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

“mavTul is specifiuri arseboba” (**Specified Wire Occurrence**) _ mavTul is specifiuri arseboba aris misi gamoyeneba anakrebSi. misi parametrebia: dakavSirebul i arseboba, dakavSirebul i anakrebi.

topologia:

“samagris miniWeba” (**Fixing Assignment**) _ samagris miniWeba amyarebs kavSirs samagris arsebobasa da segments (aRwerilia qvemoT) Soris. misi parametrebia: samagris arsebobis identifikatori, segmentis identifikatori, mdebareoba, orientacia.

“kvanZi” (**Node**) _ kvanZi warmoadgens segmentis bol os an sxva komponentis mdebareobis ganmsazRvrel sayrdens. misi parametrebia: koordinatebi, identifikatori, damuSavebis informacia, masze dayrdnobil i komponentebi.

“dacvis are” (**Protection Area**) _ dacvis are aris meqanizmi, romelic gansazRvraS mavTul is dacvis arsebobiT dafarul segmentis zedapirs. misi parametrebia: mavTul is dacvis arsebobis identifikatori, segmentis identifikatori, damuSavebis informacia, sawyisi pozicia, sabol oo pozicia, dafenis mimarTul eba, gradienti.

“gayvanis traektoria” (**Routing**) _ gayvanis traektoria gansazRvraS mavTul is gzas segmentebSi. misi parametrebia: mavTul is identifikatori, segmentebis sia.

“segmenti” (**Segment**) _ segmenti aris virtual uri traektoriis monakveTi sivrcesi romel sic gadis el eqtrul i kavSirebi. misi parametrebia: identifikatori, central uri mrudi,

sawyisi kvanZi, sawyisi veqtori, sabol oo kvanZi, sabol oo veqtori., real uri sigrZe, warmosaxviTi sigrZe.

damxmare saSual ebebi:

“bi spl ainuri mrudi” (B_Spline Curve) _ parametrebia: sakontrol o wertil ebis sia, xarisxi.

“kartezianul i wertil i” (Cartesian Point) _ parametrebia: koordinatebi.

“ricxviTi mniSvnel oba” (Numerical Value) _ ricxviTi sididis da misi ganzomil ebis gaerTianeba. parametrebia: mniSvnel oba, ganzomil eba.

“transformacia” (Transformation) _ geometriul i transformacia. parametrebia: koordinatebi, mobranebis kuTxeebi.

“ganzomil eba” (Unit) _ parametrebia: prefiqsi SI sistemaSi, aRniSvna SI sistemaSi, aRniSvna ara SI sistemaSi.

“mniSvnel obaTa are” (Value Range) _ parametrebia: minimal uri mniSvnel oba, maqsimal uri mniSvnel oba, ganzomil eba.

Tu davakvirdebiT obieqtებს, რომლებიც არწერენ სატრანსპორტო საშუალებების ელემენტოვანი ობა, შესაძლებელია მათ სორის, ერთი მხრივ, რეაქიური, ხოლო, მეორე მხრივ, მემკვიდრეობითი კავშირების დადგენა. მაგალითად, ერთი მრავალთა რეაქიური კავშირები არსებობს კომპონენტებსა და მათ არსებობს სორის, ვინაიდან ერთი და იგივე კომპონენტი მრავალჯერ გამოიყენება ელემენტოვანი ობაში. მეორე მხრივ, მემკვიდრული კავშირი არსებობს ზოგად კომპონენტსა და კონკრეტულ კომპონენტებს სორის.

ელემენტოვანი ობის მოდელირებისათვის გამოიყენება ობიექტ-ორიენტირებული პროექტირება [23][25]. ზემოთ არწერილი ტიტოული კომპონენტი არწეროთ შესაბამისი კლასით. კლასებს სორის არსებობს შემდეგი სახის დამოკიდებულებები: ასოციაციური (რეაქიური), მემკვიდრეობითი, აგრეგაცია, გამოყენებითი, ინსტანცირება. ეს დამოკიდებულებები კლასებს სორის საკმარისია ელემენტოვანი ობის მოდელირებისათვის. სტანდარტში არწერილი ტიტოული ობიექტს უარყოფით კლასის სახით და მათ სორის ვამყარებთ მემკვიდრეობით, ასოციაციურ და აგრეგაციულ დამოკიდებულებებს.

memkvidreobi Toba aris kl asebs Soris iseTi damokidebul eba, roca erTi kl asi imeorebs meoris qcevasa da struqturas [23]. rogorc zemoT moyvani l i obieqtebis aRweridan Cans, yvel a konkretul i komponenti aris zogadi komponentis tipis, e.i. gaaCnia zogadi komponentis yvel a Tviseba da damatebiT afarToebs mas sakuTari TvisebebiT. es aris memkvidreobiTi damokidebul ebis tipiuri magal iTi, amitom zogadi komponentisa da konkretul i komponentebis kl asebs Soris vamyarebT memkvidreobiT damokidebul ebas (nax. 22.).

rel aciuri kavSiri arsebobs komponentis kl asebsa da maT arsebobebs Soris. es kavSirebi ZiriTadad aris erTi mraVal Tan, Tumca gvXvdeba sxva tipis kavSirebic. magal iTad, erTi tipis mavTul i (komponenti "mavTul i") mraVal j er SeiZl eba iqnes gamoyenebul i ("mavTul is arseboba") gayvani l obaSi, amitom "mavTul sa" da "mavTul is arsebobaS" Soris aris rel aciuri kavSiri erTi mraVal Tan. "mavTul is arseboba" SeiZl eba ekuTvnodes ramdenime "modul s", aseve erT modul Si SeiZl eba iyos mraVal i "mavTul is arseboba", amitom "modul sa" da "mavTul is arsebobaS" Soris aris mraVal i mraVal Tan rel aciuri kavSiri. es msjel oba SeiZl eba gavavr cel oT sxva obieqtebzec.

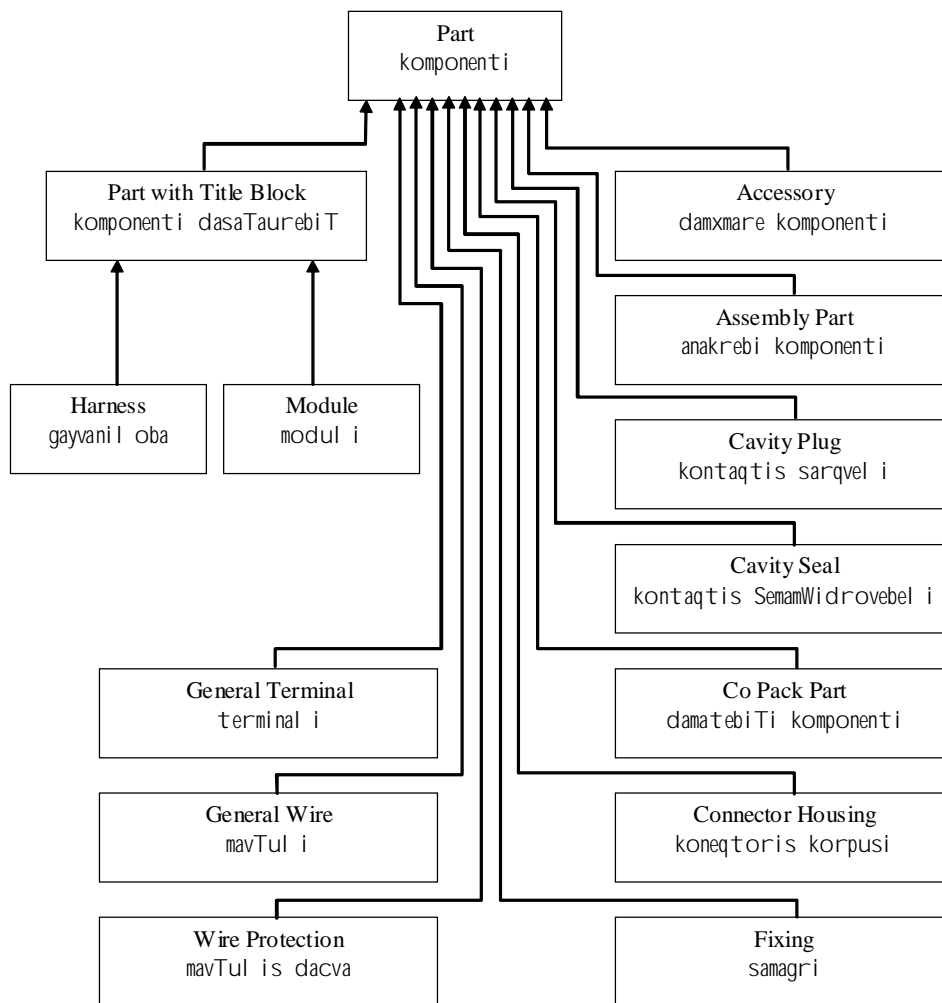
arsebul i rel aciebi SeiZl eba davyoT Semdeg nawil ebad:

1. kavSirebi komponentebsa da maT arsebobebs Soris (1-N).
2. kavSirebi komponentis arsebobebsa da modul is konfiguraciebs Soris (N-N).
3. kavSirebi komponentebis arsebobebs, komponentebis specifikur arsebobebs da anakrebi komponentebis arsebobebs Soris (1-N-1)
4. sxva rel aciuri kavSirebi.

nax. 23.-ze mocemul ia obieqtebs Soris rel aciuri kavSirebi. agregacia aris kl asebs Soris iseTi damokidebul eba, roca erTi kl asi Seicavs meores. Cvens SemTxvevaSi, magal iTad, "mraVal gul iani mavTul i" Seicavs "mraVal gul iani mavTul is gul ebs", "gayvani l oba" Seicavs yvel a komponentis "arsebobaS" da

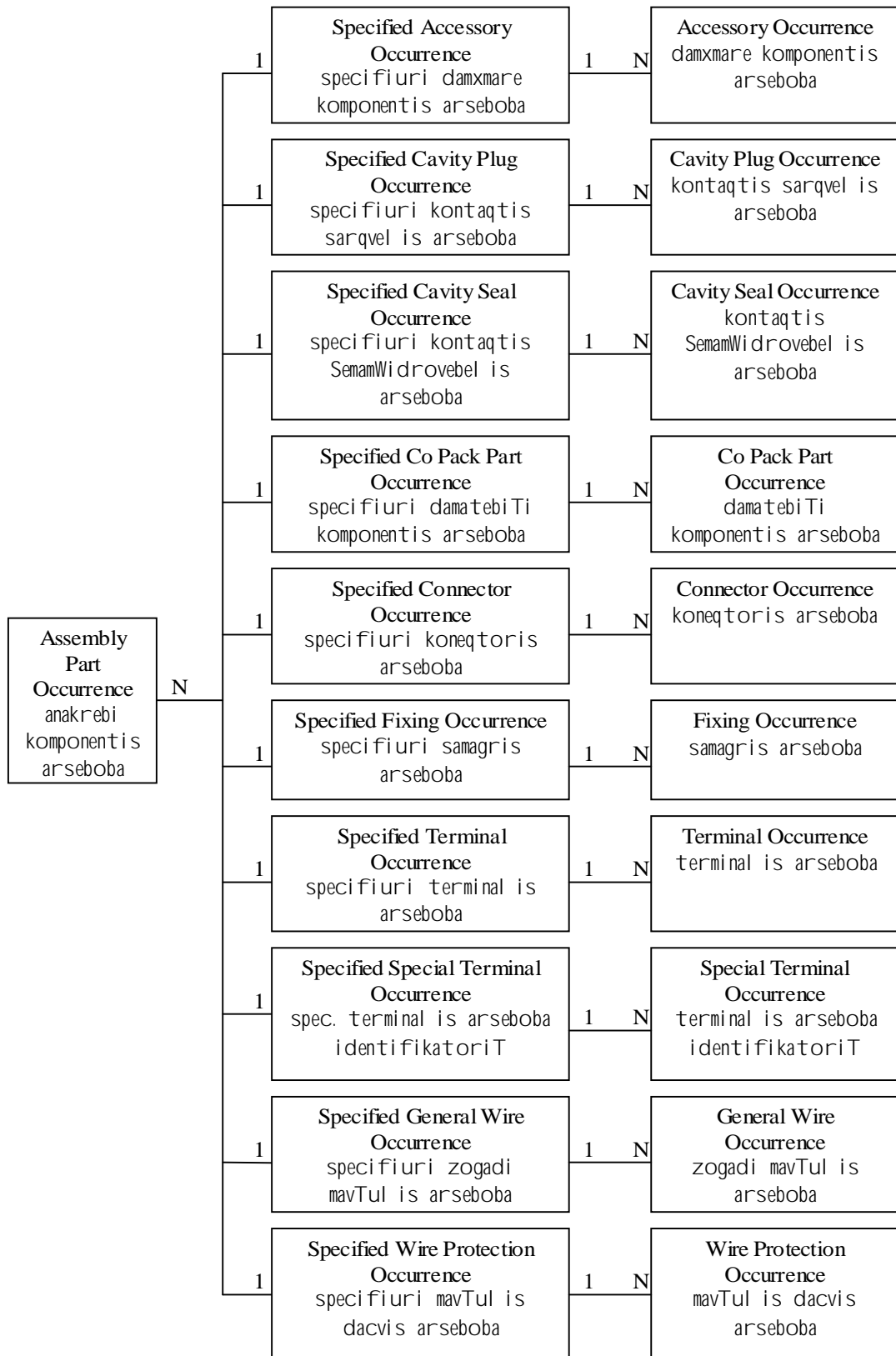
a.S. kl asebs Soris arsebul i ZiriTadi agregaciul i damokidebul ebibi mocemul ia nax. 24.-ze.

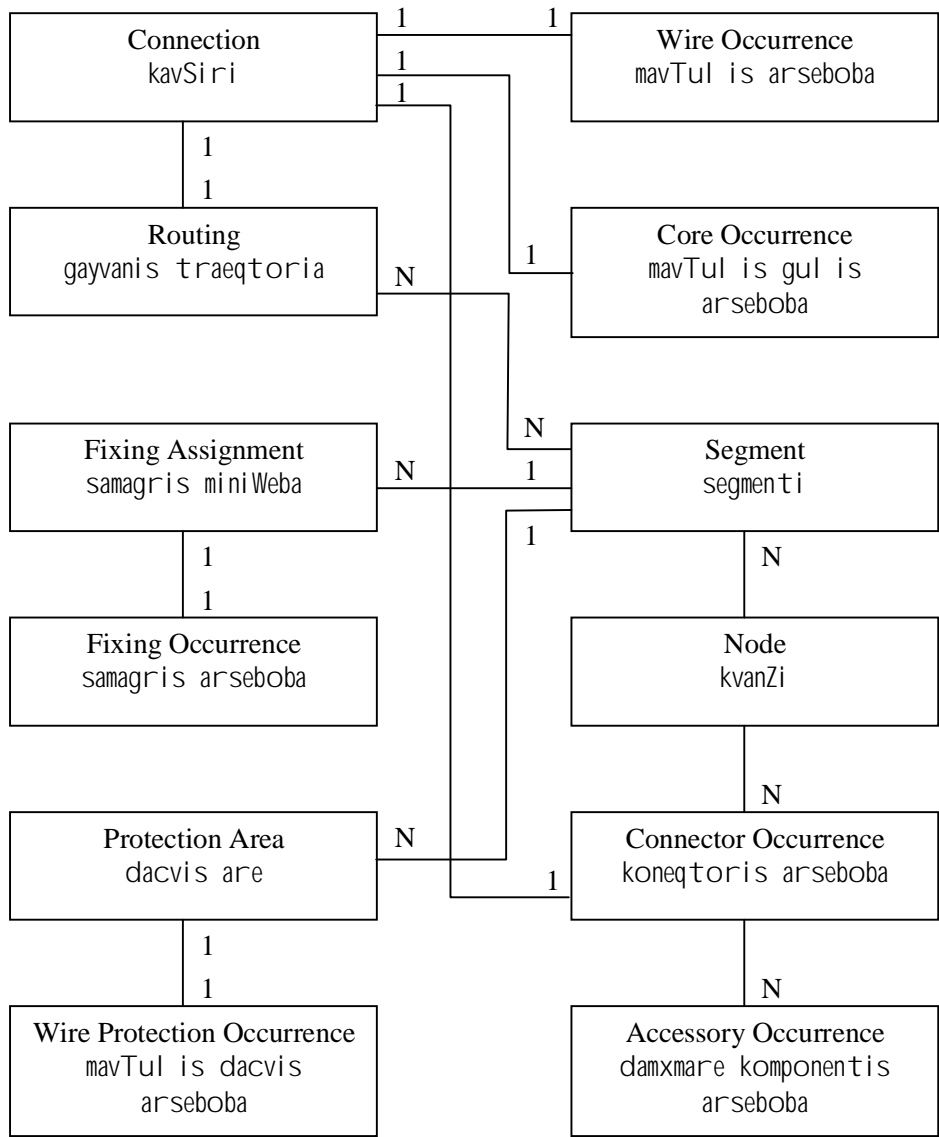
stransporto saSual ebis model Si, garda gayvaniI obisa, warmodgenil ia antenebi da Zaris triangul irebul i bade. isinic Sesabamisi kl asebiTaa real izebul i.



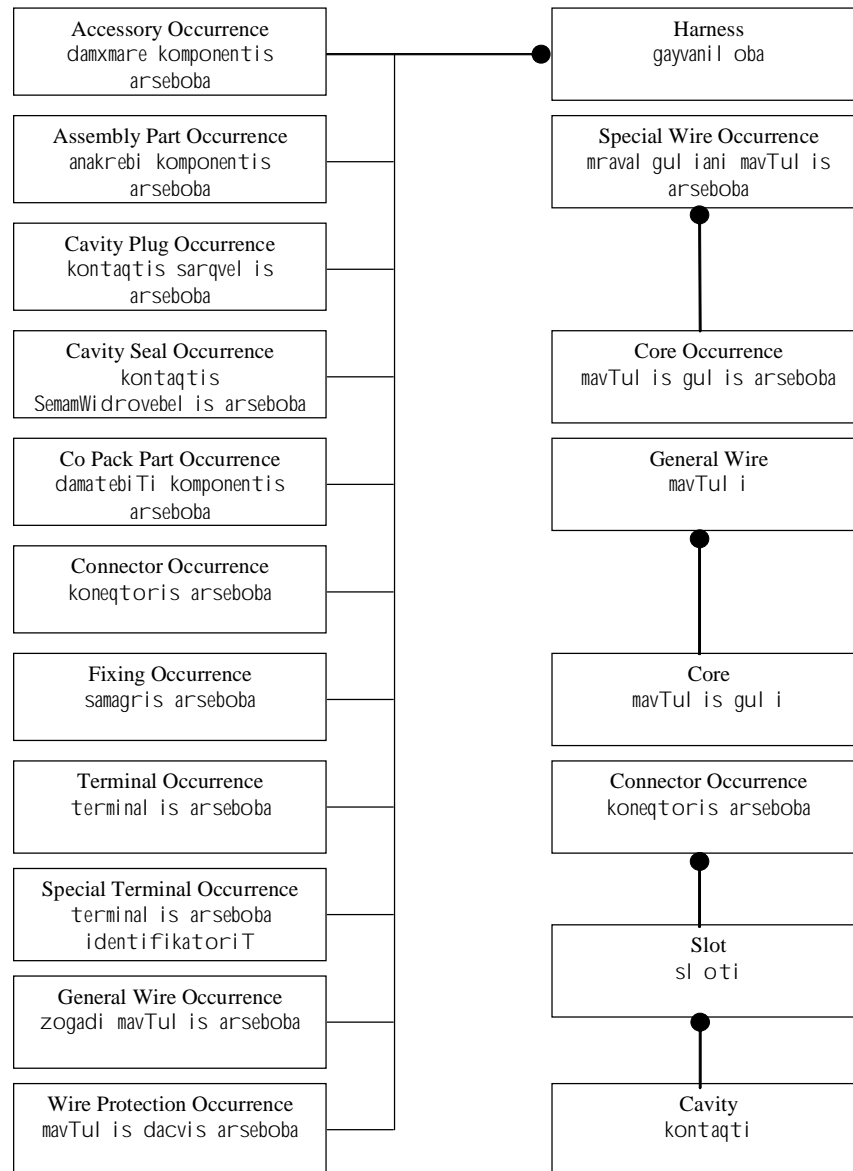
nax. 22. komponentebis kl asebis ierarqia

Accessory Occurrence damxmare komponentis arseboba	N	1	Accessory damxmare komponenti
Assembly Part Occurrence anakrebi komponentis arseboba	N	1	Assembly Part anakrebi komponenti
Cavity Plug Occurrence kontaqtis sarqvel is arseboba	N	1	Cavity Plug kontaqtis sarqvel i
Cavity Seal Occurrence kontaqtis SemamWidrovebel is arseboba	N	1	Cavity Seal kontaqtis SemamWidrovebel i
Co Pack Part Occurrence damatebiTi komponentis arseboba	N	1	Co Pack Part damatebiTi komponenti
Connector Occurrence koneqtoris arseboba	N	1	Connector Housing koneqtoris korpusi
Fixing Occurrence samagris arseboba	N	1	Fixing samagri
Terminal Occurrence terminal is arseboba	N	1	General Terminal terminal i
Special Terminal Occurrence terminal is arseboba identifikatoriT	N	1	General Wire mavTul i
General Wire Occurrence zogadi mavTul is arseboba	N	1	Wire Protection mavTul is dacva
Wire Protection Occurrence mavTul is dacvis arseboba	N	1	





nax. 23. rel aciuri kavSirebi komponentebis kl asebs Soris



ნახ. 24. კომპონენტების კლასების სორის აგრეგაციული დამოკიდებულება

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, **KBL** სტანდარტის შემდგენილ ტიტოულ ობიექტს შესაბამება კლასი, რომლის ატრიბუტებიც ზემოთ აღწერილი ობიექტების პარამეტრებია. აგრეთვე ნაცვინები იყო კლასების სორის არსებულის სხვადასხვა ტიპის დამოკიდებულებები და კავშირები. მაგრამ **KBL** სტანდარტი არ აღწერს ობიექტების ელემენტრულ მახასიათებლებს, ამიტომ, ზოგიერთი ობიექტის კლასის დამატებულის იყნა სპეციალური ატრიბუტები ელემენტრული მახასიათებლების აღსაწერად. ეს ატრიბუტებია:

“koneqtoris arseboba” _ zogadi kl asi, manZil i damiwe-
bamde, damiwebasTan SeerTebis done, infotainmenti, mosti.

“kontaqti” _ zogadi kl asi, qsel is identifikatori,
sayrdeni kontaqti, kontaqtis kl asifikacia, util izacia, tipiuri
winaRoba, tipiuri, minimal uri da maqsimal uri Zabva, tipiuri,
minimal uri da maqsimaul iri deni, daSl is Zabva, daSl is deni,
damcavi wredi, signal is kl asi, maqsimal uri sixSire, dakavebis
cikli is minmal uri da maqsimal uri mniSvnel obebi, gamosxivebis
Zabvis ampl ituda, zrda da dacema, gamosxivebis denis ampl ituda,
zrda da dacema, tevadoba, induqciuroba, winaRoba, done, manZil i
saTavemde.

“mavTul is arseboba”, “mavTul is gul is arseboba” _
zogadi kl asi, qvekl asi, signal is kl asi, mgrZnobiarobis kl asi,
gamosxivebis kl asi, sawyisi koneqtori, sabol oo koneqtori,
maqsimal uri sixSire, gadacemis minimal uri dro, winaRoba,
induqtiuroba, tipiuri, minimal uri da maqsimal uri Zabva,
tipiuri, minimal uri da maqsimaul iri deni, agreTve kontaqtis
yvel a atributi.

amrigad, monacemTa struqtura, romel ic damuSavebul i iqna
satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis kompiuterul i
model is Sesaqmnel ad, aris obieqtze orientirebul i da efuZneba
el eqtrogayvanil obis aRweris **KBL** standarts. kl asebs Soris
arsebobs memkvidreobiTi, asociaciuri (rel aciuri) da
agregaciul i damokidebul ebebi. model i optimal uria obieqtis
aRweris sizustiT, obieqtze nebismeri informaciis miRebis
siadvil iT da siswrafiT, resursebze minimal uri moTxovniT. igi
advil ad gamoyenebadia programaSi arsebul i sxvadasxva
funqcional obis uzrunvel sayofad: martivia axal i obieqtibis
damateba, arsebul is waSl a da modificireba, monacemTa Zebna da
fil tracia, obieqtebs Soris urTierTkavSiris gansazRvra,
mTI iani model is da misi nawil ebis samganzomil ebiani
vizual izacia da sqematuri warmodgena, faqtebis generacia
eqspertul i sistemis birTvisTvis.

3.3 eqspertul i sistemis birTvis real izacia

eqspertul sistemaSi mTavari adgili ukavia logikuri daskvnebis birTvis, radgan igi gansazRvavs, erTis mxriv, codnis bazis warmodegnis meTodebs (wesebis sintaqsi, wesebis Seqmnis logika da a.S.), xolo, meores mxriv, faqtebis formirebebis wessac.

zogadad rom iTqvas, logikuri daskvnebis birTvi warmoadgens interpretators, romelic interpretacias ukeTebis garkveul enaze Caweril wesebs da asrulebs garkveul moqmedebes maTi mixedvit.

arseobs codnis warmodgenis sxvadasxva enebi, romlebic gamoiyeneba eqspertul i sistemebis daskvnebis birTvebis Seqmnisas. magalitad: OPS5, ART, LISP da a.S. satransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis klevi eqspertul i sistemis logikuri daskvnebis birTvis SeqmnisaTvis arCeul iqna codnis warmodgenis ena CLIPS.

CLIPS aris codnis warmodgenis ena, romelic Semdegnairad isifreba: C Language Integrated Production System. igi SemuSavebul i NASA-s kosmosuri klevi centri 80-iani wl ebSi. misi interpretatori realizebul ia C daprogramebis enaze, rac imiT aris gamowveuli, rom misi integracia ufro advili xdeba sxvadasxva platformebsa da sxvadasxva daprogramebis enaze Seqmnil programul produqtebsi [6]. igi aris kargad dokumentirebul i produqti, romelic farTod gamoiyeneba eqspertul i sistemebis Seqmnisas.

logikuri daskvnebis birTvis bazisad CLIPS-is arCeva ganapiroba Semdegma faqtorebma:

- masSi realizebul ia saSual ebebis farTo speqtri.
- mas aqvs sakmaod mkafiod gansazRvuli sintaqsi, romelic arebul ia LISP-dan.

- mis bazaze Seqmnil sistemebs gaaCniaT kargi warmadoba da muSaoben swrafad.
- masSi realizebul ia gare funqciebis (sxva programirebis enaze dawerili) gamoZaxebis SesaZlebloba, rac aucil ebel ad gvWirdeba Cvens SemTxvevaSi.
- mas aqvs saSual ebebi, roml ebic SesaZleblobas izi eva wesebisa da obieqtebis kombinirebisa.

mokled ganvixilot **CLIPS**-is Ziritadi maxasiaTebebi: rogorc zemoT iyo aRniSnuli, **CLIPS** aris wesebis aRweris ena, romel sac Semdeg interpretacias ukeTebis interpretatori, amit igi garkveul wil ad mogvagonebs daprogramebis enas. mas gaaCnia sami Ziritadi elementi wesebis dasawerad: monacemTa tipebi, funqciebi monacemebTan muSaobisaTvis, konstruqciebi codnis bazis formirebisaTvis [30].

CLIPS-Si gansazRvrulia Semdegi monacemTa tipebi: ricxvi (*number*), simbol o (*symbol*), striqoni (*string*), gare misamarTi (*external adress*), faqtis misamarTi (*fact adress*), egzempl aris saxeli (*instance name*) da egzempl aris misamarTi (*instance adress*) [31].

funqciebi aris saxeliT identificirebadi Sesrul ebadi kodi, romelic abrunebs riame sidides an asrulebs raime moqmedebas. **CLIPS**-Si arsebobs ori saxis funqciebi: sistemuri da momxmareblis mier gansazRvruli. sistemuri funqciebi iseTi funqciebia, roml ebic **CLIPS**-is garemoSia gansazRvruli, xolo momxmareblis mier gansazRvruli funqciebi ki **CLIPS**-is garemos gareT gansazRvreba.

funqciebi **CLIPS**-Si gamoizaxeba prefiqsuli notaciiT, rac imas niSnavs, rom jer iwereba funqciis saxeli, Semdeg argumentebi da es yvel aferi frCxilebSia Casmul i. argumentebi erTmaneTisgan da funqciis saxel isgan gamoiyofa Tavisufali ariT. argumentad SesaZlebel ia gadacemuli iqnes sxva funqcia. magalitad: (+ 3 2), (* 3 (+ 5.5 2)).

konstrukciebi, roml ebic CLIPS-Si gamoiyeneba, aris wesebi, faqtebi, Sabl onebi, modul ebi, gl obal uri cvl adebi, funqciebi, kl asebi, egzempl arebi, Setyobinebebis dammuSavebl ebi da a.S. konstrukciebic moTavsebul ia frCxil ebSi.

codnis warmosadgenad CLIPS-i produqciebs iyenebs [13]. produqcia CLIPS-Si warmodgenial ia wesiT (Rule). wesi gamoiyeneba evristikis warmosadgenad, romel ic gansazRvravs moqmedebaTa simravl es konkretul i situaciisaTvis [31]. radgan wesi aris produqcia, igi Sedgeba ori nawil isagan: marcxena nawil i (LHS), romel sac sxvanairad "Tu nawil sac" uwodeben, Seicavs pirobas, da marjvena nawil isagan (RHS), romel sac "maSin nawil sac" uwodeben da Siecavs moqmedebas.

Tu marcxena nawil is piroba kmayofil deba, maSin amoqmedeba marjvena nawil Si gansazRvrul i procedurebi. marcxena nawil is pirobis dakmayofil eba _ ar dakmayofil eba ganisazRvreb: faqtebis siaSi faqtis arsebobiT an ararsebobiT, an egzempl arebis arseboba _ ararsebobiT egzempl arTa siaSi. erT-erTi pirobis tipi aris "paterni" [30]. paterni Sedgeba SezRudvaTa simravl isgan, roml ebic gansazRvraven Tu romel i faqtebi an obieqtebi akmayofil eben paterns. process, romel ic Seusabamebs faqtebs an obieqtebs, "paternTan SeTanxmeba" ewodeba. CLIPS-Si realizebul ia meqanizmi, romel ic avtomaturad axorciel ebs paternTan SeTanxmebas faqtebis siis da obieqtTa siis mimdinare mdgomareobaze dayrdnobiT da gansazRvravs romel i wesia gamoyenebadi. wesis marjvena nawil Si gansazRvrul ia moqmedebebi, roml ebic unda ganxorciel des maSin, roca wesi aris gamoyenebadi. CLIPS-is daskvnebis birTvi Seasrul ebs gamoyenebad wesebs rogorc ki miRebs instruqcias amis Sesaxeb.

CLIPS agreTve uzrunvel yofs codnis warmodgenis procedurul meqanizms. funqciebi abruneben saWiro mniSvnel o-bebs an asrul eben sxvadasxva saWiro moqmedebes. funqciebi SeiZl eba gansazRvrul i iqnas momxmarebl is mier. aseT

SemTxvevaSi isini gamoiZaxeba iseve, rogorc sistemuri funqciebi. funqciebi SeiZl eba gansazvrul i iyos TviTon CLIPS-is garemoSi (deffunction) konstruqciis gamoyenebiT, an realizebul i iyos programirebis sxva garemoSi (C, pascal da a.S.) da daskvnebis birTvi maT iyenebdes gare funqciebis gamoZaxebis meqani zmi T.

moviyvanoT wesebis aRweris enaze Caweril i wesis magal iTi. vTqvaT aris Semdegi wesi: "Tu mavTul is zogadi kl asi aris "antena" da manZil i antenidan mavTul amde nakl ebia 10-ze, maSin gamoitane Setyobineba, rom mavTul i axl osaa antenasTan". igi CLIPS-is enaze Semdegnairad gamoi saxeba:

```
(defrule sample_rule
  (wire (id ?w_id) (general_class ?gen_class))
  (antenna (id ?a_id))
  (test (eq ?gen_class "antenna"))
=>
  (if (< (get_wire_antenna_distance ?w_id ?a_id) 10) then
    (report_warning "Wire" ?w_id "is close to antenna")
  )
)
```

wesis nawil i "=" simbol omde aris marcxena nawil i, simbol os Semdeg _ marjvena nawil i. marcxena nawil Si gansazRvrul ia paterni freimebis saxiT da piroba, rom mavTul is zogadi kl asi unda iyos "antena". aiReba yvel a mavTul i da yvel a antenna wyvil -wyvil ad. Tu piroba srul deba (mavTul is zogadi kl asi aris "antena"), maSin amoqmeddeba wesis marjvena nawil i. marjvena nawil Si gamoiZaxeba gare funqcia (get_wire_antenna_distance), romel ic gamoiTvl is manZil s mavTul sa da antenas Soris. xdeba am funqciis amoqmedebis Sedegis Sedareba 10-Tan da Tu igi masze nakl ebia, gamoiZaxeba meore gare funqcia (report_warning), romel ic momxmarebel s gamoutans Setyobinebas, rom mavTul i axl osaa antenasTan.

wesebis aRweris enis ZiriTad komponentebs warmoadgens faqtebis baza da wesebis baza. faqtebis baza aRwers probl emis

sawyis mdgomareobas, xol o wesebis baza Seicavs operatorebs, roml ebic gardaqmnan probl emis mdgomareobas da mihyavT igi amoxsnamde [6]. aqedan gamomdinare, erTis mxrive, saprobl emo aris model is mixedviT unda daformirdes faqtebi, roml ebic Caweril i iqneba wesebis aRweris enaze da meores mxriv, codnis bazaSi ganTavsebul i wesebic amave enaze unda iqnes Sedgenil i.

ase rom, eqspertul i sistemis l ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis Sesaqmnel ad saWiroa gadawyvetil iqnas Semdegi amocanebi:

1. saprobl emo aris model is safuZvel ze daformirdes faqtebi **CLIPS**-is sintaqsis gamoyenebiT.
2. eqspertul i codna daformirdes wesebis saxiT **CLIPS**-is sintaqsis gamoyenebiT.
3. damuSavdes gare funqciebi, roml ebsac gamoiZaxebis l ogikuri gadawyvetil ebebis birTvi.
4. damuSavdes Sedegebis warmodgenis da gadamuSavebis saSual ebebi.

faqtebi unda warmovadginot freimebis saxiT [13]. freimi aris informaciul i struqtura, romel ic Seicavs iseT informaciul erTeul s, rogoricaa sl oti. sl oti aris sicariel e, xvrel i, romel ic Seivseba informaciit. sl otebis mniSvnel obebiT Sevsebis SemTxvevaSi, freimi aRwers konkretul obieqts an situacias. Tu freimis sl otebi ar aris Sevsebul i mniSvnel obebiT, maSin aseT freims uwodeben prototips.

Cvens SemTxvevaSi TiToeul obieqts, romel ic gamoiyeneba saprobl emo aris (satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis) aRsawerad, SevusabamoT cal keul i freimi. obieqtis TiToeul parametrs ki SevusabamoT sl oti.

freimebi unda Caiweros iseTi formatiT, romel ic gasagebia **CLIPS**_is interpretatorisTvis. es formatia:

(freimis saxel i

(sl oti 1)

(sl oti 2)

...

(slot N)
)

magali TisaTvis moviyanoT freimis prototipi, romelic
Seesabameba koneqtors:

```
(deftemplate MAIN::connector
(slot id (type STRING))
(slot name (type STRING))
(slot part_number (type STRING))
(slot usage (type STRING))
(slot description (type STRING))
(slot number_of_slots (type NUMBER))
(slot number_of_cavities (type NUMBER))
(slot housing_code (type STRING))
(slot housing_type (type STRING))
(slot add_on_text (type STRING))
(slot comment1 (type STRING))
(slot eqt_part_number (type STRING))
(slot eqt_reference_id (type STRING))
(multislot cavity_terminals )
(slot assembly (type STRING))
(slot general_class)
(slot length_to_ground (type NUMBER))
(slot level (type NUMBER))
(slot infotainment)
(slot most)
(slot base_node (type STRING))
(multislot processing_information_type )
(multislot processing_information_text )
(multislot installation_information_type )
(multislot installation_information_text )
(multislot alias_part_number )
(multislot alias_part_company_name )
(multislot alias_ids )
```

(slot abbreviation (type STRING))
 (slot version (type STRING))
 (slot degree_of_maturity (type STRING))
 (slot predecessor (type STRING))
 (slot copyright_notes (type STRING))
 (slot mass_information (type NUMBER))
 (slot material_key (type STRING))
 (slot material_reference_system (type STRING))
 (multislot associated_cavities)
 (multislot associated_wires)
)

mxol od freimebis saxiT warmodgenil i faqtebi sakmarisi ar aris saprobl emo aris Sesaxeb srul i informaciis misaRebad. garda amisa, saWiroa sxvadasxva el eqtromagnituri Tu geometriul i gaTvl ebis ganxorciel eba, wesebSi aRweril i l ogikis mixedvit el eqtrogayvanil obis model Si cvl il ebebis Setana, Sedegebis warmodgena momxmarebl iTvis cxril ebis, grafikebis da a.S. saxiT. yovel ive amisaTvis gamoiyeneba gare funqciebi, roml ebic realizebul ia eqspertul sistemaSi CLIPS- is garemos gareT, daregistrirebul ia CLIPS- is garemosi da roml ebsac gamoiZaxebS l ogikuri daskvnebis birTvi.

damuSavebul i funqciebi SeiZl eba davyoT ramdenime j gufad:

1. funqciebi saprobl emo aris Sesaxeb damatebiti informaciis mosapovebl ad.
2. funqciebi satransporto saSual ebis el eqtrogayvani- l obis model Si cvl il ebebis Sesatanad.
3. funqciebi l ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis muSa- obis Sedegebis warmosadgenad.
4. gamoTvl iTi funqciebi.

ganvixil oT TiToeul j gufSi Semaval i funqciebi da maTi daniSnul eba:

funqciebi saprobl emo aris Sesaxeb damatebiTi informaciis mosapovebl ad: am funqciaTa j gufSi Sedis funqciebi, roml ebic el eqtrogayvanil obis Semadgenel i komponentisaTvis abrunebs mis Sesabamis sxva komponentebs. magal iTad, mavTul isaTvis im koneqtorebs, roml ebTanacaa dakavSirebul i; koneqtorisTvis im mavTul ebs, roml ebic maSTan aris dakavSirebul i; modul isTvis masSi Semaval mavTul ebs, koneqtorebs, terminal ebs da a.S. es funqciebi real izebul ia **CLIPS**-is garemos gareT da iyenebs rel aciur bazebsi informaciis Zebnis al gorITmebs. sul real izebul ia aseTi tipis 144 funqcia, romel ic faqtebTan erTad saSual ebas iZi eva miRebul iqnas saprobl emo aris Sesaxeb amomwuravi da yovel mxrivi informacia.

funqciebi satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis model Si cvl il ebebis Sesatanad: eqspertul i sistema aramarto aRmoacens probl emebs, aramed wesebSi Cadebul i l ogikis mixedviT SeuZi ia aRmofxvras kidec isini. amisaTvis mas esaWiroeba funqciebi, roml ebic saSual ebas miscemen cvl il ebebi Seitanos satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obis model Si. aseTi funqciebic real izebul ia **CLIPS**-is garemos gareT. sinamdvil eSi es funqciebi gamoZaxebisTanave ar cvl ian model s. isini qmnan fail s, romel Sic garkveul i formatiT Cawerilia Sesatani cvl il ebebi. rogorc ki l ogikuri daskvnebis birTvi amTavrebs muSaobas, eqspertul i sistemis post-procesori kiTxul obs am fail s da axorciel ebs Sesabamis cvl il ebebs model Si. aseTi tipis funqciebis magal iTebia: mavTul is sawyisi da sabol oo koneqtorebis Secvl a, mavTul is tipis Secvl a, sxvadasxva el eqtrul i parametrebis miniWeba da a.S. sul damuSavebul ia aseTi tipis 175 funqcia.

funqciebi l ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis muSaobis Sedegebis warmosadgenad: l ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis Sedegebi unda gadamuSavdes da moxerxebul i saxiT miwodos momxmarebel s. am funqcias asrul ebs eqspertul i sistemis post-procesori. saWiroa garkveul i kavSiris damyareba l ogikuri

daskvnebis birTvisa da post-procesors Soris. amisaTvis damuSavebul iqna special uri gare funqciebi. es funqciebi, Tavis mxriv, SeiZl eba daiyos ramndenime nawil ad: funqciebi angariSebis formirebisaTvis, funqciebi grafikebis dasaxazad, funqciebi cxril ebis Sesadgenad, funqciebi Setyobinebebis momxmarebl isaTvis warmosadgenad.

angariSebis formirebis funqciebis saSual ebiT pirdapir wesidan SesaZl ebel ia moxdes angariSebis formireba el eqtrogayvanil obis komponentebis Sesaxeb Excel-is cxril ebis saxiT. damuSavebul ia aseTi tipis 19 funqcia.

grafikebis dasaxazi funqciebis saSual ebiT SesaZl ebel ia sxvadasxva saxis grafikebis daxazva da momxmarebl isaTvis warmodgena pirdapir wesebidan. SesaZl ebel ia mieTiTos garfikis saxe, warwerebi da a.S. damuSavebul ia aseTi tipis 15 funqcia.

cxril ebis Sesadgeni funqciebis saSual ebiT SesaZl ebel ia nebismieri Sinaarsis cxril is formireba. Seqmnil ia aseTi tipis 8 funqcia.

funqciebi momxmarebl isaTvis Setyobinebebis warsadgenad, model is Semcvl el i funqciebis msgavsad, Setyobinebebs weren special uri formatis mqone fail Si. I ogikuri gadawyvetil ebebis birTvis muSaobis damTavrebis Semdeg es fail i ikiTxeba post-procesoris mier da xdeba Sesabamisi Setyobinebebis momxmarebl istvis wardgena. Setyobineba SeiZl eba iyos zogadi xasiaTis an Seexebodes konkretul ad romel ime obieqts. SemuSavbul ia am daniSnul ebis mqone 3 funqcia.

gamoTvl iTi funqciebi: gamoTvl iTi funqciebi aris ori tipis: geometriul i da el eqtromagnituri. geometriul i funqciebi gamoiyeneba el eqtrogayvanil obis sxvadasxva komponentebis Soris manZil ebis dasadgenad, agreTve mavTul ebis saerTo da paral el uri monakveTebis sigrZis saangariSod. magl iTad, manZil i koneqtorebs Soris, manZil i mavTul sa da antenas Soris da a.S. damuSavebul ia 14 geometriul i funqcia.

el eqtromagnituri gaTvl ebis funqciebi gamoiyeneba sxvadasxva tipis gaTvl ebis gansaxorciel ebl ad. esenia el eqtostatikuri da el eqtrodinamikuri gaTvl ebi. magal iTad, mavTul ebis urTierTtevadobebis da induqciurobebis gansazRvra, mavTul sa da antenas Soris \$11, \$12, \$21, \$22 parametrebis gansazRvra da a.S. SemuSavebul ia aseTi tipis 26 funqcia.

I ogikuri daskvnebis birTvis Sedegebi aris ori tipis: daskvnebi da Setyobinebebi, romelic unda waredginos momxmarebel s da cvl il ebebi, romlebic avtomaturad unda ganxorciel des el eqtrogayvanil obis model Si da amis Sesaxeb Setyobineba miwodos momxmarebel s. orive SemTxvevaSi saWiroa I ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis Sedegebi gadamuSavdes garkveul i saxiT. amas axorciel ebs eqspertul i sistemis post-procesori. I ogikuri daskvnebis birTvis muSaobis Sedegebi post-procesors gadaecema fail is saxiT, romel sac igi kiTxul obs da gadaamuSavebs.

eqspertul i sistemis pre-procesori aformirebs faqtebs el eqtrogayvanil obis bazaSi arsebul i informaciis safuZvel ze, rac imas niSnavs, rom stransporto saSaul ebis Sesaxeb yvel a monacemi Caiwereba freimebis saxiT. Semdeg codnis bazidan aiReba arCeul i wesebi da iwereba fail is saxiT. faqtebi da wesebi gadaecema I ogikuri daskvnebis birTvis. I ogikuri daskvnebis birTvi interpretacias ukeTebis faqtebs da wesebSi aRweril i I ogikis mixedviT axorciel bs sxvadasxva moqmedebes. muSaobis procesSi I ogikuri daskvnebis birTvi iyenebs eqspertul i sistemebis sxva modul ebis daxmarebas gare funqciebis saSual ebiT (sxvadasxva gaTvl ebi da a.S.). I ogikuri daskvnebis birTvi wesebSi gamoyenebul i muSaobis Sedegebis warsadgeni da model is Sesacvl el i funqciebis saSual ebiT aformirebs special uri formatis fail s, sadac iwereba Setyobinebebi, romlebic waredgineba momxmarebel s da brZanebebi, romel Ta mixedviT unda moxdes el eqtrogayvanil obis model Si

cvl il ebebis ganxorciel eba. am fail s kiTxul obs post-procesori da axorciel bs Sesabamis instruqciebs.

Sedegebis fail s aqvs Semdegi formati:

\$obieqtis tipi \$obieqtis identifikatori \$Setyobineba \$wesi, roml is Sedegicaa

SET: \$obieqtis tipi \$obieqtis identifikatori \$parametri\$ mniSvnel oba \$Setyobineba \$wesi, roml is Sedegicaa

...

fail is TiToeul i striqoni Seesabameba moqmedebas an Setyobinebas. moqmedebis SemTxvevaSi striqoni iwyeba gasaReburi sityiT "SET:", romel sac mosdevs im obieqtis tipi da identifikatori, romel ic unda Seicval os, Semdeg modis parametri, romel ic unda Seicval os da misi mniSvnel oba, bol os Caweril ia Setyobineba, romel ic unda miwodos momxmarebel s. Setyobinebis SemTxvevaSi gansazRvrul ia obieqti, romel sac Seexeba Setyobineba da TviT Setyobineba. igive formati gamoiyeneba Sedegebis dasamaxsovrebl ad maTi Semdgomi gamoyenebis mi zni T.

post-procesori kiTxul obs TiToeul striqons, aanal izebs mas da asrul ebs masSi Caweril moqmedebebs.

amrigad, eqspertul i sistemis gadawyvetil ebebis birTvi Seqmnil ia codnis warmodgenis ena CLIPS-ze dayrdnobiT, romel sac gaaCnia rigi upiratesobebi sxva enebTan SedarebiT. damuSavebul ia el eqtrogayvanil obis model is Sesabamisi wrmodgena faqtebis saxiT, xol o eqspertul i codna warmodgenil ia wesebis meSveobiT. wesebi dafuZnebul ia produqciebze, xol o faqtebi ki _ freimebze. garda amisa, SemuSavebul ia gare funqciebi, roml ebsac iyenebs I ogikuri daskvnebis birTvi muSaobis procesSi. I ogikuri daskvnebis birTvis Sedegebis gadasamuSavebl ad da adeqvaturi moqmedebebis gansaxorceil ebl ad SemuSavebul ia post-procesori, romel ic urTierTqmedebis I ogikuri daskvnebis birTvTTan special uri formatis mqone fail is saSual ebiT.

3.4 momxmarebl is grafikul i interfeisis damuSaveba

eqspertul i sistemis, iseve rogorc nebismieri programul i produqtis, Seqmnisas umniSvnel ovanesi adgil i ukavia momxmarebl is interfeisis damuSavebas [32][33]. interfeisi aris programis swored is nawil i, romel Tanac urTierToba uwevs momxmarebel s. radganac sistemis daniSnul ebaa swored momxmarebel s gauwios rekomendaciebi da daxmareba samuSaos Sesrul ebaSi, mniSvnel ovania momxmarebl is interfeisi rac SeiZl eba mosaxerxebel i da sasiarovno iyos momxmarebl isTvis. erTis mxriv, igi unda iyos martivi da advil od gamosayenebel i, xol o, meores mxriv, farTo SesaZl ebl obebs unda aZl evdes momxmarebal s.

damuSavebul i eqspertul i sistemis momxmarebl is interfeisi SeiZl eba daiyos ramdenime nawil ad:

1. programis mTavari fanj ara, romel ic moicavs yvel a sxva interfeisul obieqts
2. saSual ebebi proeqtTan, wesebis bibli oTekasTan da proeqtis istoriasTan samuSaod
3. monacemTa cxril uri vizual izatori
4. monacemTa samganzomil ebiani vizual izatori
5. monacemTa sqematuri vizual izatori
6. komponentTa Tvis ebis dial oguri fanj rebi
7. wesebis redaqtori
8. Sedegebis post-procesori.

ganvixil oT TiToeul i maTgani da momxmarebl is maTTan muSaobis scenari.

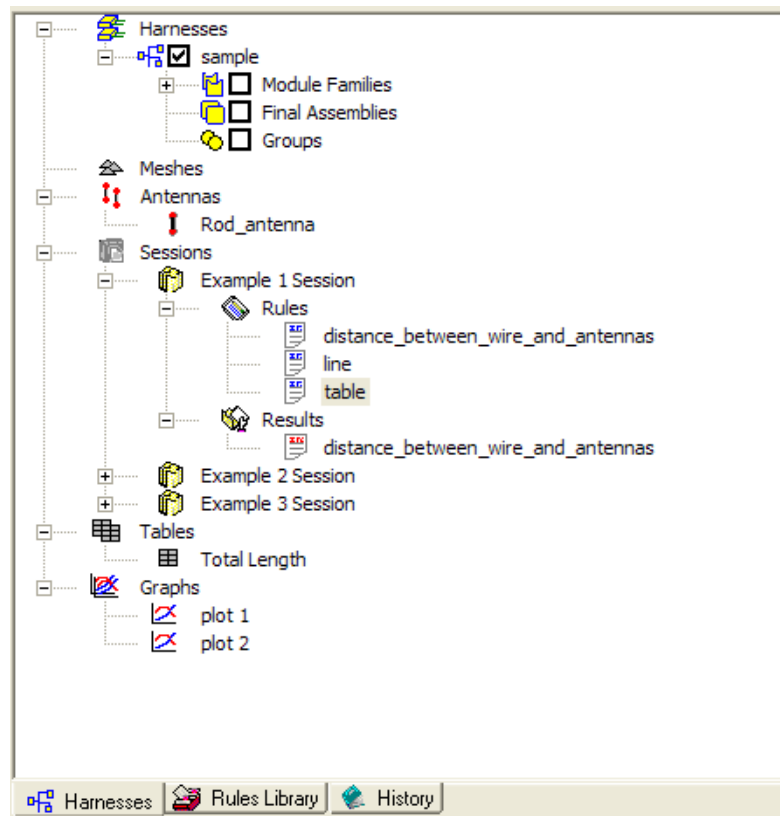
programis mTavari fanj ara mocemul ia nax. 25.-ze.

programis mTavari fanj ara Sedgeba ramdenime nawil isagan. fanj ris zeda mxares ganTavsebul ia mTavari menu. misi saSual ebiT momxmarebel i iZaxebis programis sxvadasxva funqcias. menus qvemoT moTavsebul ia instrumentTa panel i, romel ic dublirebas ukeTebis menus ZiriTad punqtebs da saSual ebas aZl evs momxmarebel s swrafad gamoiZaxos saWiro funqciebi.

Setyobinebebi (romel i fail i Cai tvirTa da a.S.), meore gverdze mimdinareobs Setyobinebebis gamotana proeqtSi ganxorciel ebul i cvl il ebebis Sesaxeb. mesame gverdze gamodis Setyobinebebi, romel Tac gzavnian el eqtrodinamikuri da el eqtroatatikuri gaTvl ebis birTvebi.

rodesac momxmarebel i iwyebs eqspertul sistemasTan muSaobas, igi qmnis proeqts. proeqti Sedgeba CatvirTul i satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obebisagan, satransporto saSual ebis Zaris triangul irebul i badeebisagan, antenebisagan, proeqtSi mimdinare wesebis amoqmedebis sesiebisagan, eqspertul i sistemis muSaobis Sedegad formirebul i cxril ebisagan da grafikebisagan.

proeqtTan muSaoba mimdinareobs xis saSual ebiT (nax. 26.), romel ic programis mTavari fanj ris marj vena nawil Sia ganTavsebul i.



nax. 26. proeqtis marTvis xe

proeqtis marTvis xis saSual ebiT xorciel deba eqspertul i sistemis proeqtis Semadgenel i kopponentebiT manipul ireba. igi Sedgeba xuTi ZiriTadi kvanZisagan. esenia:

1. satransporto saSual ebis el eqtrogayvanil obebi
2. meSebi
3. antenebi
4. sesiebi
5. cxril ebi
6. grafikebi

el eqtrogayvanil obebis kvanZis qveS moTavsebul ia proeqtSi CatvirTul i el eqtrogayvanil obebi. erTdroul ad proeqtSi SesaZl ebel ia CatvirTul i iyos ramdenime el eqtrogayvanil oba, magram drois garkveul momentSi mxol od erT-erT aqtiurTan mimdinareobs muSaoba. xis saSual ebiT SesaZl ebel ia aqtiuri gayvanil obis arCeva, misi vizual izacia cxril urad an sivrcul ad sam ganzomil ebaSi, agreTve ramdenime gayvanil obis gaerTianeba, erTmaneTTan Sedareba, proeqtidan waSl a, eqsporti da a.S.

meSebis kvanZis qvemOT ganTavsebul ia proeqtSi CatvirTul i triangul irebul i badeebi, romel Ta saSual ebiTac xorciel deba satransporto saSual ebis Zaris model ireba. SesaZl ebel ia meSebis parametrebis naxva, maTi waSl a proeqtidan da a.S.

antenebis kvanZis qveS moTavsebul ia proeqtSi CatvirTul i antenebi. SesaZl ebel ia antenebis parametrebis naxva, maTi waSl a proeqtidan da a.S.

sesiebis kvanZis qveS moTavsebul ia wesebis amoqmedebis sesiebi. TiToeul i sesia Sedgeba wesebisagan da maTi amoqmedebis Sedegebisagan. rodesac momxmarebel s surs aamoqmedos raime wesebi da miiRos Sedegebi, igi qmnis sesias. Semdeg sesiaSi aformirebs wesebs. wesebi SesaZl ebel ia gadmotanili iqnes codnis bazidan, an Sei qmnas TviT sesiaSi. SesaZl ebel ia wesebis daj gufeba garkveul i j gufebis saxiT. mas Semdeg, rac sesiaSi ganisazRvreba wesebi, momxmarebel s SeuZl ia amuSaos isini cal -

cal ke an erTdroul ad. miRebul i Sedegebic ganTavsdeba sesiis kvanZis qvemoT igive j gufSi, ra j gufis wesic iyo amuSavebul i. momxmarebel s xis meSveobiT aqvs saSual eba Seqmnas, waSal os da aamuSaos sesia, Seqmnas wesebis j gufebi, Seqmnas, redaqtirebisTvis gaxsnas da waSal os wesebi, aamuSaos wesebi da wesebis j gufebi, naxos wesebis amoqmedebis Sedegebi.

cxril ebis kvanZis qveS moTavsebul ia cxril ebi, roml Ta formirebac SeiZl eba moxdes wesebis amuSavebis Sedegad. xis saSual ebiT momxmarebel s SesaZl ebl oba aqvs naxos isini an waSal os.

grafikebis kvanZis qveS moTavsebul ia grafikebi, roml Ta formirebac SeiZl eba moxdes wesebis amuSavebis Sedegad. xis saSual ebiT momxmarebel s SesaZl ebl oba aqvs naxos isini an waSal os.

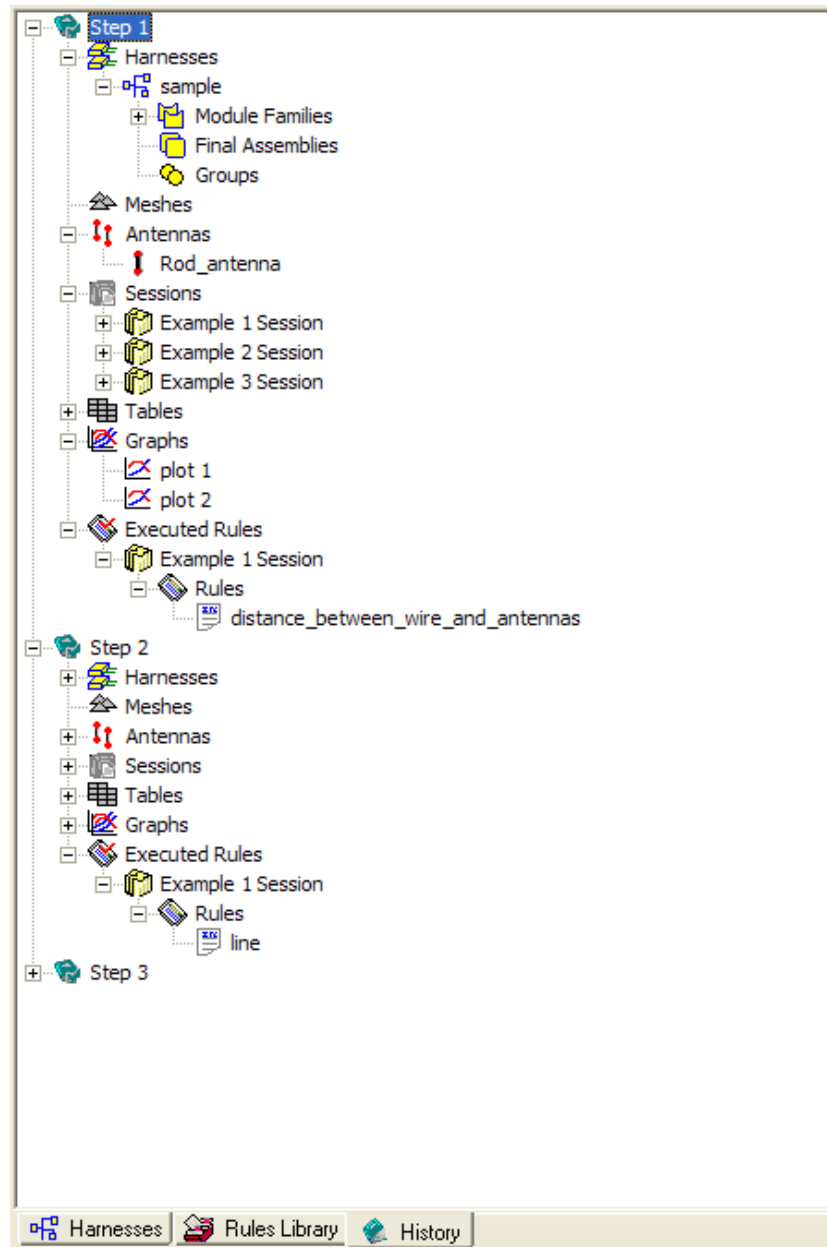
xis saSual ebiT operaciebi xorciel deba mis kvanZebze mausis marj vena Ril akis daWeriT da konteqsturi menius punqtების არცევი T.

codnis bazaSi arsebul i wesebis marTva xorciel deba agreTve xis saSual ebiT, romel ic meore gverdzea ganTavsebul i (nax. 27.).

xe Sedgeba kvanZebisagan, romel Tagan TiToeul i Seesabameba an wess an wesebis j gufs. wesebi SesaZl ebel ia daj gufebul i iqnes nebismerad. SesaZl ebel ia rogorc cal keul i wesebis, aseve mTI iani j gufebis gadatana proeqtis sesiebSi. momxmarebel s saSual eba aqvs Seqmnas axal i wesebi, moaxdinos maTi importi da eqsporti, waSal os an gaxsnas redaqtirebisTvis. obieqtebze moqmedebebis ganxorciel eba am xeSic xdeba kvanZze mausis marj vena Ril akis daWeriT da Sesabamisi konteqsturi menius punqtის არცევი T.



nax. 27. wesebi s bi bl i oTeki s xe



nax. 28. istoriis xe

programas SeuZl ia dai maxsovros proeqtis mdgomareoba wesebis yovel i amoqmedebis win da ganaTavsos historiaSi. momxmarebel s saWiroebis SemTxvevaSi saSual eba eZl eva aRadginos proeqtis mdgomareoba nebismier bij ze. amis ganxorciel eba xdeba istoriis xis meSveobiT (nax. 28).

xis TiToeul i mTavari kvanZi Seesabameba TiToeul damaxsovrebul mdgomaroebas. kvanZebi emateba qronol ogiurad yovel i wesebis amoqmedebis win. mTavari kvanZis qvemoT moTavse-

bul ia proeqtis xe im mdgomareobaSi, ra mdgomareobaSic iqna damaxsovrebuli da agreTve im wesebis sia, romel Ta amoqmedebamdec damaxsovrebuli iqna proeqtis mdgomaroba. momxmarebel s SeuZl ia aRadginos nebismeri mdgomareoba, Tu igi mausis marj vena Ril aks daaWers kvanZze da airCevs konteqsturi menius punqts "aRdgena".

proeqtSi CatvirTuli satransporto saSual ebis el eqtro-gayvanil obis, meSebisa da antenebis Sesaxeb informacia momxmarebel s waredgineba cxril ebis saxiT. amisaTvis SemuSavebul iqna cxril uri vizual izatori (nax. 29). is, Tu romel i gayvanil oba an misi nawili iqneba vizual izebuli cxril ebis saxiT, momxmarebel s SeuZl ia gansazRvros proeqtis xis meSveobiT.

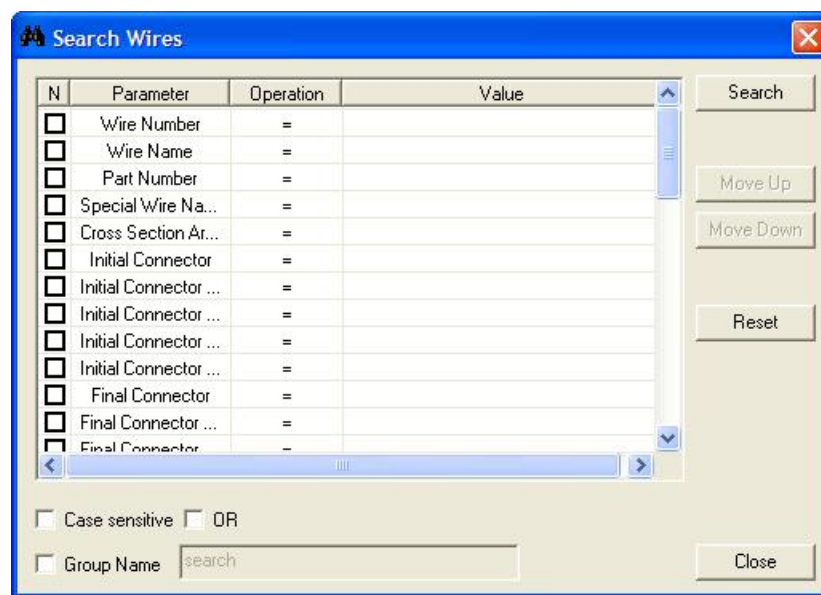
Wire Number	Part Number	Wire Name	Signal Name	Special Wire	Associated W...	Initial Connector	Initial Connector Comment	Initial Connector EQ Reference IC
31	H_037_304_1	34_X_2_3_1	34			X_2.A		
37	H_037_304_2	34_TR52.6.A3_2	30			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	EL-SPIEGEL_F_U	
35	H_037_304_4	10_HUG01.1.W...	30			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	EL-SPIEGEL_F_U	
31	H_037_304_5	10_TSP1.1.A3_1	30			TSP1.1.A3_1.A3_1	TMT_BAGE	
33	H_037_304_4	10_HUG01.1.W...	30			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	EL-SPIEGEL_F_U	
15	H_037_304_4	10_HUG01.1.W...	30			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	EL-SPIEGEL_F_U	
42	H_037_304_5	ACON_X_2_3_1	ACON			X_2.A		
43	H_037_304_5	ACON_X_2_3_1	ACON			X_2.A		
30	H_037_304_7	34_X_12_1_1	34			X_2.2		
38	H_037_309_5	15_AA_A3_1	15			X_2.2		
28	H_037_309_5	33_S2.1.L1_1	33			X_2.2		
7	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			SP46.2.V		
4	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			SP46.2.V		
3	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			SP46.4.V		
4	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			SP46.4.V		
5	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			SP46.2.V		
6	H_037_320_1	49_HUG01.1.W...	49			X_4.A		
252	H_037_320_5	49_HUG01.1.W...	49			SP46.2.V		
8	H_037_324_4	10_BSP1.1.A3_5	30			SP46.3.V		
5	H_037_324_4	10_CSP1.1.A3_2	30			SP46.3.V		
30	H_037_324_1	10_BSP1.1.A3_8	30			SP46.3.V		
29	H_037_324_5	ACON_TR52.6...	ACON			SP46.4.V		
30	H_037_324_5	ACON_TR52.6...	ACON			SP46.4.V		
44	H_037_324_5	ACON_TR52.6...	ACON			SP46.4.V		
35	H_037_326_5	53_HUG01.1.W...	53			X_34.V		
37	H_037_327_1	58_TR52.6.A3_3	58			SP38.4.V		
37	H_037_327_1	58_TR52.6.A3_3	58			SP38.4.V		
36	H_037_327_1	58_TR52.6.A3_3	58			SP38.4.V		
3	H_037_328_8	515_TR52.6.A...	515			X_34.V		
34	H_037_329_5	54_HUG01.1.W...	54			X_34.V		
32	H_037_329_7	53A_HUG01.1...	53A			X_34.V		
32	H_037_329_4	32_TR52.6.A3_2	32			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	R-KRIPPEN_F_U	
24	H_037_329_5	32_TR52.6.A3_2	32			TR52.6.AA.TR52.6	KOBERMUTERSCHLUS	
25	H_037_344_1	34_HUG01.1.W...	34			HUG01.1.WW.AA.HUG01.1.WW	EL-SPIEGEL_F_U	
37	H_037_344_1	34_TR52.6.A3_1	34			SP41.1.V		

nax. 29. cxril uri vizual izatori

cxril uri vizual izatori Sedgiba ramdenime gverdisagan. TiTo gverdze moTavsebul ia TiTo cxril i, romel ic Seesabameba erTi tipis komponents. es cxril ebia: modul ebis oj axebi, modul ebi, mavTul ebi, mraVal gul iani mavTul ebi, koneqtorebi, terminal ebi, kontaqtis SemamWidrovebl ebi, kontaqtis sarqvel ebi, kontaqtis terminal ebi, damxmare komponentebi, damatabiTi

komponentebi, anakrebi komponentebi, figsatorebi, kvanZebi, segmentebi, kontaktebi, qsel is kl asebi, meSebi, antenebi.

momxmarebel s saSual eba aqvs Secval os cxril ebis mimdevroba, TviT cxril ebSi SesaZl ebel ia svetebis mimdevrobis gadaadgil eba. cxril Si informaciis sortireba xdeba svetebis mixedviT. Tu momxmarebel i mausis marcxena Ril aks daaWers svetis dasaTaurebas, cxril Si arsebul i informacia dal agdeba am svetis mixedviT zrdadobiT, meored daWeris SemTxvevaSi dal ageba moxdeba kl ebadobiT. SesaZl ebel ia cxril Si informaciis moZebna. Zebnis kriteriუმebis gansazRvra xorciel deba special uri fanj ris meSveobiT (nax. 30).



nax. 30. Zebnis fanj ara

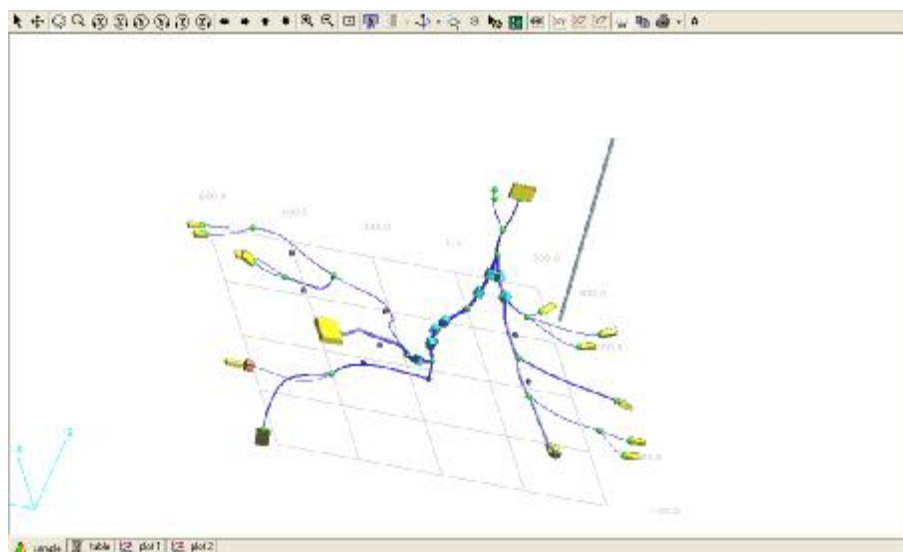
Zebnis fanj araSi SesaZl ebel ia im parametrebis arCeva, roml iTac mimdinareobs Zebna, maTi mniSvnel obebis da sxva kriteriუმebis gansazRvra. moZebnil i komponentebi SesaZl ebel ia avtomaturad gaerTiandnen j gufSi.

SesaZl ebel ia cxril Si gamoCndes yvel a komponenti an mxol od moniSnul ebi. cxril ebis safuZvel ze SesaZl ebel ia Excel- is angariSebis formireba.

cxril Si komponentis moniSvnisa da masze mausis marj vena Ril akis daWeris SemTxvevaSi gamoiZaxeba konteqsturi meniu, roml is saSual ebiTac SesaZl ebel ia komponentze operaciebis ganxorciel eba. es meniu sxvadasxva komponentisTvis sxvadasxvaa, magram maTSi aris iseTi saerto punqtebi, rogoricaa "dakavSirebul i komponentebis naxva", "komponentis redaqtirebis fanj araSi gaxsna", "komponentis j gufisaTvis miniWebi", "komponentis sxva gayvani l obaSi gadatana" da a.S.

yovel ive zemoT aRweril i funqcional uroba cxril ur vizual izators xdis Zal ze Zl ier da mosaxerxebel saSual ebas satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemebis kvl evisaTvis.

gayvani l obis kvl evis kidev erT mZl avr saSual ebas warmoadgens samganzomil ebiani vizual izatori, romel ic momxmarebel s warmoudgens gayvani l obis real ur model s (nax. 31).

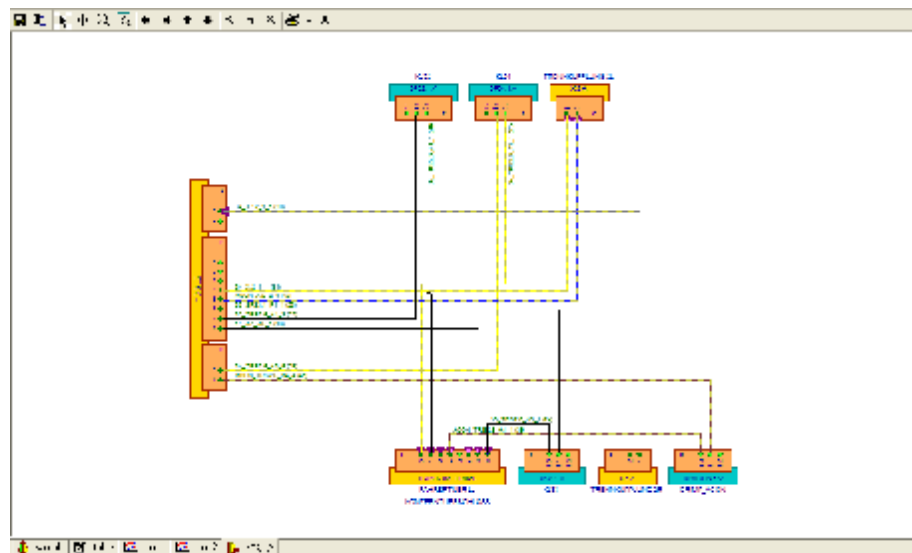


nax. 31. samganzomil ebiani vizual izatori

momxmarebel s saSual eba aqvs vizual izacia gaukeTos rogorc mTl ian gayvani l obas, aseve mis nawil s. SesaZl ebel ia model is mobruneba nebismeri kuTxiT, gadatana, masStabi reba, kveTis si br tyebis dayeneba, ganaTebi T da gamWvirval obi T

manipul ireba da a.S. garda amisa, momxmarebel s saSual eba aqvs moniSnos obieqtebi mausis marcxena Ril akis meSveobiT da ganaxorciel os maTze operaciebi. unda aRiniSnos, rom obieqtis moniSvna cxril ur vizual izatorSi, samganzomil ebian vizual izatorSi da sqematur vizual izatorSi xdeba paral el urad. erT-droul ad SesaZl ebel ia gamoZaxebul iqnas ramdenime vizual izatori.

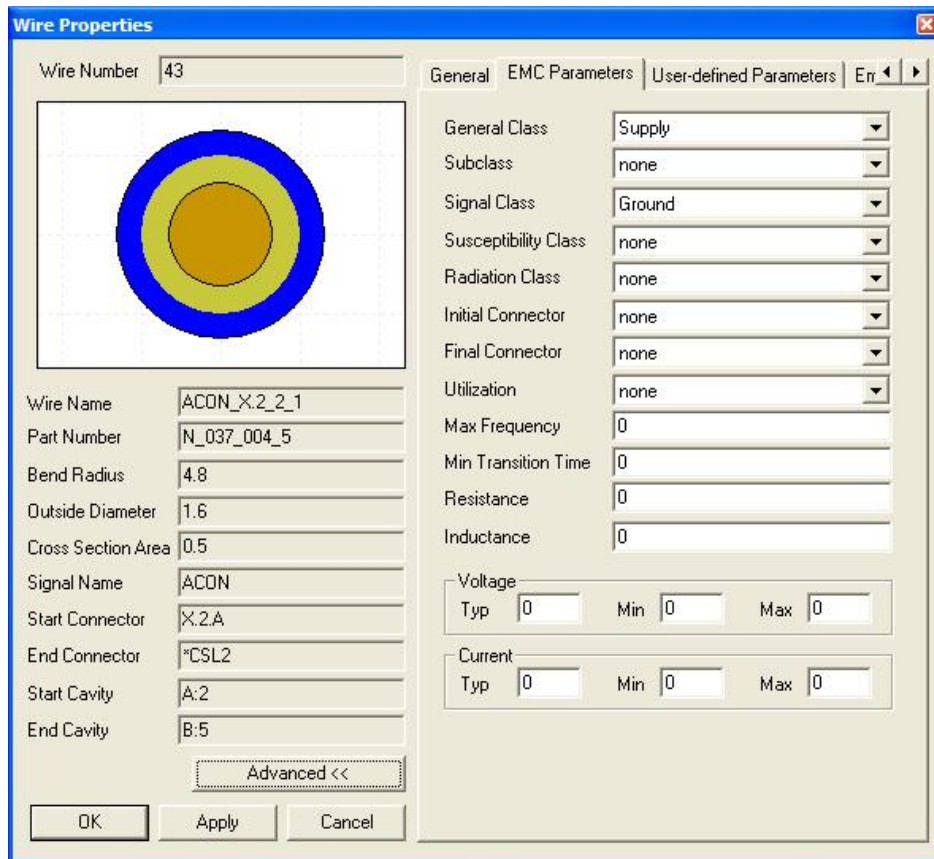
gayvani l obis kvl evis kidev erT saSual ebas warmoadgens sqematuri vizual izatori (nax. 32.). masSi gayvani l oba warmodgenil ia el eqtrul i sqemis saxiT.



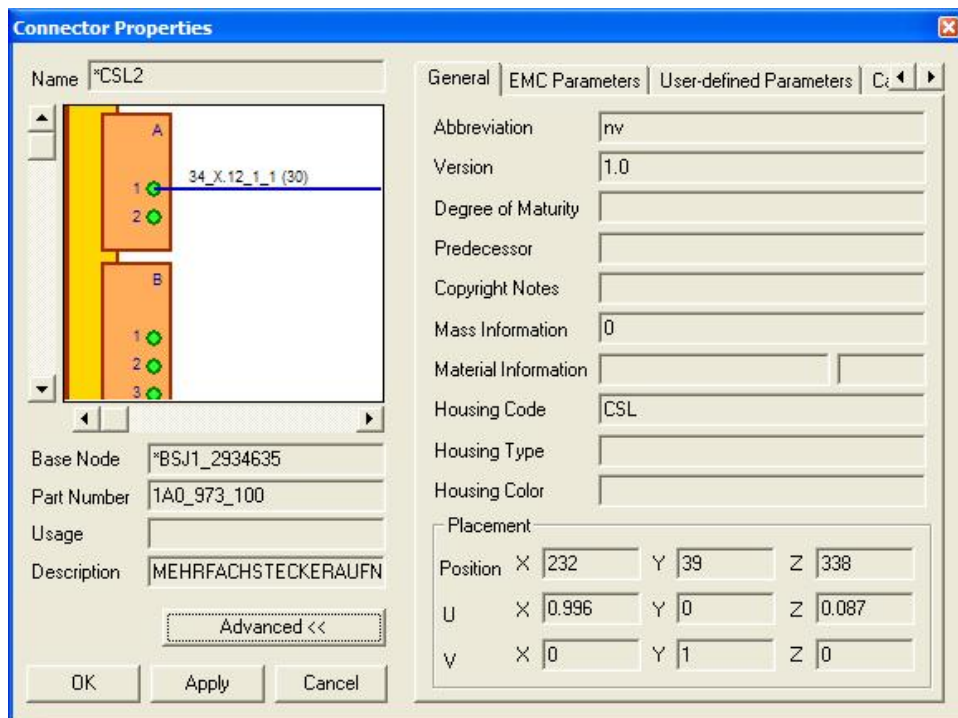
nax. 32. sqematuri vizual izatori

momxmarebel s SesaZl ebl oba aqvs masSi moniSnos obieqtebi, agreTve gaakeTos gamosaxul ebis gadatana da masStabi reba.

satransporto saSual ebis el eqtrul i sistemis TiToeul i komponentis parametrebis naxvisa da redaqtirebisaTvis SemuSavebul ia dial oguri fanj rebi. maTi aqtivacia xdeba komponentis moniSvniT da konteqsturi menius Sesabamisi punqtis gamoZaxebiT. nax. 33.-ze da nax. 34.-ze gamosaxul ia mavTul isa da koneqtoris Sesabamisi dial oguri fanj rebi.



nax. 33. mavTul is redaqtirebis dial ogi

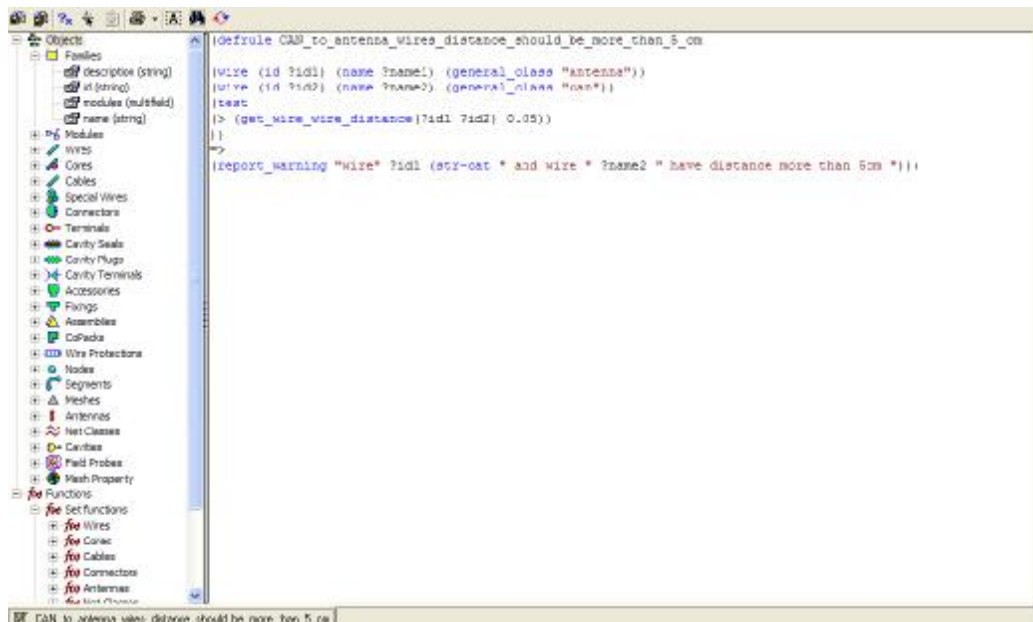


nax. 34. koneqtoris redaqtirebis dial ogi

msgavsi dial ogebia damuSavebul i sxva danarCeni komponentebisTvisac. maTi saSual ebiT momxmarebel s SesaZl ebl oba aqvs mosaxerxebel i formiT ganxil os komponentis parametrebi da Secval os zogierTi maTganis mniSvel obebi.

eqspertul i sistemis umniSvel ovanes nawil s warmoadgens wesebis redaqtori, roml is saSual ebiTac SesaZl ebel ia sistemas gadavceT eqspertul i codna. wesebis redaqtori warmoadgens teqstur redaqtors, romelic samganzomil ebiani vizual izatorisa da sqematuri vizual izatoris msgavsad ixsneba Svil obil i fanj ris saxiT (nax. 35).

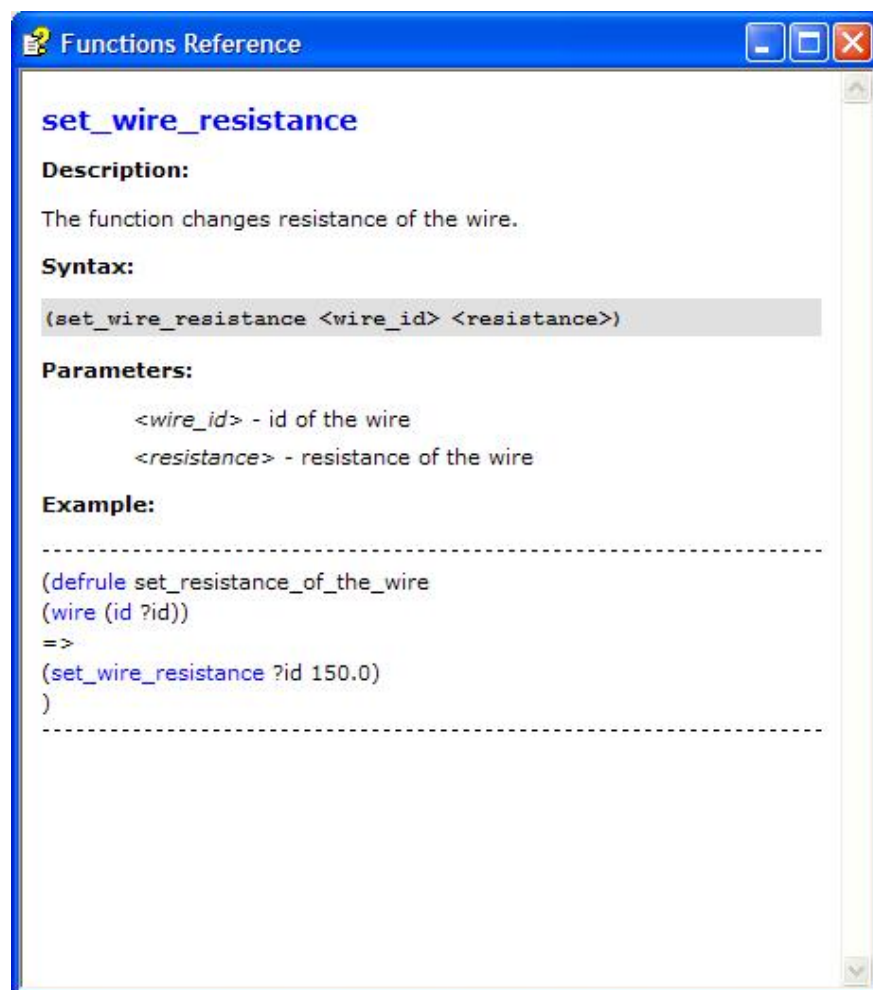
wesebis redaqtori Sedgeba ori nawilisagan: TviT redaqtoris da asistantis xisgan. redaqtorSi xdeba gasaReburi sityebis sxva ferad gamoyofa, friCxil ebis da bl okebis gamoyofa, rac Zal ze mosaxerxebel ia momxmarebl isTvis wesebis daweris dros. agreTve SesaZl ebel ia redaqtorSi sityebis Zebna da avtomaturi Secvl a.



nax. 35. wesebis redaqtori

მარცხნივ განთავსებული ასისტანტის ხის დანიშნული ებაა გაუადვილოს მომხმარებელს გარე ფუნქციებისა და გარეობის კომპონენტების გამოყენება. მასში გამოთვლილია ყველა კომპონენტი თავისი ყველა პარამეტრით და აგრეთვე ყველა გარე ფუნქცია. კომპონენტის პარამეტრზე ან ფუნქციაზე მაუსის ორჯერ დაკაპუნებით შესაბამისი პარამეტრი ან ფუნქცია ავტომატურად ედება თვითნებური კურსორის ადგილზე. აგრეთვე შესაძლებელია ხის ფუნქციის მონიშვნა და მასზე დახმარების გამოწვევა (ნახ. 36).

ეკრანის სისტემის მუშაობის შედეგების დაგეგმვა მომხმარებლისთვის ხდება post-პროცესორის საშუალებით. შედეგები მომხმარებელს დაეგეგმება ცხრილი და გრაფიკული სახით. post-პროცესორის დახმარებით შეგება ორი გვერდისაგან (ნახ. 37).



ნახ. 36. დახმარების დახმარება

Element	Name	Message	EHC Risk	Comment
connector	SP33.1.V	general_class=splice	Open	
connector	SP32.1.V	general_class=splice	Open	
connector	SP91ET.2.V	general_class=splice	Open	
connector	SPACDN.1.V	general_class=splice	Open	
connector	SP55.4.V	general_class=splice	Open	
connector	SP49.4.V	general_class=splice	Open	
connector	SP49.2.V	general_class=splice	Open	
connector	SP34.1.V	general_class=splice	Open	

nax. 37. post-procesoris fnj ara (pirvel i gverdi)

pirvel gverdze mocemul ia detal uri informacia. igi Sedgeba ori cxril isagan. zeda cxril Si mocemul ia wesebi, roml ebic amoqmedda, xol o qveda cxril Si maTi amoqmedebis Sedegad miRebul i Setyobinebebi. qveda cxril i Sedgeba ramdenime svetisagan. esenia: obieqtis tipi, romel mac ar daakmayofil a raime kriteriumi, misi dasaxel eba, Setyobineba, romel ic aRwers probl emas, el eqtromagnituri Tavsebadobis riski da momxmarebl is komentari. rodesac obieqti iniSneba cxril Si, misi paral el urad moniSvna xdeba cxril ur, samganzomil ebian da sqematur vizual izatorebSi. SesaZI ebel ia Sedegebis angariSiS formireba.

meore gverdze warmodgenil ia ukve komponentebis mixedviT daj gufebul i j amuri informacia (nax. 38.).

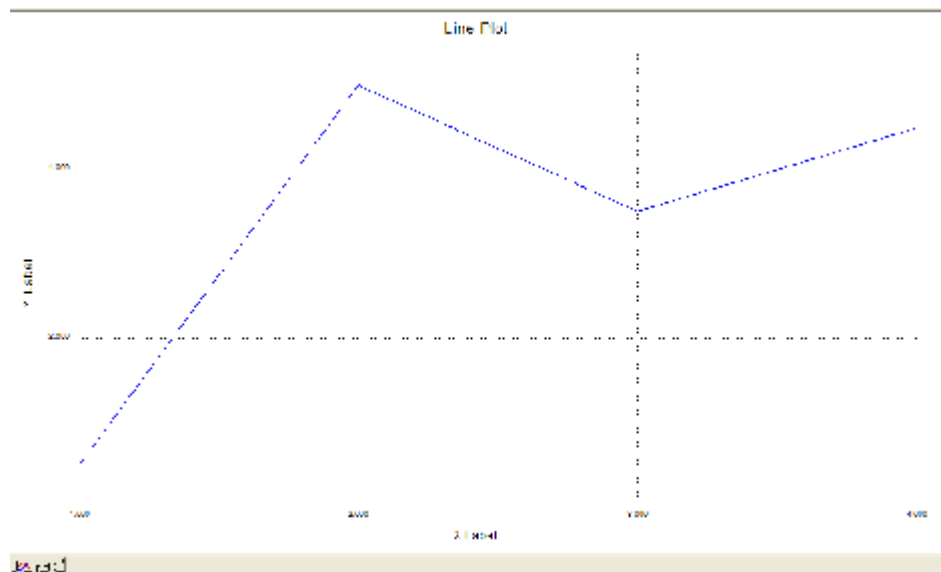
pirvel svetSi mocemul ia komponentis tipi, meoreSi misi dasaxel eba, mesameSi im wesebis raodenoba, romel mac aRmoaCina komponentis probl ematuroba, Semdeg j amuri el eqtromagnituri Tavsebadobis riski, xol o Semdeg modis svetebi, roml ebic aRwers TiToeul i wesis mixedviT Tu ra riski hqonda komponents.

Details		Summary			
Element	Name	Violated Rules: N	Total EMC Risk	sel_connector	
connector	SP33 1V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SP32 1V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SPVNET 3V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SPACON 1V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SP88 4V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SP49 4V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SP49 2V	1	0 per:1	0 per:1	
connector	SP34 1V	1	0 per:1	0 per:1	

nax. 38. post-procesoris fanj ara (meore gverdi)

cxril ebSi SesaZI ebel ia riskebis gansazRvra, komentarebis gakeTeba, Zebna, dal ageba da a.S.

wesebis amoqmedebis Sedegad formirebul i grafikebi waredgineba momxmarebel s cal ke Svil obil i fanj ris saxiT. SesaZI ebel ia grafikebis eqsportireba da redaqtireba (nax. 39).



nax. 39. Sedegebis grafikul i vizual izatori

ამრიგად, ექსპერტული სისტემისთვის შემუშავებული იქნა მოსახერხებელი გრაფიკული მოხმარების ინტერფეისი. იგი მოიცავს საპრობლემო არსთან დაკოდნის ბაზასთან მუშაობის მზლავრ სასუალეებს. ინფორმაცია მოხმარებელს ვარდგინება სხვადასხვა სახით (ცხრილურად, ვიზუალურად, სქემურად, გრაფიკულად). შემუშავებულია ექსპერტული კოდის სისტემისთვის გადამცემი და მუშაობის სედეგების მოხმარებისთვის ვარდგენის მოსახერხებელი სასუალეები. ყოველივე ეს სატრანსპორტო სასუალეების ელექტრომანტიური თავსებადობის კვლევის ექსპერტული სისტემას ხდის მზლავრ და ადვილად გამოსაყენებელ სასუალეებად.

3.5 დასკვნა მესამე თავის შესახებ

1. შეიკმნა სატრანსპორტო სასუალეების ელექტროგაყვანილობის შემადგენელი კომპონენტების და მათ სორის კავსირების მონაცემთა ბაზა.

2. მოხდა ექსპერტული სისტემის ლოგიკური დასკვნების ბირთვის დაკოდნის ვარმოდგენის მეთოდების რეალიზაცია.

3. შეიკმნა სატრანსპორტო სასუალეების ელექტროგაყვანილობის სამგანზომილებიანი, სქემური და ცხრილური სახით ვიზუალიზაციის სასუალეები, ექსპერტული სისტემის მუშაობის სედეგების პოსტ-პროცესორი.

5. შემუშავდა მოხმარების გრაფიკული ინტერფეისი.

6. მოხდა მთლიანი ექსპერტული სისტემის რეალიზაცია ობიექტზე ორიენტირებული მეთოდების გამოყენებით.

4 sistemis eqsperimentul i Semowmeba

4.1 el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis arsebul i meTodebi

satransporto saSual ebebis daproeqtibisas dResdReobiT gamoiyeneba rogorc sacdel i eqsperimentebi real ur model ebze, agreTve kompiuterul i model irebis sxvadasxva meTodebi. unda aRiniSnos, rom real uri eqsperimentebis ganxorciel ebas gaaCnia mTel i rigi uaryofiTi mxareebi. aseTi eqsperimentis Catarebi-saTvis aucil ebel ia satransporto saSual ebis mza prototipis arseboba, rac, erTis mxriv, did finansur danaxarjebTanaa dakavSirebul i, xolo, meores mxriv, SesaZl ebel ia ganxorciel des mxol od daproeqtibis bol o etapze. am dros aRmoCenil i probl emebis aRmofxvra ki gacil ebiT ufro did droiT da finansur danaxarjebTanaa dakavSirebul i vidre daproeqtibis adreul etapze.

amitom sul ufro xSirad gamoiyeneba stransporto saSual ebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis kompiuterul i meTodebi. proeqtirebadi satransporto saSual ebis kompiuterul i model is Seqmna SesaZl ebel ia daproeqtibis adreul etapze da bevrad nakl eb danaxarjebTanaa dakavSirebul i vidre real uri prototipis ageba. ZiriTadad kvlevis saTvis gamoiyeneba kompiuterul i programebi, romlebic ricxviT meTodebzea danyarebul i maTi didi sizustisa da Sedegebis real ur eqsperimentTan siaxl ovis gamo.

aseTi programul i saSual ebebis ricxvs miekuTvneba **EMC Studio**, **FEKO**, **Microwave Studio**. maTi muSaobis principi danyarebul ia momentebisa da sasrul i elementebis meTodze, amitom isini muSaobis procesSi moiTxoven did gamoTvl iT da droiT resursebs. Sesabamisad, maTi saSual ebiT SesaZl ebel ia mxol od mcire zomis model ebTan muSaoba. mTliani satransporto

saSual ebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl eva ricxviTi meTodebiT SeuZl ebel ia, swored amitom Seiqmna eqspertul i sistema, romel sac SesaZl ebl oba aqvs ganxil os mTl iani satransporto saSual eba da aRmoaCinos probl ematuri areebi, roml ebic SemdegSi ufro zusti kvl evis mizniT SesaZl ebel ia amoRebul iqnes model idan da gamokvl eul iqnes zemoT aRniSnul i saSual ebebis gamoyenebiT.

stransporto saSual ebebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evis eqspertul i sistemis muSaobis sizustis Semowmebis mizniT erTi da igive amocanebi gadawyvetil iqna eqspertul i sistemisa da **EMC Studio**-s meSveobiT da moxda Sedegebis Sedareba. **EMC Studio** aris msofli oSi mowinave programul i sistema, romel ic gamoiyeneba avtomobil ebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvl evisaTvis. misi muSaobis principi damyarebul ia momentebis meTodze. Sedarebul i Sedegebi erTmaneTs daemTxva didi sizustiT, rac adasturebs eqspertul i sistemis maRal efeqturobas.

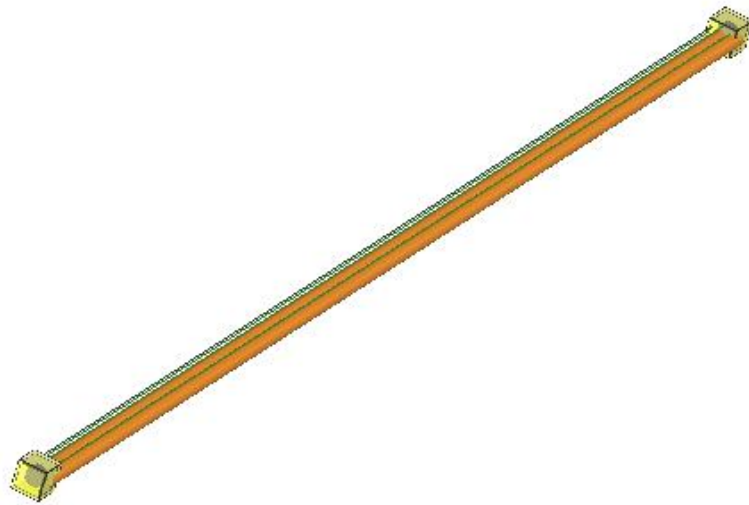
eqspertul i sistema warmatebiT aris danergil i msofli os iseTi cnobil i avtomwarmeobel ebis sawarmoo procesSi, rogoricaa fol ksvageni, audi da reno.

4.2 eqsperimentul i Semowmebis Sedegebi

eqsperimentis Catarebis mizniT gamokvl eul iqna mavTul ebs Soris urTierTqmedeba. satransporto saSual ebebSi maRal i denis matarebel i mavTul ebi xSirad ganTavsebul ia mgrZnobiare mavTul ebis maxl obl ad, Sesabamisad, maRal i denis gavlena mgrZnobiare mavTul ze SesaZl ebel ia aRmoCndes kritikul i da gamoiwvios aparaturis muSaobis Seferxeba. eqsperimenti Catareba ideal ur model ze, roca mavTul ebi ganTavsebul ia erTmaneTis paral el urad da real uri avtomobil idan aRebul i gayvanil obis

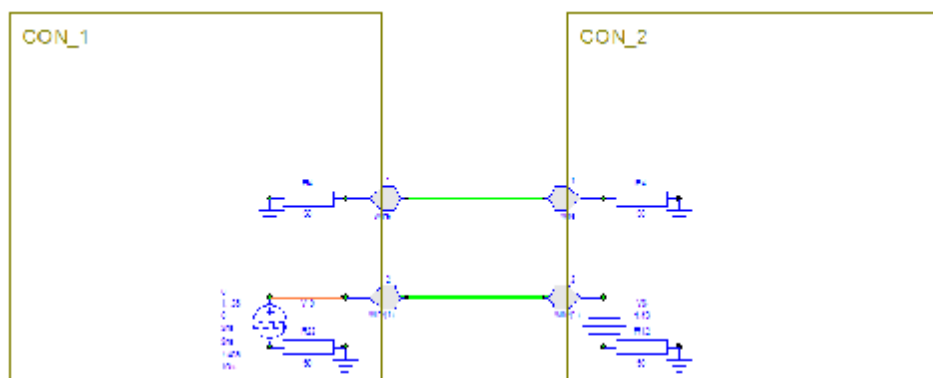
model ze. model ebi gamokvl eul iqna eqspertul i sistemisa da EMC Studios-s saSual ebiT da Sedegebi Sedar da erTmaneTs. agreTve gamokvl eul iqna gamoTvl ebisaTvis saWiro droc.

pirvel SemTxvevaSi ori mavTul i moTavsebul ia erTmaneTis gverdiT. erT mavTul Tan mierTebul ia dens wyaro. vikvl evT meore mavTul Si aRZrul dens (nax. 40.).



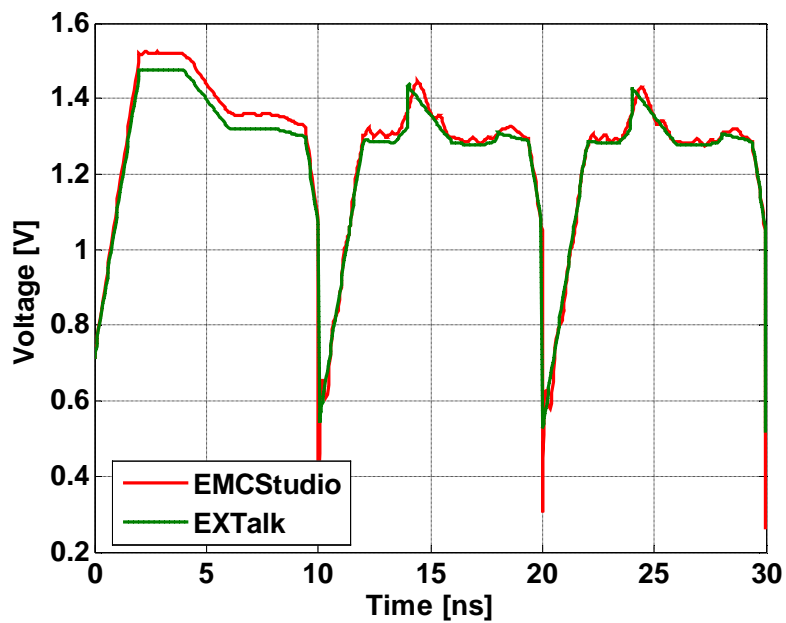
nax. 40. ori erTmaneTis gverdiT ganTavsebul i mavTul i

Sesabamisi sqema mocemul ia nax. 41.-ze

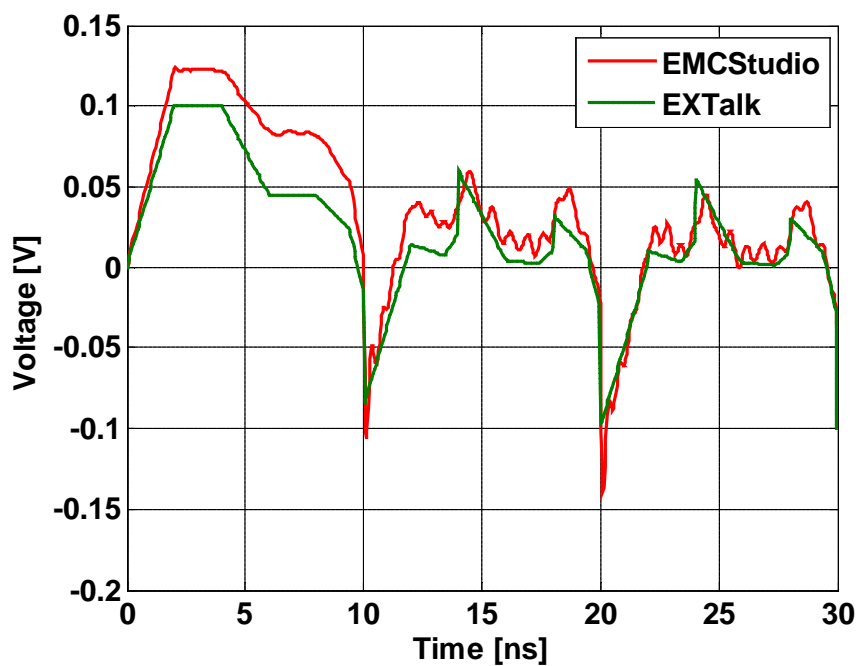


nax. 41. mavTul ebTan mierTebul i mowyobil obebis sqema

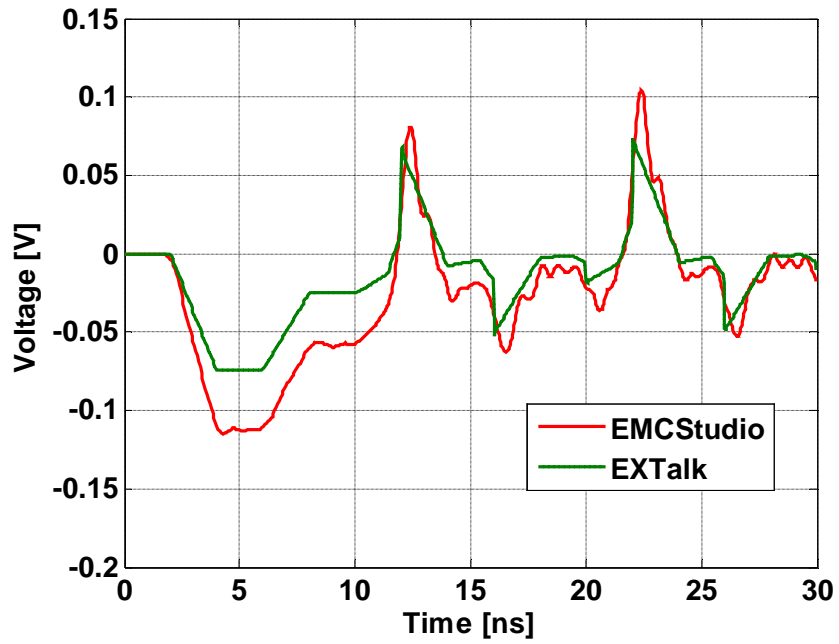
programebis muSaobis Sedegebi warmodgenilia Semdegi grafikebit (witeli grafiki aris EMC Studio-s gatvlebis Sedege, xolo mwane _ eqspertuli sistemis):



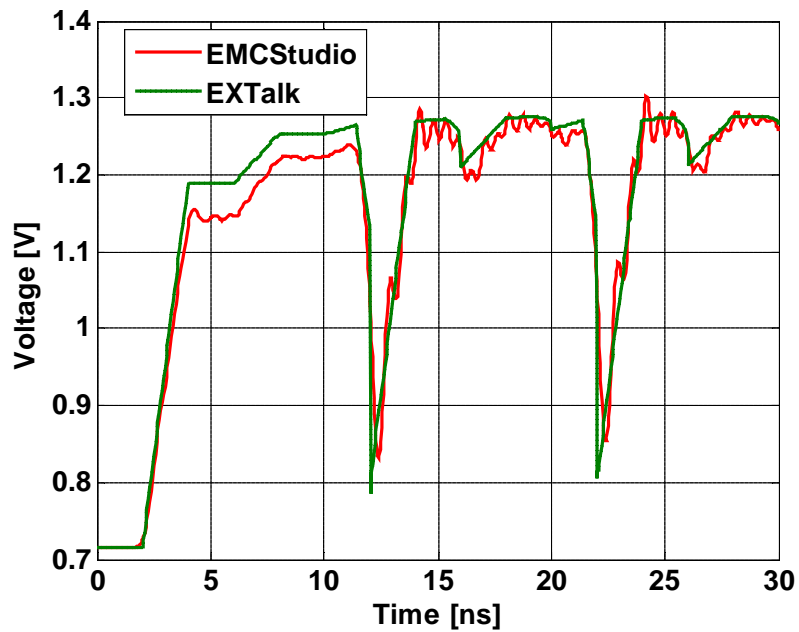
ნახ. 42. ზაბვა გამოსხივებელის მავტულის პირველ კონტაქტზე



ნახ. 43. ზაბვა მგრზნობიარე მავტულის პირველ კონტაქტზე



nax. 44. Zabva gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze



nax. 45. Zabva mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze

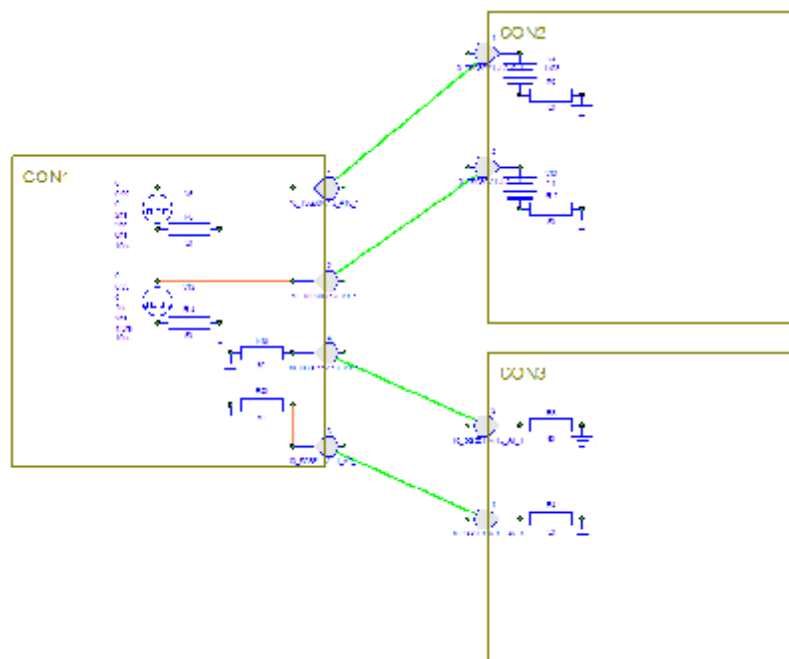
rogorc eqsperimentis Sedegebis Sedarebidan Cans ori programis muSaobis Sedegebi sakmaod didi sizustiT daemTxva erTmaneTs.



nax. 46. avtomobil is el eqtrogayvani l obis nawil i

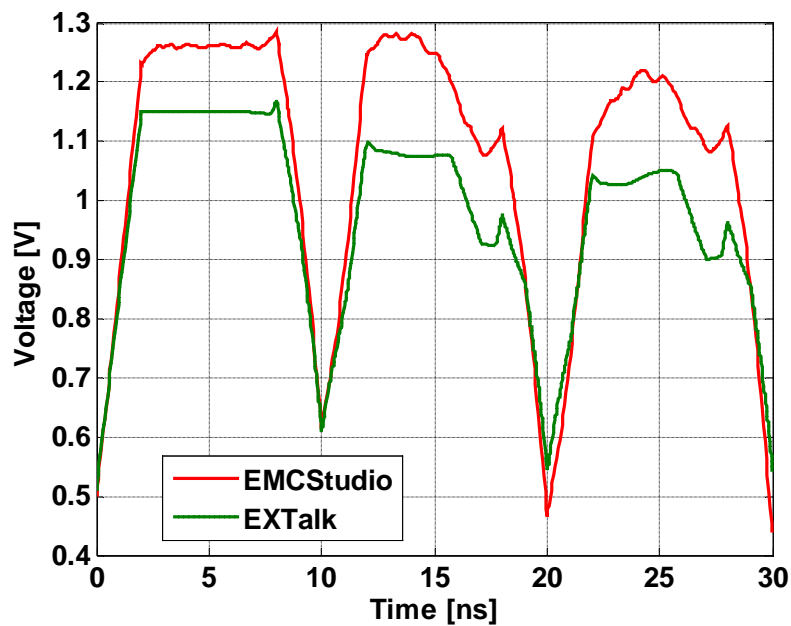
meore eqsperimentis dros aRebul iqna namdvil i avtomobil is el eqtrogayvani l obis nawil i (nax. 46). ori mavTul i aris gamomsxivebel i, xol o ori _ mgrZnobi are.

Sesabamisi el eqtrul i sqema mocemul ia nax. 47.-ze.

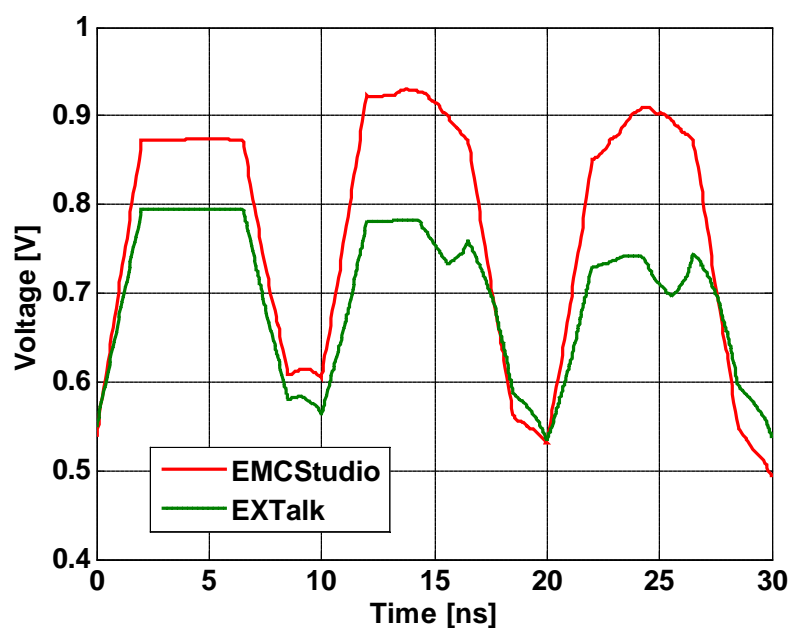


nax. 47. mavTul ebTan mierTebul i mowyobil ebebis sqema

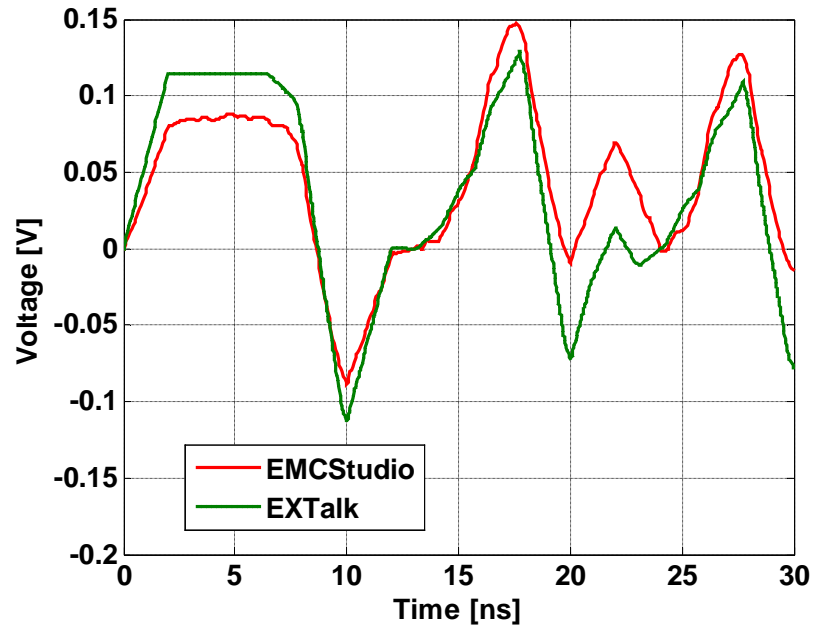
eqsperimentis Sedegebi warmodgenil ia Semdegi grafikebiT (wiTel i grafiki aris EMC Studio-s gaTvl ebis Sedegi, xol o mwvane _ eqspertul i sistemis):



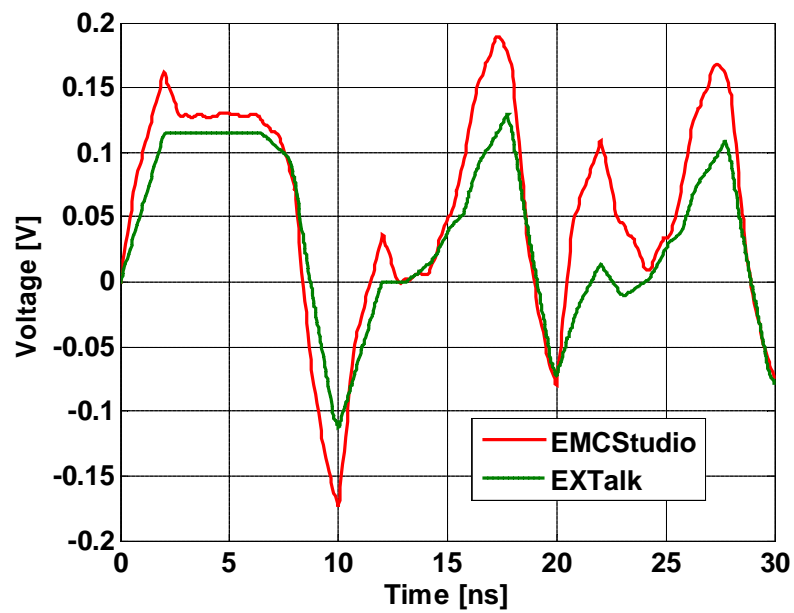
nax. 48. Zabva pirvel i gamomsxivebel i mavTul is pirvel kontakdze



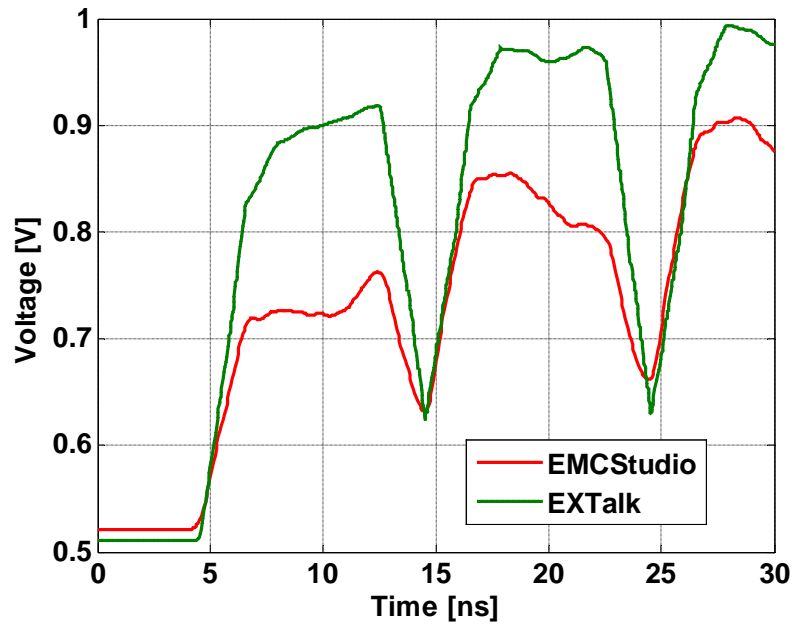
nax. 49. Zabva meore gamomsxivebel i mavTul is pirvel kontakdze



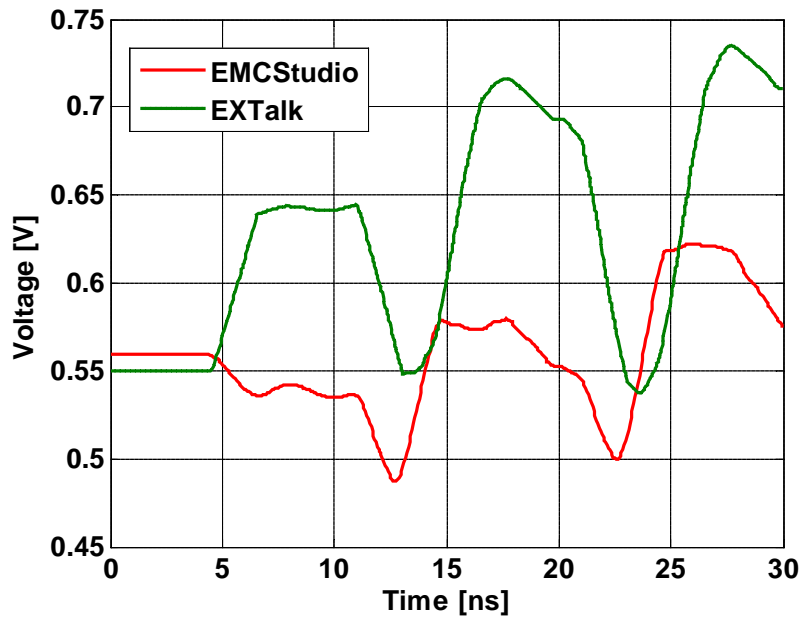
nax. 50. Zabva pirvel i mgrZnobiare mavTul is pirvel kontakqtze



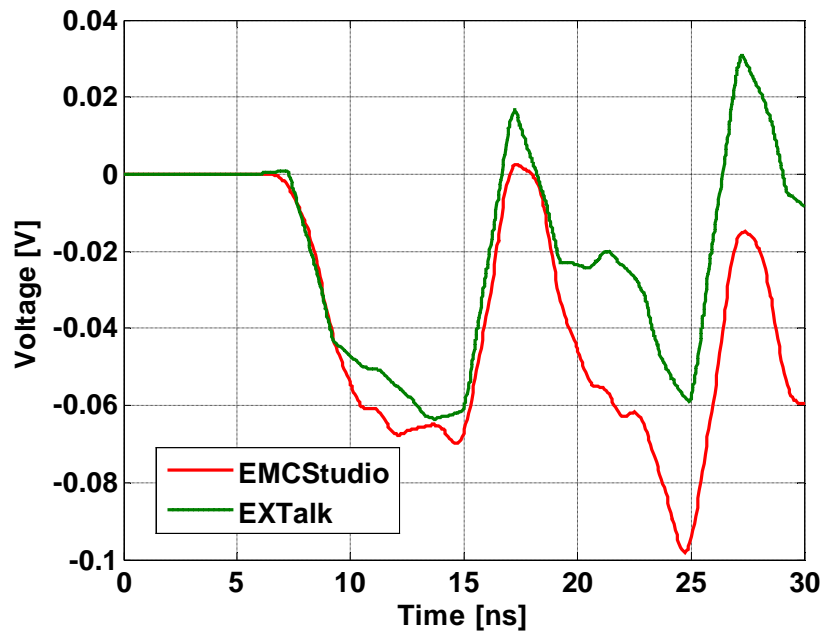
nax. 51. Zabva meore mgrZnobiare mavTul is pirvel kontakqtze



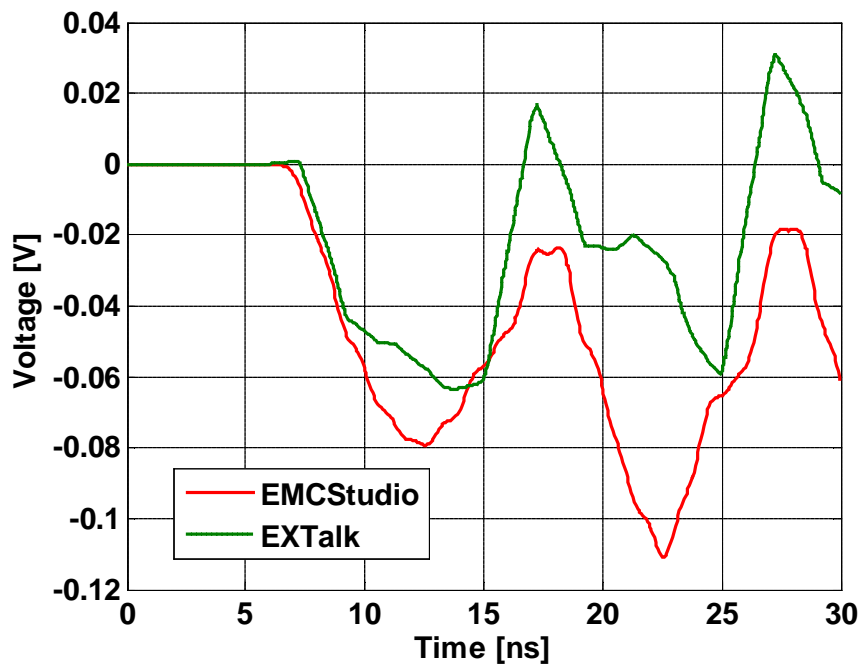
nax. 52. Zabva pirvel i gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze



nax. 53. Zabva meore gamomsxivebel i mavTul is meore kontakqtze



nax. 54. Zabva pirvel i mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze

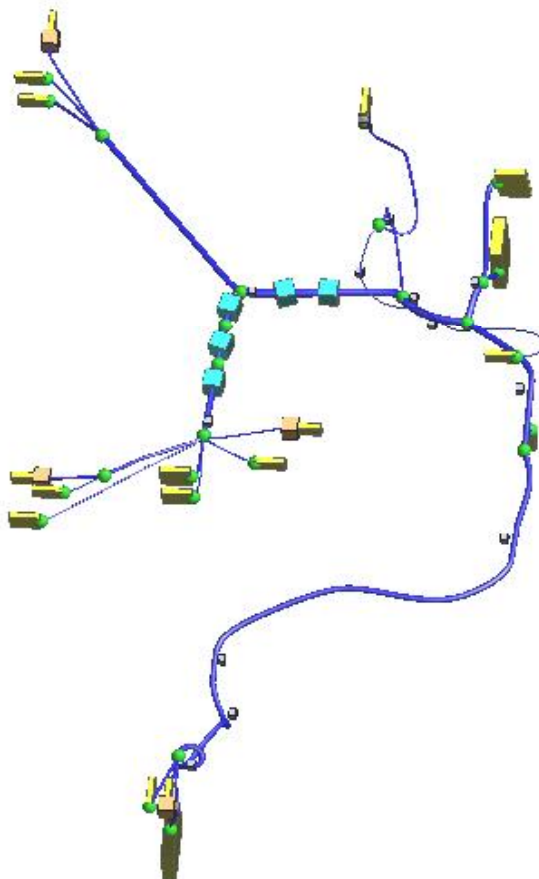


nax. 55. Zabva meore mgrZnobiare mavTul is meore kontakqtze

rogorc moyvanil i grafikebidan Cans, am SemTxvevaSic Sedegebi didi sizustiT emTxveva erTmaneTs. mcire gansxvavebebi

gamowveul ia im faqtiT, rom EMC Studio–sa da EMC Expert–Si SeuZl ebel ia zustad identuri model is Seqmna.

gaTvl ebisaTvis saWiro drois dasadgenad aRebul iqna mavTul ebis rTul i sistema 5 gamomsxivebel i da 40 mgrZnobiare mavTul iT (nax. 56).



nax. 56. avtomobil is rTul i el eqtrogayvani l obis nawil i

gaTvl ebis dro arsebul SemTxvevaSi Seadgenda 3 wuTs, rac sakmaod kargi Sedegia. programebSi, roml ebic iyeneben ricxviT meTodebs msgavsi sistemis gamokvl eva praqtikul ad SeuZl ebel ia Zal ian didi droiT i da gamoTvl iTi resursebis saWiroebis gamo.

4.3 daskvna meoTxe Tavis Sesaxeb

1. Catarebul ma eqsperimentebma gviCvena, rom EMC Experts-s SeuZl ia swrafad da didi sizustiT aRmoaCinos el eqtro-magnituri Tavsebadobis potenciuri probl emebis mqone areebi satransporto saSual ebis rTul el eqtrogayvanil obaSi. aseTi areebi SemdgomSi SesaZl ebel ia amoRebul iqnas gayvanil obis mTI iani model idan da gamokvel ul iqnas zusti meTodebis gamoyenebiT (ricxviTi meTodebi).

2. eqspertul i sistemis warmatebiT danergva iseTi avtomwarmoebl ebis sawarmoo procesSi, rogoricaa fol ksvageni, audi da reno, metyvel ebs mis udides praqtikul mniSvnel obasa da mis warmatebiT real izaciaze.

daskvna

sadiseriatio naSromSi warmodgenili el eqtromagnituri Tavsebadobis diagnostikisa da analizis eqspertuli sistemis samecnireo da praqtikuli Sedegebis ganxilvis safuZvelze SeiZl eba gakeTdes Semdegi daskvnebi:

1. Camoyal ibebuli satransporto saSual ebebis el eqtruli sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis aqtualurobis sakiTxebi. ganxiluli el eqtromagnituri Tavsebadobis kvlevis tradiciuli metodebi Tavisi dadebiti da uaryofiti mxareebiT. dasabuTebuli eqspertuli sistemis Seqmnis aucil eblioba.

2. SemuSavebuli iqna satransporto saSual ebebis el eqtrogayvani obis warmodgenis modeli, eqspertuli codnis warmodgenisa da gadwyvetil ebebis mirebis metodebi, el eqtromagnituri urTierTqmedebis modelirebis metodebi el eqtrodinamikur da el eqtroatatikuri gatvlebis birtvebze dayrdnobiT.

3. SemuSavebuli iqna kompl eqsuri programuli uzrunvel-yofa obiqtze orientirebuli da relaciuri metodebis gamoyenebit. SemuSavebuli iqna struqturebi monacemTa Senaxvisatvis, informaciis Zebnis, samganzomilebiani vizualizaciis, sqematuri warmodgenis saSual ebebi da momxmareblis grafikuli interfeisi.

4. eqspertuli sistemis muSaobis Sedegebis Sedarebam realur eqsperimentebTan da el eqtromagnituri Tavsebadobis sxva metodebit kvle ebebis SedegebTan gvivena misi muSaobis sakmaod didi sizuste. sistema warmatebit iqna danergili evropuli avtomwarmoeblebis sawarmoo procesSi.

gamoyenebul i literatura

1. <http://auto.ihs.com/news/newsletters/auto-nov04-electronic-components.htm> ukanasknel ad iqna gadamowmebul i - 15.01.2006.
2. Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems. London: Arnold, 2000, 412 p.
3. Rybak T., Steffka M. Automotive Electromagnetic Compatibility. New York: Kluwer Academic Publishers, 2004, 295 p.
4. Kashyap N. An Expert Systems Application in electromagnetic compatibility. A thesis for master of science in electrical engineering. University of Missouri-Rolla, 1997, 112 p.
5. Колмогоров А.Н., Новиков С.П. Численные методы теории дифракции, Сборник статей. Москва: Мир, 1982, 200 с.
6. Jackson P. Introduction to Expert Systems, 3rd edition. Boston, MA,: Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc., 1998, 542 p.
7. Форсайт Р. Экспертные системы, принципы работы и примеры. Москва: Радио и связь, 1990, 224 с.
8. Adedeji B. Badiru. Expert systems applications in Engineering and manufacturing. Englewood, NJ: Prentice-Hall, 1992, 436 p.
9. Попов Э. В. Искусственный интеллект, системы общения и экспертные системы. Москва: «Радио и связь», 1990, Книга 1,462 с.
10. http://www.prostep.org/file/19592.KBL_2_3_Model ukanasknel ad iqna gadamowmebul i - 28.09.2006.
11. Rogers D.F., Adams J.A. Mathematical elements for computer graphics. Singapore: McGraw-Hill, 1990, 611 p.
12. Krishnamoorthy C.S., Rajeev S. Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers. London: CRC Press , 1996, 320 p.
13. CogovaZe g., gogiCai Svil i g., surgul aZe g., Serozia T., Sonia o. marTvis avtomatizebul i sistemebis daproeqteba da ageba. Tbil isi: teqnikuri universiteti, 2001, 742 gv.
14. Грэй П. Логика, алгебра и базы данных. Москва: Машиностроение, 1989, 360с.
15. Сешу С. Балабанян Н. Анализ линейных цепей. Москва: Госенергоиздат, 1963, 550 с.
16. ReMesh users manual. Tbilisi: EMCoS, 2003, 79 p.
17. Karkashadze D., Tsereteli P., Muchaidze G. Modifications Of The EMC Solver Static3D To Meet The Requirements Of The Audi EMC-Department. Tbilisi: EMCoS, 2003, 43 p.
18. Wilton D.R., Rao S.M., Shaubert D.H., Al-Bunduck O.M., Butler C.M. Potential integrals for uniform and linear source distributions on polygonal and

- polyhedral domains. IEEE Trans. on Antennas and Propagation. March 1984, Vol.AP-32, pp.276-281.
19. Static3D Users manual. Tbilisi: EMCoS, 2006 , 21 p.
 20. Frei S., Jobava R., Karkashadze D., Gheonjian A., Yavolovskaia E. Calculation of Low Frequency EMC Problems in Large Systems with a Quasi-Static Approach. Santa Clara, USA: IEEE Internation Symposium on EMC, 2004.
 21. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн, Москва: Наука, 1973, 152 с.
 22. Harrington R.F. Time Harmonic Electromagnetic Fields. New York: McGraw Hill Inc., 1961, 496 p.
 23. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++. Москва: БИНОМ, 2000, 560 с.
 24. Холзнер С. XML: Энциклопедия. 2-е издание. СПб.: Питер, 2004, 1101 с.
 25. Страуструп Б. Язык программирования C++. Москва: БИНОМ, 2000, 990
 26. Харрингтон Д. Проектирование реляционных баз данных. Москва: Лори, 2006, 230 с.
 27. Хилл Ф. OpenGL, Программирование компьютерной графики.СПб.: Питер 2002, 1082 с.
 28. Ву М., Нейдер Д., Девис Т., Шрайнер Д. OpenGL. Официальное руководство программиста. СПб.: ДиаСофт 2002, 592 с.
 29. http://rpdrc.ic.polyu.edu.hk/old_files/stl_introduction.htm - ukanasknel ad i qna gadamowmebul i - 28.09.2006.
 30. www.ghg.net/clips/download/documentation/bpg.pdf - ukanasknel ad i qna gadamowmebul i - 28.09.2006.
 31. <http://www.ghg.net/clips/download/documentation/arch5-1.pdf> - ukanasknel ad i qna gadamowmebul i - 28.09.2006.
 32. Sommerville I. Software Engineering. New York: Addison-Wesley, 2001, 693
 33. Pressman R. S. Software Engineering, a practitioner's approach. London: McGrew Hill, 2000, 915 p.
 34. EMC Studio users manual. Tbilisi: EMCoS, 2003, 175 p.
 35. Chikhradze B., Topchishvili D., Demurov A, Jobava R. Expert System for Detecting and Curing EMC Problems of Automobile Harness. saqar Tvel os mecni erebaTa akademi is moambe. 2006, 3, gv. 469-471.
 36. CixraZe b., ToFCi Svili d., demurovi a., jobava r., gogi Cai Svili g. avtomobil ebis el eqtruli sistemebis el eqtromagnituri Tavsebadobis anal izi eqspertuli sistema EMCExpert-is saSual ebi T. mecni ereba da teqnologi ebi. 2006, 4-6, gv. 28-30.
 37. Topchishvili D., Jobava R., Bogdanov F., Chikhradze B., Frei S. A hybrid MTL/MOM approach for investigation of radiation problems in EMC. DIPED, 2004, pp. 65-68.