

Eskobiladun motore elektriko diagnostikorako sistema aditua

J. Romo Uriarte & F. Lopez Valencia

Automata, Elektronika eta Telekomunikazioak
Euskal Herriko Unibertsitatea,
644 P.K., 48080 Bilbao.

Summary

Expert Systems are software that comply with a specific area of knowledge, and they are part of the techniques known as Artificial Intelligence.

MORGAN, the software presented in this article, is a tool for the diagnosis of electrical motors with brushes. Therefore, the aim of this software is to predict the failures of the motors using brushes.

For the developing of the MORGAN system, the M.I language -the kernel of the software- has been used. Since many data are used, and in order to avoid too hard references to the user, the software has been completed with two database.

*To draw the Knowledge up, rules were used, and as the consequent Knowledge Base was too vast, it was necessary to divide it into 16 modules. The main source of information was **Morgan Crucible Group** company, and the programming was made in the **Bilboko Injinerutzako Goi Mailako Eskola Teknikoa**.*

Laburpena

Adimen Artifizialaren eremuan kokaturik dauden Sistema Adituak jakintzaren arlo zehatz bati erantzuten dioten programa informatikoak dira.

Artikulu honetan aurkezten den MORGAN izeneko programa, eskobiladun motore elektrikoaren diagnostikorako tresna baliagarria da. Software honen helburua, beraz, eskobilaz horniturik dauden motore elektrikoek izan ditzaketan aberia edo matxurak aurrikustea da.

MORGAN sistemaren garapenerako M.I lengoia aukeratu da eta oinarria bertan datza. Datu-kopuru handiak maneiatu ahal izateko eta erabiltzailearen ikuspegitik begiraturik kontsulta astunak saihesteko, programari bi Datu Base erantsi zaizkio.

*Ezagutza adierazteko arauak edo erregelak erabili dira, eta Ezagutza Basea oso zabala izanik, 16 modulutan banatu izan da. Ezagutza Basea eratzean, informazio-iturri nagusia **Morgan Crucible Group** enpresa izan da eta programazioa **Bilboko Injinerutzako Goi Mailako Eskola Teknikoan** burutu izan da.*

Sarrera

Sistema Aditu bat definitzeko, zenbait gizaki jakintsuren esperientzian oinarrituriko ordenadore-programa bat dela esan dezakegu. Ordenadoreak gizakiaren ezagutza kodetu eta egoera zehatz batean aplikatu egiten du.

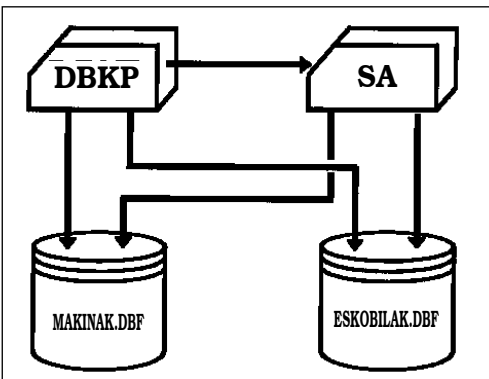
Sistema Adituak programak besterik ez dira, eta Adimen Artifizialaren arloko zatiak direnez, Informatikaren ataltzat kontsidera daitezke.

Sistema Adituaz aztertuz gero emaitza onak eskaintzen dituen bizitzako zenbait eremu bada, eta hauetan edozein makinaren matxurak kontrolatzeko diagnostiko-sistemak interesgarrienerakoak izan daitezke.

Software hau gauzaterakoan izan den helburua, ondoko hau da: aditu batek motore elektriko baten matxura identifikatzeko erabiliko lukeen arrazonamendua, programa informatiko batean implementatzea. Gure lana gorpuzteko Morgan Crucible Group enpresaren laguntza izan dugu, eta haren ohorez sistemari MORGAN izena jarri zaio.

Programaren arkitektura

MORGAN Sistema Adituaren garapenean nagusiki M.I lengoaia erabili da, baina programagarria den DBASE III+ aplikazioa eta C programazio-lengoaia ere behar izan dira.



1. irudia. Morgan sistemaren bloke-diagrama.

Sistema Aditu batek ebartziko duen arazolari buruzko datu anitz behar du, baina informazio zuzen hau ezezik problemaren arlo hurbilean dauden beste datu asko ere ezinbestekoak ditu. Horregatik eta datu-kopuru handiak maneiatzeko, M.I lengoia idatzitako programa MAKINAK.DBF eta ESKOBILA.DBF bi Datu Basez osaturik dator. Aipatu diren DBASE III+ eta M.I arteko loturak edo interfazeak C lengoiaz programatu dira.

Hasierako hurbilketan, MORGAN Sistemak alde bi ditu (ikus **1. irudia**). Lehenengo Datu Base bien kudeaketa burutzen duen programa (DBKP), eta bigarrena Sistema Aditua (SA) bera.

MORGAN egikartzeko DIAGNOS.BAT ize-neko lote-fitxategi bat egikaritu behar da eta horrek kontrola Datu Baseen Kudeaketa Programari (DBKP) pasatuko dio.

Datu Baseen Kudeaketa Programak (DBKP) duen menu nagusian ikus daitekeenez, gehienbat Sistema Adituaren eta MAKINAK.DBF eta ESKOBILA.DBF datu-baseen arteko lotura egiteko balioko du.

Datu Baseak Kudeatzeko Programa (DBKP)

Programa hau menuen bitartez gidatzen da eta programagarria den dBase III+ aplikazioaren bitartez idatzi da. Menu nagusiak jarraian agertzen diren aukerak ditu:

MENU NAGUSIA

- 1 Makinen Datu- Basea
- 2 Eskobilen Datu Basea
- 3 Sistema Aditua Egikaritu
- 4 DBASE-ra irten
- 5 DOS-era irten

Hirugarren aukera Sistema Adituaren atea da eta duen garrantziagatik ondoko **4.** puntuan sakonago azalduko dugu.

Lehenengo eta bigarren aukerak beste maila bateko menuak irekitzen dituzte; makinak eta eskobilak kudeatzeko datu-baseena, hain zuzen. Hona hemen haien aukerak:

MAKINEN AZPIMENUA

- 1 Makina berri bat
- 2 Makina baten ezabaketa
- 3 Makina baten datuak berriztu
- 4 Makina baten datuak erakutsi
- 5 Informazio guztia zerrendatu
- 6 Menu nagusira itzuli

ESKOBILEN AZPIMENUA

- 1 Eskobila berri bat
- 2 Eskobila baten ezabaketa
- 3 Eskobila baten datuak berriztu
- 4 Eskobila baten datuak erakutsi
- 5 Informazio guztia zerrendatu
- 6 Menu nagusira itzuli

Aukerak izendatzeko jarri diren esaldiak nahikoa esangurutsuak direnez, ez gara honetaz gehiago luzatuko. Gaizki dabilen makina baten kontsulta egin nahi bada, makina horren datuek MAKINAK.DBF fitxategian bilduta egon behar dutela eta horretarako DBKP programa erabil daitekeela besterik ez dugu esango. Makinaren informazioa MAKINAK.DBF fitxategian pilatuta egon eta gero, kontsultan zehar Sistema Adituak datu base horretan gorderik dagoena irakur dezakeenez, ez dio operatzaileari gehiegizko informaziorik eskatuko.

ESKOBILA.DBF fitxategiak gordetzen dituen datuak DBKP bitartez ere kontrolatzen dira, eta aurrerago azalduko denez, mota bereziko matxuren soluzioak emateko erabiltzen da.

Sistema Aditua (SA)

Sistema Aditua egikaritu nahi bada, lehenago aurreratu denez Menu Nagusiko hirugarren aukera hautatu behar da.

Makina baten kontsulta egin ahal izateko, Sistemak makina zein den jakin behar du eta horregatik **3.** aukera hautatzean ikertu nahi den makinaren erregistroaren zenbakia ope-

ratzaileari eskatuko dio. Sistema Aditua kargatu aurretik, ikertu nahi den makina pantailan agerturiko datuekin bat datorren ala ez ziurtatu beharko da.

Sistema Aditua kargatu ondoren makinaren sintomei buruz galdezka hasiko da, eta azkenean matxuraren zergatia aurkitzen badu, ebazpidea eskainiko du.

M.1 lengoaiaz idatzitako Sistema Aditu hau moduluka eratu da eta Ezagutza Basea modulu horietan zehar sakabanaturik dago. Ezagutza Basea modulu bakar batean idatzita balego, 150 kb inguru hartuko luke eta kontsultak oso astiro egingo lirateke, inferentzi motoreak ondorioa lortzeko dagokion araua bilatu beharko luke eta Ezagutza Basea handia izanik denbora luzea beharko luke.

Gainera, edozein unetan ez da Ezagutza Base osoa behar; bere zati jakin batzuk baidzik. Ezagutza Basea banaturik dagoenez, une bakoitzean behar diren moduluak kargatzen dira. Ezagutza Basea moduluka idaztearen beste arrazoi bat, programaren mantenturako eta depuraziorako eskaintzen duen erraztasuna da.

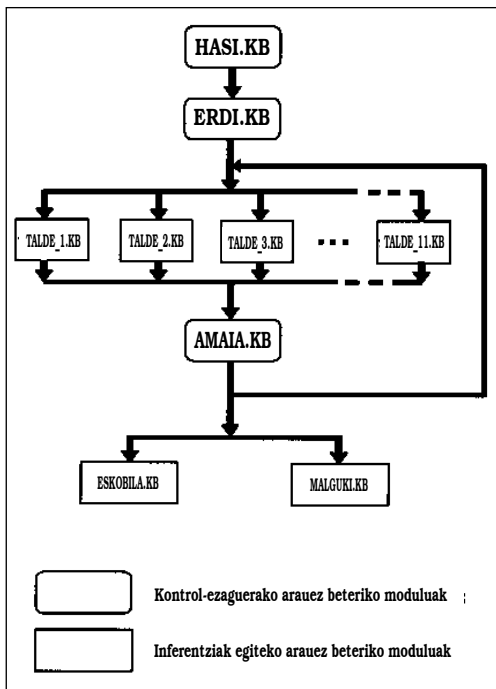
Ezagutza Base batek bi motako ezagutzak izaten ditu:

- * Arrazonamenduak egiteko balio duen ezagutza (judgement knowledge); ondorioak deduzitzeko arauak.
- * Kontrol-ezagutza (control knowledge); kontsulta nola gidatuko den zehazten dituzten arauak.

MORGAN Sistemaren eraiki diren moduluak guztira 16 dira (ikus **2. irudia**), modulu bakoitzean biltzen diren arauak elkarrekiko zerikusia dute eta lan konkretu bati erantzuten diote.

HASI.KB, ERDI.KB eta AMAIA.KB moduluak kontrol-ezagutzako arauak dituzte eta gainerakoek arrazonamendurako ezagutza gordetzen dute.

Matxura guztien sailkapena egin zen eta ondorioz TALDE-1.KB, TALDE-2.KB, TALDE-3.KB, ... , TALDE-11.KB moduluak sortu



2. irudia. Sistema adituen moduluak.

ziren, horrelako edozein modulutan matxura-mota bati buruzko arrazonamendua egiteko arauak edo erregelak daude. Hona hemen matxura-talde eta matxura-moten arteko erlazioa:

<u>TALDEA</u>	<u>MATXURA MOTA</u>
TALDE-1.KB	Konmutazio-eremua
TALDE-2.KB	Matxura mekanikoa
TALDE-3.KB	Eskobilaren gradu desegokia
TALDE-4.KB	Bibrazioak
TALDE-5.KB	Ingurugiroa
TALDE-6.KB	Zikinkeria
TALDE-7.KB	Eskobilak
TALDE-8.KB	Eskobila-etxearen posizioa
TALDE-9.KB	Kolektorearen matxura
TALDE-10.KB	Eskobila/Kolektorea ukigunea
TALDE-11.KB	Malgukien presioa

Kontsulta batean, hamaika talde horietako arauak kontuan izanik matxuraren zergatia bilatuko da. Matxura identifikatu ondoren, konpontzeko hartu beharreko neurrien oharra pantailaratuko da.

Hamaikagarren taldeko matxurak (Malgukien Presioa) eta batez ere hirugarrenekoak (Eskobilaren Gradu Desegokia) askotan gertatzen direnez (hirugarren taldeko azken hauek guztietan, alde handiz eta zalantzarik gabe, sarrien azaltzen dira), Sistema Adituaren emaitza ohar orokor bat izan beharrean proposamen zehatz bat izango da. Horretarako daude ESKOBILA.KB eta MALGUKI.KB moduluak; biak ESKOBILA.DBF datu-basearekin erlazionaturik. Modulu horietako arauen bitartez eskaintzen diren ebazpideak, oharrak izan ordez datu teknikoz beteriko aholkuak dira.

HASI.KB

Hasieran Programaren kontrola modulu honetara dator, eta bertako arauen bitartez ondoko helburua beteko du: kontsulta bateko matxuraren bilaketa erraztu eta bizkortuko duen lehenengo saioa egin.

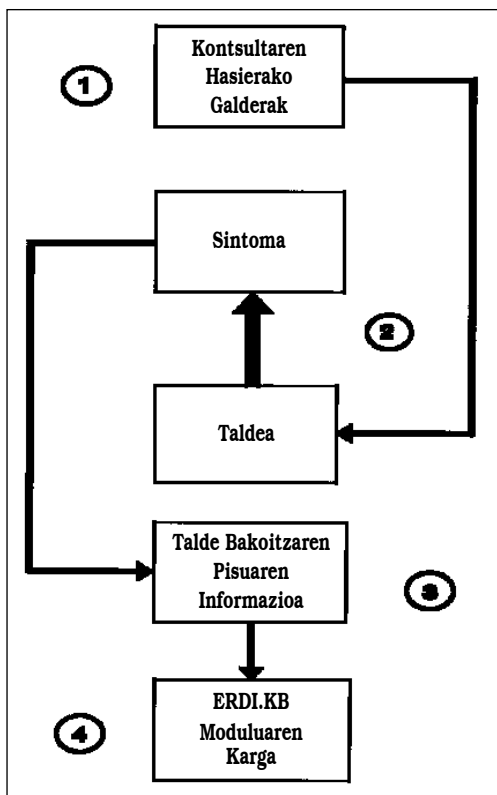
Arrazonamendurako diren hamaika talde-etatik, bilatzen den matxura talde bakar batean aurkituko da. Zenbait galdera orokor eta Datu Baseetan dagoen informazioaren arabera matxura-talde bakoitzari pisu bat erantsiko zaio; matxura edukitzeko probabilitatearen neurria, hain zuzen.

HASI.KB modulua helburua beraz, aztertzen den kasurako hamaika taldeen ordenazioa finkatzea da. Pisurik handiena duen taldea da garrantzitsuena eta matxura-bilaketa bertara zuzenduko da.

Inferentzi motoreak ebaluazioak egiteko atzeranzko kateaketa erabili behar du. Laukiren artean gorantz doan gezi lodiak (ikus **3. irudia**) horrelako teknika adierazten du.

HASI.KB modulua barne-egitura:

- 1 Hasierako galderak egin ondoren (galdera hauek oso orokorrak dira), aztergai



3. irudia. HASI. KB moduluen diagrama.

diren hamaika taldeentzat pisuak kalkulatu dira. Baina horretarako

- 2 bitarteko eta laguntzailea den **sintoma** barne-adierazpena atzeranzko kateaketa ez ebaluatu behar da.
- 3 Pisuen arabera hamaika taldeen garrantzia pantailaratu erabiltzaileari erakutsi eta
- 4 hurrengo ERDI.KB modulua kargatu.

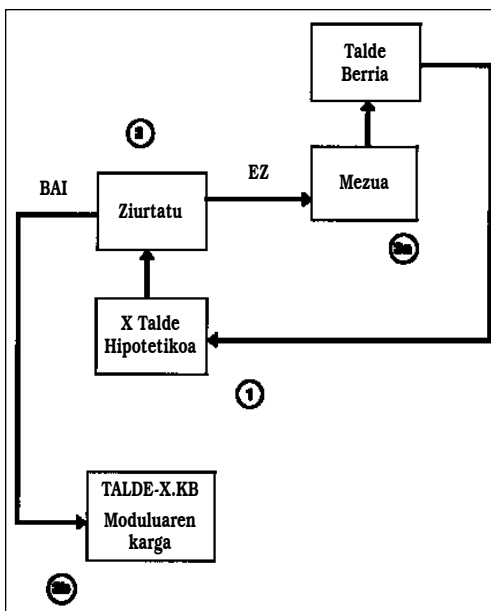
ERDI.KB

Pisurik handiena duen taldea (talde hipotetiko) harturik, kontsultako matxura matxura-

-talde horretakoa izan daitekeen ala ez ziurtatu behar da.

Modulu honen zeregin nagusia egiaztapen bat egitea besterik ez da (ikus 4. irudia). Hona hemen bere barne-egitura:

- 1 Aurreko modulutik kontrola jaso eta talde pisutsuena aukeratu.
- 2 Konprobaketarako gai diren galderak eginez ala daturen bat Datu Basean frogatuz **ziurtatu** adierazpena kalkulatu da.
- 3a Ezezkoan, mezu bat pantailaratu eta hipotesi berri bat (hurrengo pisudun taldea) hartuko da.
- 3b Baiezkoan, matxurak matxura-talde hipotetiko horretakoa izateko posibilitate handiak dituzenez, TALDE-X.KB modulua kargatuko da.

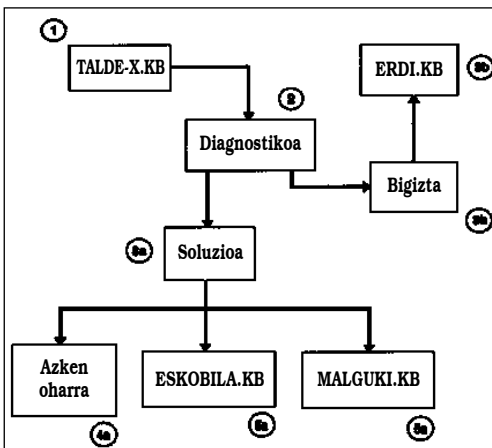


4. irudia. ERDI. KB moduluen diagrama.

AMAIA.KB

5. irudiko diagraman ikus daitekeenez, **diagnostikoa**, **soluzioa** eta **bigizta** AMAIA.KB deritzon azken modulu honen zatiak dira.

- 1 Talde hipotetikoa ziurtatu ondoren, TALDE-X.KB bezala ezagutzen diren bere arau espezifikoak kargatu dira.
- 2 **Diagnostikoa** egiten da eta
- 3a positiboan denean **soluzioa** adierazpena ebaluatzen da.
- 4a Matxura identifikatu denez, mezu baten bitartez, hura konpontzeko hartu behar diren neurriak pantailaraten dira. Zergatiaren azalpenarekin batera, ebazpenaren ziurtasun- faktorea ere eskaintzen da.
- 5a Hirugarren edo hamaikagarren taldeetako maiztasun handiko matxurak suertatzen direnean informazio tekniko zeteriko oharra pantailaratu beharko denez, ESKOBILA.KB eta MALGUKI.KB arau-multzook kargatuko dira.
- 3b **Bigizta**: kontrola atzera itzultzeko balio duen arau-multzoa. Nahiz eta talde hipotetikoa posibilitate handikoa izan,



5. irudia. AMAIA.KB modulua diagrama.

aztertzen den matxura berari ez badagokio ERDI.KB berriz kargatu eta egikaritu egingo du.

Sistemaren funtzionamendua: Informazio-sarrerak

MORGAN Sistema Adituaren Sistemak dituen informazio-sarrerak ondokoak dira:

- * Kontsultan zehar Sistemak egindako galderetatik lortu diren erantzunak.
- * Makinen Datu Basetik motoreari buruz atzerako informazioa.
- * 43 eskobila ezberdinen parametroak metatzen dituen Datu Basetik eskuragai den informazioa.

Hiru informazio-iturri horien artean hierarkia bat dago, eta Sistemak ez dio operatzaleari datu-basean dagoen ezer galdetuko. Hau da, cache memoriara informazio bat eraman behar denean Sistemak galdetu baino lehen datu-basean dagoen ala ez begiratu du eta egonez gero bertatik hartuko du. Barne-operazioa litzateke eta erabiltzaileak ez luke ezer tekletatu. Informazioa arauetatik inferitu ezin bada eta datu-basean agertzen ez bada, orduan galdetuko zaio erabiltzaileari.

Sistema Adituak galdera bat egiten duenean, laguntza gisa, erantzun posibleak pantailaraten ditu. Erabiltzaileak erantzun osoa teklea dezake ala erantzunari dagokion zerbakia eman dezake. Aukeragarri diren erantzunak bat baino gehiago direnean, haien batuketa logikoa egin daiteke. Adibidez, Sistemaren galdera honen aurrean:

Eskobilen itxura zein da?

1. Ukigunea kobrezaturik dago
2. Ukiguneak ispilua dirudi
3. Ukigunean erredurek daude
4. Marruskadura-zaratak
5. Ertzak apurtuta daude

Erabiltzailearen erantzuna **2 eta 5** izan daiteke.

Zalantzako egoeretan erantzun ponderatuak erabil daitezke. Adibidez, zarata txikiak entzuten badira eman daitekeen erantzuna **4 zf 35** izan daiteke. Ziurtasun-faktorerik ematen ez denean, Sistemak egia biribila dela kontsideratu eta 100 ezarriko dio. Adierazpen bat egiazat jotzeko ziurtasun-faktoreak 20tik gorakoa izan beharko du.

Galderaren erantzunak baiezkoa ala ezezkoa izan behar duenean, bat besterik ez da onartuko. Baina erantzuna ezagutzen ez bada, **ezezaguna** hitza ere teklea daiteke. Adibidez:

Makinan txinpartak agertzen al dira?

1. Bai

2. Ez

Ezezaguna

Azken erantzun honetaz larregi baliatzea ez da komeni. Sistema Adituaren ondorioen fidagarritasuna eman zaion informazioaren kalitatearen menpekkoa da eta horrelako erantzun askorekin ez dago diagnostiko zuzenik egiterik. Ziurtasun-faktore txikiak sartzeari buruz gauza bera esan daiteke.

M.1 lengoaiak inferentzi motorearen hari deduktiboari jarraitzeko aukera ematen du. Sistemak galdera bat formulatzen duenean, **zergatik** erantzun daiteke. Horrelakoetan galderarekin zer bilatzen ari den informatuko du eta ondoren galdera berriro errepikatuko du.

Ondorioak

Artikulu honetan diagnostikorako programaturiko Sistema Aditu baten azalpenak eman ditugu. Sistema Adituak definizioz, jakintza-ren arlo zehatz baterako programa informatikoak dira. MORGAN Sistema Adituak eskobiladun motore elektrikoaren diagnostikoaren esparrua bete nahi du.

Jakina denez, Sistema Aditu baten osagaiak Ezagutza Basea eta Inferentzi Motorea

dira. Gure kasuan Ezagutza adierazteko, M.1 lengoaiak derrigorturik, arauak erabili dira.

Erabilpenerako aurkitu den eragozpenik handiena, Ezagutza Basearen tamaina izan da. Oso zabala zelako zatikatu eta hamasei modulutan banatu zen. Azken zailtasun hau gainditu eta gero, kontsulta egiteko, sistema erabiltzea oso erraza da, baina makina elektrikoak eta beren problemak ezagutzea ezinbestekoa da (ikus **ERANSKINA**).

MORGAN programak eskainiko lituzkeen onurak hauek lirateke:

- * Makinak konpontzeko behar den denbora laburtzea, diagnostikoa emateko Sistema Adituak behar duen denbora gizaki adituak beharko lukeena baino txikiagoa delako.
- * Edozein enpresatarako gizaki aditu berri bat lortzea, prozesu luzea da. MORGAN Sistema Aditua bikoiztea, ordea, berehalako lana litzateke.
- * Baliabide berri hau lukeen enpresak Mantenimendu Elektrikoaren Sailean langile gutxiago beharko luke eta kostuak arindu egingo lirateke.
- * Sistema Aditua, dedukzioen hariari jarraitzeko **zergatik** erantzunaren bidez, lantegiko teknikariak trebatzeko erabil daiteke.
- * Sistema Adituaren fidagarritasun handia: Soluziorik gabeko egoeretan ez du ezer lortuko, aurretik kodetu den jakintzan oinarritzen delako. Baina, hipotesi guztiak arakatu dituzte, bat ere ahaztu gabe.
- * Sistema Aditua PC, edo bateragarria den ordenadorerako idatzita dagoenez, oso eramagarria da eta diagnostikoa makina dagoen tokian egin daiteke.
- * Sistema irekia da, eta Ezagutza Basea aldatzea edo osatzea oso erraza da. Jakintza gehiago eskuratzean arau bezala formulatu eta Ezagutza Basera eraman daiteke.

* Proposatutako Sistemak ez luke enpresaren gestioan irla bakun bat izan behar. Makinen eta eskobilen datuak informatizaturik izanik, beste programa ezberdin batzuetarako baligarriak izan daitezke. Izan ere, MORGAN programa egitura informatiko konplexuagoan integra daiteke.

ERANSKINA

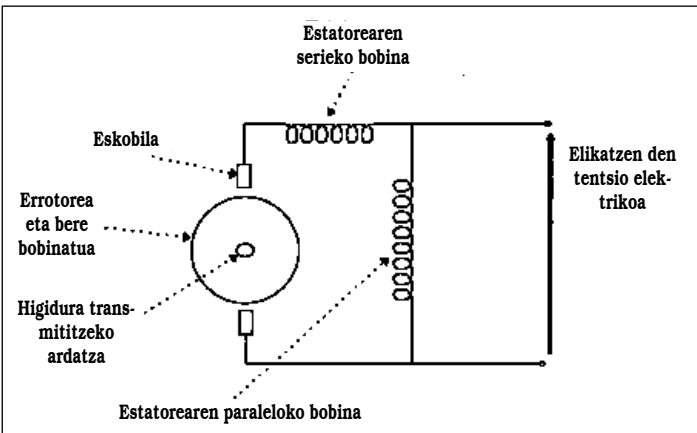
Eskobiladun motore elektrikoak

Motore elektrikoak, energia elektrikoak energia mekaniko bilakatzen duen makina da (ikus **6. irudia**). Era askotako motore elektrikoak daude: korrante jarraikoak, motore sinkronoak, asinkronoak eta abar. Motore elektrikoetan zati nagusi bi bereiz daitezke: estatorea eta errotorea (ikus **7. irudia**).

Motore gehienak korrante alternoz dabilta eta ez dute eskobilarik. Merkeenak eta ugarienak dira. Baina fabrikazio-prozesu



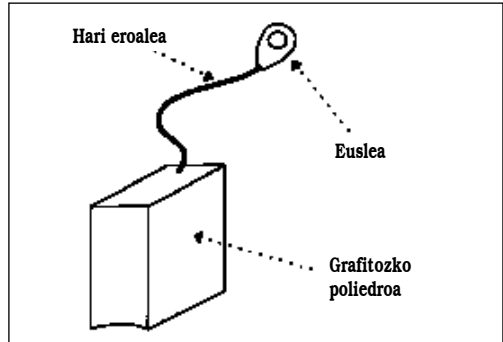
6. irudia. Motore elektriko baten bloke funtzionala.



7. irudia. Korrante jarraiko motore baten eskema.

askotan motorearen abiadura estu kontrolatu beharra dago. Hori lortzeko orain arte korrante jarraiko motoreak instalatu izan dira, hauek eskobilak dituzte eta lantegietan motore berezi gisa kontsideratzen dira.

Eskobila grafitozko poliedro bat da, eta bere zeregina geldirik dagoen estatorea eta errotore biragarria elektrikoki elkarri konektatzea da. Eskobilaren zati garrantzitsuenak (**8. irudia**) hauek lirarteke: grafitozko gorputza, kobrezko girten malgua eta euslea.

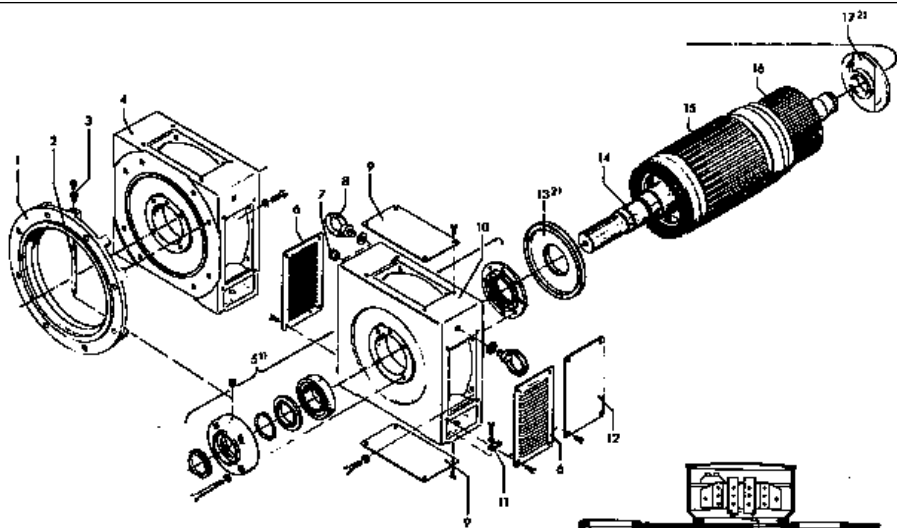


8. irudia.

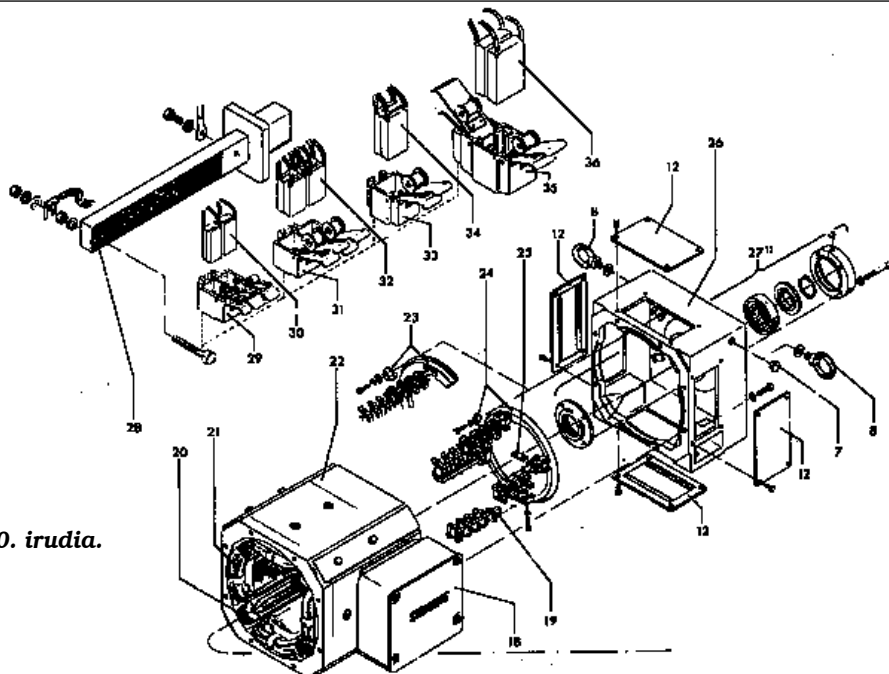
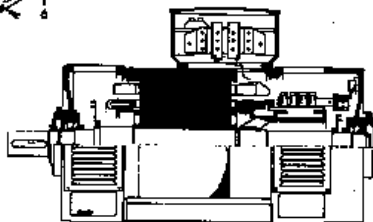
Korrante jarraiko motore baten osagaiak **10. irudian** erakusten dira. Ikus daitezkeenez **30, 32, 34** eta **36** zenbakiz zehaztuta dauden piezak eskobilak dira eta **29, 31, 33** eta **35** eskobila-etxeen barruan jartzen dira.

Estatorea (**21** zenbakiz **10. irudian** adierazten da) eta errotorea (**15** zenbakiz **9. irudian** zehazturik dator) bobina osaturiko zirkuitu elektrikoak dira eta eskobilak korrantea igarotzeko ala geldiarazteko etengailuak dira.

Eskobila-etxeak estatorean kokatuta eta geldirik daude. Barnean eskobilak ditugu. Eskobilek errotorearen zati den kolektorea (**16** zenbakiz agertzen da **9. irudian**) ukitzen dute. Kolektoretik korrantea ira-




9. irudia.



10. irudia.

ganez zenbait zirkuitu itxi eta bobinak elektrikoak elikatzen dira, eremu elektromagnetikoak induzitzen dira eta errotorearen biraketa

eragiten da. Ondorioz, kanpotik datorren energia elektrikoa motore barruan higidura (energia mekaniko) bilakatzen da. 

Bibliografia

- (1) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Carbon Brushes and Electrical Machines", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1961)
- (2) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Grades and Characteristics of Brushes, ADS 1", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1975)
- (3) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Carbon Brushes for Automotive and Consumer Product Applications, E 31", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1989)
- (4) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Chart of Common Difficulties on Rotating Electrical Machines & Commutator Film Chart, E 22", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1985)
- (5) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Morganite Brushe, Montage and Conservation, C 38", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1980)
- (6) MORGANITE ELECTRICAL CARBON LIMITED; "Morganite Brushe, Commutator and Slip Ring Maintenance Handbook, C 39", Morganite Electrical Carbon Limited. Londres (1980)
- (7) ROSENBERG, R.; "Electric Motor Repair", Holt-Rinehart-Winston Inc., New York (1985)
- (8) RUIZ VASSALLO, F.; "Manual de Regulación de Velocidad de Motores C.C.", Ediciones Ceac. Bartzelona (1983)
- (9) LOBOSCO Y DIAS; "Selección y Aplicación de Motores Eléctricos", Marcombo S.A. Bartzelona (1989)
- (10) HARMON AND KING; "Expert Systems. Artificial Intelligence in Business", John Wiley and Sons Inc., (1985)
- (11) NILSSON, N.J.; "Problem-solving Methods in Artificial Intelligence", McGraw-Hill, New York (1971)
- (12) NILSSON, N.J.; "Principles of Artificial Intelligence", Tioga, Palo Alto (1980).