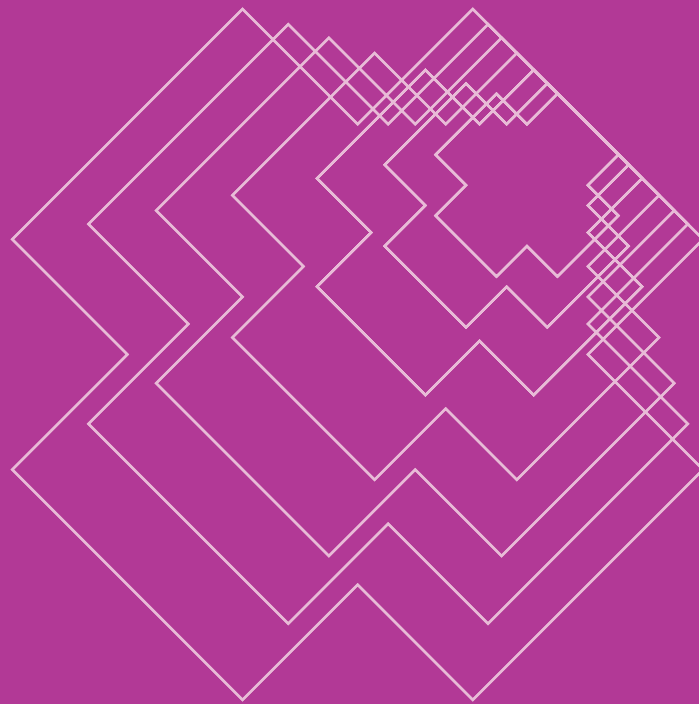
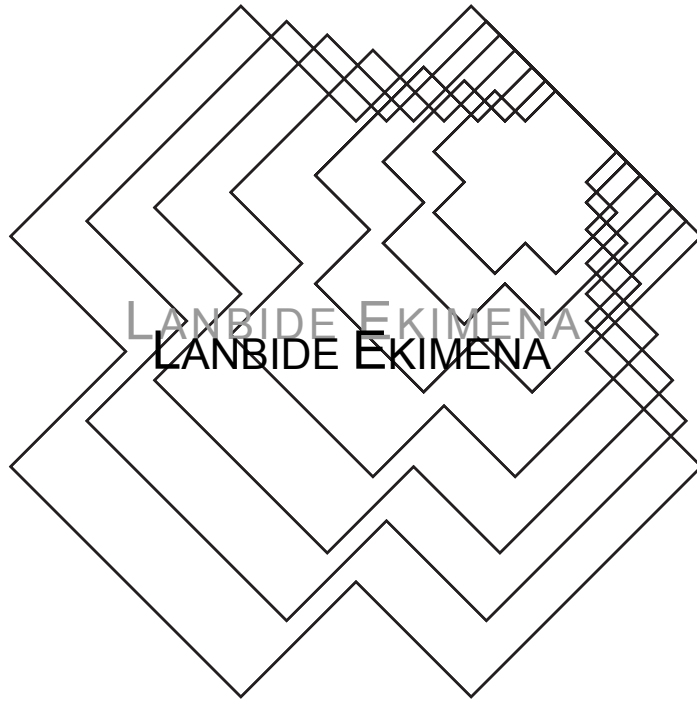




Robotika



LANBIDE
EKIMENA



▣ *Proiektuaren bultzatzaileak*



ikasLAN
Gipuzkoa



ikasLAN
Bizkaia



ikasLAN
A r a b a

▣ *Laguntzaileak*



Bizkaiko Foru
Aldundia
Lan eta Trebakuntza Saila

Diputación Foral
de Bizkaia
Departamento de Empleo y
Formación

ELUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE
ETA IKERKETA SAILA
LANBIDE HEZIKETAKO
ZUZENDARITZA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE
FORMACIÓN PROFESIONAL

▣ *Hizkuntz koordinazioa*



hizkuntz
ELHUYAR
zerbitzuak

Egilea(k):



IMH Makina Erramintaren institutua. ELGOIBAR

Francisco Navarro irakaslea.

Itzultzailea: Igor Urresti

Zuzenketak: ELHUYAR Hizkuntz zerbitzuak

Maketa: Ainara Sarasketa

Azalaren diseinua: Naiara Beasain



Aurkibidea

1. Industria-robotika: kontzeptua eta definizioak	1
2. Robot-motak.....	4
3. Robotikaren erabilerak	8
4. Roboten mugak.....	17
5. Industria-robotaren egitura	18
6. Roboten ezaugarri nagusiak	48
7. Tc _p (tool center point) kontrol-sistema	53
8. Programazio-sistemak	55
9. Roboten programazio-sistemen eskakizunak	60

ROBOTIKA

1 INDUSTRIA-ROBOTIKA: KONTZEPTUA ETA DEFINIZIOAK

Maneiagailua

Askatasun-graduen kopuru desberdinak izan ditzakeen eta objektuei heldu eta desplazatzeko erabiltzen den mekanismoa da. Normalean artikulatuak edo beraien artean lerrakorrak diren seriean jarritako elementuez osatuta dago. Funtzioanitza da eta zuzenean giza operadoreak edo edozein sistema logikok (espekak, logika pneumatikoa, logika elektriko kableatua edo programatua) agindua izan daiteke.

Industria-robota

Posizio-serbosistemadun, birprogramagarria eta balioanitza den maneiagailu automatikoa da. Mugimendu aldagarri eta programagarri jarraituz materialak, piezak, erremintak edo edozein gailu erabilgarri posizionatu eta orientatzeko gai da era askotako zereginak burutzeko.

Amaieran eskutur-itxurko beso bakar edo anitzen eitea izaten dute sarri. Roboten aginte-unitateek memoria-gailua, eta batzuetan, pertzepziorako eta ingurura eta egoerara egokitzeko gailuak izaten dituzte.

Makina balioanitz hauek eskuarki funtzio berdina ziklikoki burutzeko egiten dira eta materialari aldaketa iraunkorrik egin gabe ere beste funtzio batzuk betetzeko egokituak izan daitezke.

Definizio hedatuenaren arabera industria-robotak birprogramagarria den maneiagailu balioanitza da, eta mugimendu aldagarrien bidez materialak, pieza mekanikoak edo edozein gailu espezializatu mugitzeko diseinatuta dago. Gainera, era askotako zereginak automatikoki burutzeko programatua izaten da.

Giza funtzio fisikoak errepikatzen ahalegintzen den makina programagarria dugu.

Hasieran, lan arriskutsu eta errepikakorrek edo beraien pisu edo tamainagatik erabiltzen zailak ziren piezekin egin beharreko zereginetan giza ekintzak ordezkatzeko sortu ziren.

Robotak, egin behar izango dituzten mugimenduen arabera diseinatzen dira, beraien programazioa kontuan hartu gabe. Hau da, ez dira egin beharreko eginkizunaren arabera diseinatzen, eta horregatik, tresna oso malguak dira.

Teknologia-maila txikitik handiagora ordenatuta, honelako zeregin-motak egiteko gai diren gailuetan maneigailuak, ikaste bidezko robotak, ordenagailu bidez kontrolatutako robotak eta adimendun robotak bereiz ditzakegu.

Ondorengo taulan robotika-elkarte nagusien araberako maneigailu eta industria-roboten sailkapenak agertzen dira.

RIA (Robot Institute of America) eta europar adieraren araberako tipologia eta deskribapena	JIRAre (Japan Industrial Robot Association) araberako sailkapena	AFRIren (Association Française de Robotique Industrielle) araberako sailkapena
<p>1. Maneigailu sinplea Gizakiak zuzenean agindutako eta gizakiari laguntzeko asmatutako artikulazio anitzeko sistema mekaniko balioanitza. Automatizazio-maila oso txikia edo nulua da.</p>	<p>A) Eskuzko maneigailua Gizakiak zuzenean gidatutako maneigailua.</p>	<p>A) Maneigailu normala Gutxienez lau askatasun-gradu dituen eta gizakiak zuzenean gidatzen duen maneigailua.</p> <p>A1) Muskulu-bidezko maneigailua Agintea kargan bertan edo inguruetan egindako zuzeneko ekintzaren bidez burutzen da.</p> <p>A2) Telemaneigailua Agintea urrutira egiten da palanka edo pultsadoreen bidez.</p>
<p>2. Maneigailu sekuentziala Aurrez zehaztutako baldintzetan autonomoki zeregin errepikakorrek pausoz pauso betetzen dituen maneigailua.</p> <p>2. a) Sekuentzia finkoko maneigailua Pausoen sekuentzia eta baldintzak aldatzea oso zaila da.</p> <p>2. b) Sekuentzia-aldagarriko maneigailuak Bai sekuentzia, bai baldintzak nahiko erraz alda daitezke eta nolabaiteko malgutasuna dute.</p>	<p>B) Robot sekuentzialak Aurrez zehaztutako prozedura, baldintza eta posizioen arabera sekuentzialki lan egiten duten maneigailuak.</p> <p>B1) Sekuentzia finkoko robota Aurrez zehaztutako informazioa ez da erraz aldatzen.</p> <p>B2) Sekuentzia aldagarriko robota Aurrez zehaztutako informazioa erraz alda daiteke.</p>	<p>B) Maneigailu automatikoa (MA) Ardatz anitzeko, serbokontrolirik gabeko eta ziklo automatikoko maneigailua.</p> <p>B1) Sekuentzia finkoko MA Tope, espeka, etab.en bidez mekanikoki erregulatutakoa.</p> <p>B2) Sekuentzia aldagarriko MA Diodo-matrize, automata programagarri edo mikroprozesadoreen bidez erabiltzaileak programatzeko. Ardatz bakoitza mekanikoki doitzen da tope edo espeken bidez.</p>

<p>3. Ikaste bidezko robota Dauden hainbat ikasketa-bideetarik bat erabiliz, aurrez giza operadoreak irakatsitako eta memorian gorde duen sekuentzia errepikatzen duen robota.</p>	<p>C) Ikaste bidezko robota Operadoreak, zuzenean berarekin lan eginez, burutu beharreko lana irakasten dio maneia-gailuari; honek, ondoren, ekintzak era jarraituan errepika ditzake.</p>	<p>C) Robot programagarria Puntutik punturako edo ibilbide jarraituko 3 edo ardatz gehiagoko maneia-gailu serborregulatuak. Ikaste bidez edota lengoia sinboliko bidez programagarriak.</p>
<p>4. Zenbakizko kontrol-dun robota Laneko sekuentzia eta baldintzen aginduak zuzenean numerikoki jasotzen dituen maneia-gailua.</p>	<p>D) Zenbakizko kontrol-dun robota Bere posizioaren, sekuentziaren eta egoeraren inguruko gordetako informazioari jarraituz maneia-gailuak agindutako eragiketa burutu dezake.</p>	<p>C1) Puntutik punturako edo ibilbide jarraituko 5 ardatz baino gutxiagoko MA serborregulatuak. C2) Puntutik punturako ibilbidea duten 5 ardatz edo gehiagoko MA serborregulatuak. C3) Ibilbide jarraituko 5 ardatz edo gehiagoko MA.</p>
<p>5. Adimendun robota Nolabaiteko adimen artifizialdun kontrol-sistema konplexua duen maneia-gailua. Inguruan izaten diren aldaketak aztertzea eta denbora errealean testuinguruaren arabera egin beharreko ekintza eta lan-sekuentziak erabakitzea ahalbidetzen dion sentsoreak ditu.</p>	<p>E) Adimendun robota Berezkoa duen zentzumen- eta azterketa-gaitasunen bidez bere portaera erabaki dezakeen robota.</p>	<p>F) Adimendun "deitutako" robota Ingurunearen aldaketak aztertu eta horren ondorioz erantzunak erabakitzeke gai den MA serborregulatuak. Dena ala ezer ez kaptadoreen azaleko aldaketak ez dira hemen sartzen.</p>

1.1 Ikaste bidezko robotak

Langileak definitutako mugimendu-sekuentzia memorizatu eta errepikatu egiten dute.

1.2 Ordenagailu bidez kontrolatutako robotak

Lengoia informatikoz programatuak daudenez, nolabaiteko erabaki-ahalmena izan dezakete.

1.3 Adimendun robotak

Hauek ere ordenagailu bidez kontrolatuak dira, baina gainera, sentsoreen bidez ingurunearekin harremanak izan ditzaketenez, denbora errealean erabakiak hartu eta gertatzen zaizkien arazoei aurre egiteko gaitasuna dute.

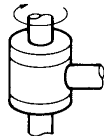
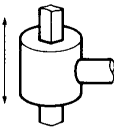
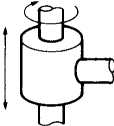
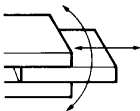
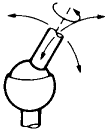
2 ROBOT-MOTAK

Lan jakin baterako robot bat edo beste aukeratzeko orduan izango ditugun arrazoi nagusiak manea dezakeen karga-ahalmena, morfologia, doitasuna eta programazioa dira. Atal honetan industrian gehien erabiltzen diren roboten morfologiak aztertuko dira.

Robotaren askatasun-gradu bakoitza posizioz edo orientazioz aldatzeko aukera bat da. Hortaz, zenbat eta askatasun-gradu gehiago izan, robotak, espazioko puntu jakin batean kokatzeko aukera gehiago izango ditu.

Elementuen arteko artikulazio-mota bat edo beste erabiltzeak ezaugarri zehatzak ematen dizkio egiturari. Ezaugarri hauek kontrol-sistemaren diseinuan, motor-elementuen kokapenean eta abarretan zuzeneko eragina izango dute.

Hurrengo irudian artikulazio-mota desberdinak agertzen dira.

ESKEMA	ARTIKULAZIOA	ASKATASUN-GRADUAK
	ERROTAZIOA	1
	PRISMATIKOA	1
	ZILINDRIKOA	2
	PLANOKOA	2
	ESFERIKOA (ERROTULA)	3

2.1 Cartesiarra

Hiru translazio-mugimendu egin ditzake. Robota ibilbide jakin batean zehar mugiarazi behar den lanetan erabiltzen da. Leku itxietara heltzeko zailtasunak izaten dituzte. Beraien eraikitze-ezaugarriengatik karga handiak erabiltzeko eta posizionatze-doitasun uniformeko lanetarako robot-mota egokiak dira. Oinarri normaletan edo arkupe-motakoetan koka daitezke.

2.2 Zilindrikoa

Aurrekoaren antzeko ezaugarriak ditu, baina lehenengo artikulazioak oinarriarekiko bira egiten du desplazatu beharrean. Robotaren inguruan egin beharreko lanetan erabiltzen da batik bat.

2.3 Esferiko edo polarra

Lehen bi artikulazioak birakariak dira eta hirugarrena desplazatu egiten da.

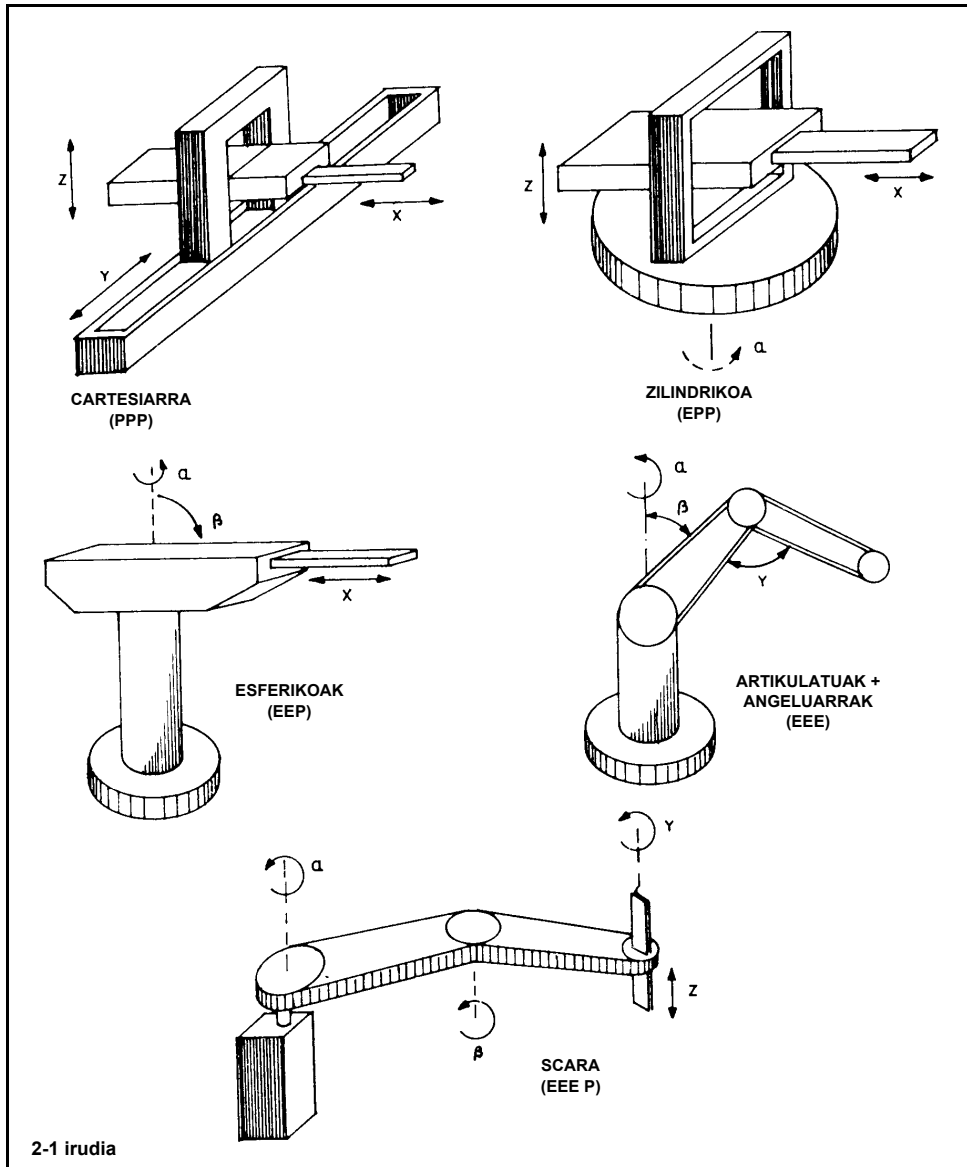
2.4 Angeluarra

Hiru artikulazioak birakariak dira, eta horrela, aurrekoak baino leku itxiagoetara eta barne-guneetara hobeto heltzen da.

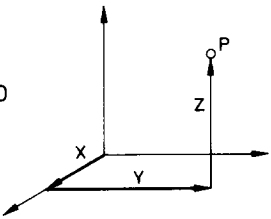
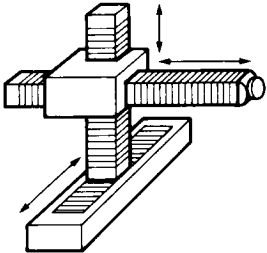
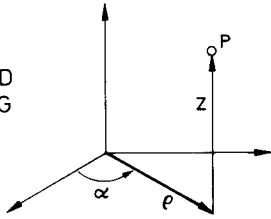
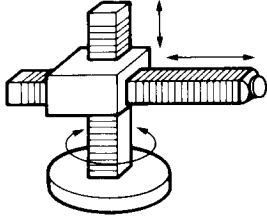
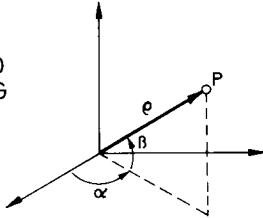
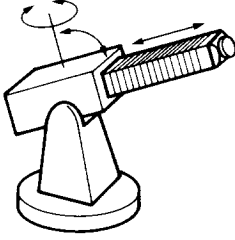
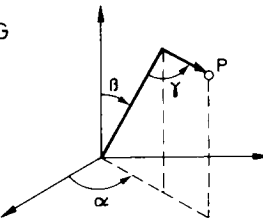
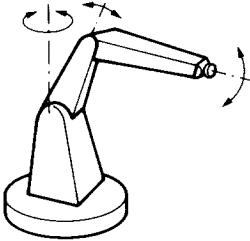
2.5 Scara

Lehen bi artikulazioak birakariak ditu, baina robot esferiko edo polarrek ez bezala lan-planoarekiko biratzen du. Hirugarren mugimendua desplazamendukoa du. Muntaiak bertikaletan oso erabilia da.

Robot-moten ezaugarri morfologikoak ondoko irudian ikus ditzakegu:



Hurrengo irudian sistema bakoitzean espazioko puntuak nola definitzen diren ikus daiteke.

<p style="text-align: center;">Cartesiarra</p> <p>3D</p> 	
<p style="text-align: center;">Zilindrikoa</p> <p>2D 1G</p> 	
<p style="text-align: center;">Polarra</p> <p>1D 2G</p> 	
<p style="text-align: center;">Angeluarra</p> <p>3G</p> 	

3 ROBOTIKAREN ERABILERAK

Industria-robota ordenagailu bidezko tekniken aurrerapenak bizkortutako industria-automatizazioaren etengabeko garapenaren parte da. Robotek, fabrikazio-prozesu txiki eta ertainetan, automatikaren sarrera indarrez bultzatu dute.

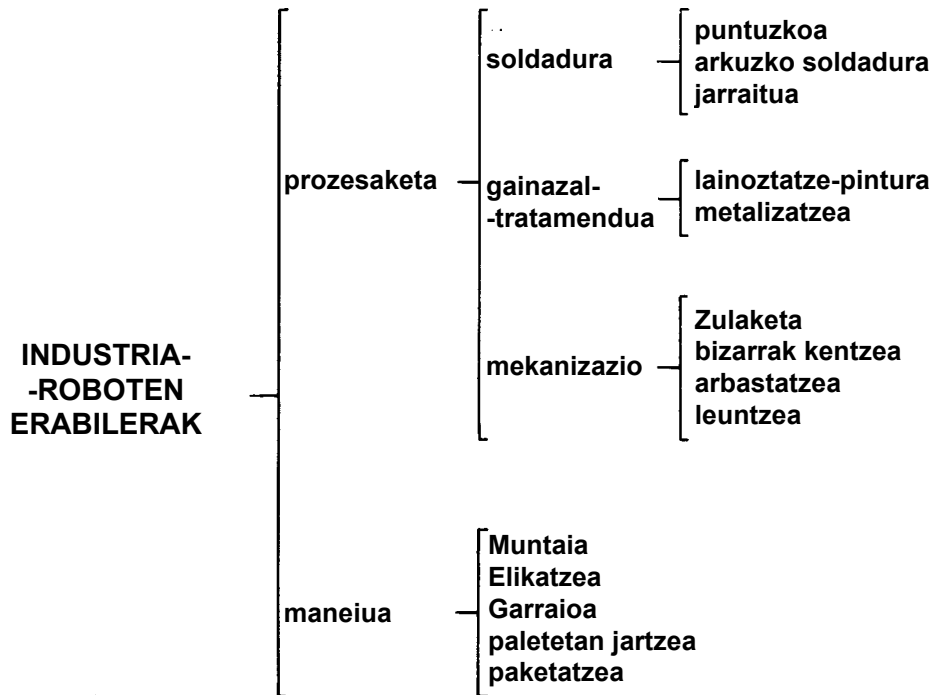
Hasieran prozesu etenen automatizazioa, bere ezaugarri bereziekin, serie handien fabrikaziora bideratu zen. Prozesu hauek erabiltzen dituzten makineria eta produkzio-lerro zurrinak produktu-gama laburren produkziara bideratuta daudenez, lan-sekuentzia finko eta zehatzak erabiltzea ahalbidetzen dute. Serie laburren ekoizpenek produkzio-programen aldaketa bizkorrak eta produkzio-ekipoen aldakortasun handia eskatzen zuten. Beraz, automatizazioa serie laburren fabrikazio-prozesuetatik kanpo geratu zen.

Maneiagailu programagarri eta funtzioanitzaren denez, robotak modu jarraituan eta malgutasunez lan egin dezake. Gailu espezializatuak edo erreminak aldatzeko gaitasunak eta egin beharreko mugimendua aldatzeko erraztasunak, robotak prozesu produktiboan sartzea eragin du. Eta horrela, serie txikiagoekin eta era askotako produktu-gamekin lan egiten duten prozesuen automatizazioa errentagarri bihurtu du.

Robotek produkzio-prozesuan duten zereginaren arabera roboten sailkapena ere egin dezakegu. Lehenengo hurbilketa nagusia roboten erabilerak bi multzo nagusitan, prozesaketa eta maneiua, banatzea litzateke.

Robotek bere muturreko tresnaren bidez prozesuaren helburu diren pieza edo materialetan zuzenean eragiten duten erabilera guztiak prozesaketatzat hartuko ditugu.

Maneian aldiz, robotek prozesuaren helburu diren pieza edo materialen maneian parte hartzen duten erabilerak sartuko ditugu. Hemen sartzen da, halaber, objektuak edo materialak produkzio-prozesuaren barneko etapa batetik bestera garraiatzea.



3.1 Prozesaketa-erabilerak

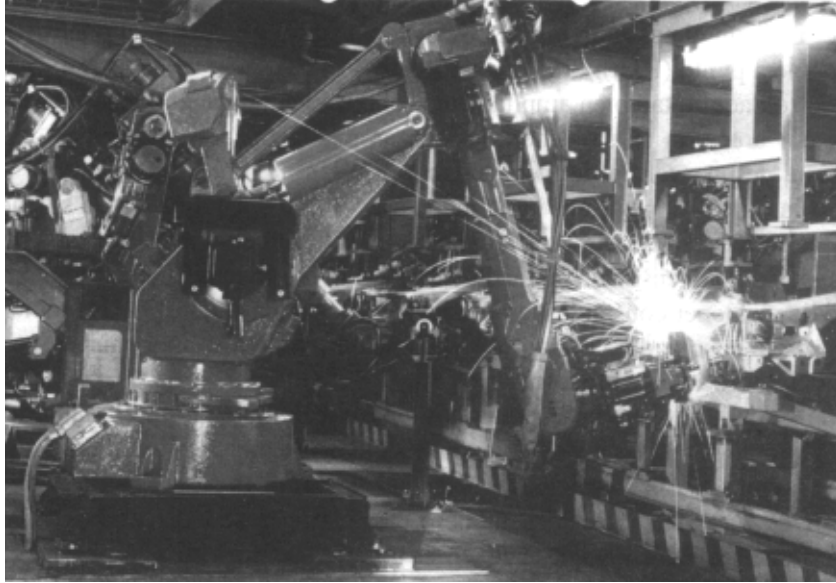
Robotika sarrien erabiltzen duten hiru industria-prozesuak aztertuko ditugu ondoren.

■ Soldadura

Hainbat soldadura-mota daude. Gaur egun lanean ari diren soldadura-robotek gehien erabiltzen dituztenak puntuzko soldadura eta arkuzko soldadura dira.

Puntuzko soldadurak bi metalezko zati zenbait puntutan soldatzen ditu. Hori lortzeko soldadura-puntu bakoitzean bi pieza metalikoetan zehar korrante elektriko handia pasarazten da, tentsio baxuan. Auto-karrozerien muntaian, adibidez, soldadura-mota hau asko erabiltzen da.

Karrozerien muntaian, gehienetan, robotak zenbait profil-pare desberdinekin lan egiteko gai izan behar du oinarritzko modeloaren aldaerei batera erantzun ahal izateko.



IRB 6000 (ABB) robota auto-karrozerian soldadura-puntua egiten.

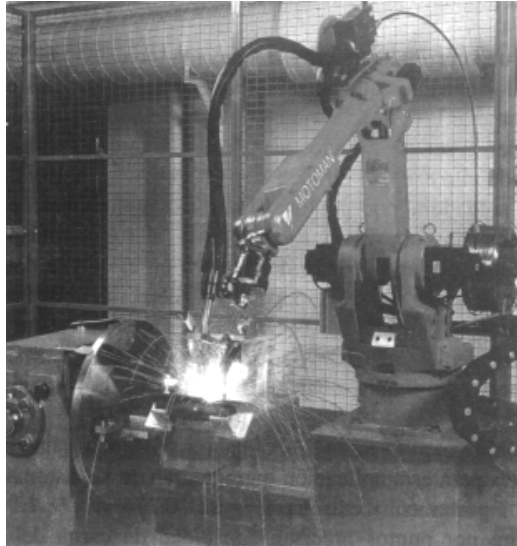
Horretarako robotak aldaera bakoitzari dagozkion ekintzen sekuentziak gordetzeko nahiko memoria izan beharko du (desplazamendu arinak, hurbiltze-desplazamenduak, soldadura-lanak). Gainera, muntaia-kateetan etengabe desplazatzen ari diren xasisekin lan eginez gero, robotak berarekiko soldadura-puntuen kokapen erlatiboa ezagutzeko beharrezko informazioa jaso beharko du uneoro.

Puntuzko soldaduran robotak erabiltzean, giza langileekin lortuko litzatekeena baino kalitate eta uniformetasun handiagoa lortzen da. Halako lanek robotari, normalean, sei askatasun-gradu eta karga-ahalmen handia eskatzen dizkiote, robotaren muturreko elementuak elektrodoen elikadura eta hozte-sistema daramatzalako.

Arku elektrikozko soldaduran, soldadura-ibilbidean zehar, lotura-elementuko lanak egiten dituen eta elektrodoa izan daitekeen material-emaria izaten da. Arkuzko soldadurak posizioaren eta desplazamendu-abiaduraren kontrol jarraitua eskatzen du. Bestalde, eraso-angeluak eta arkuaren elikadura-tentsioak soldaduraren kalitatean eragin handia dute.

Zereginaren konplexutasuna, jarraitu beharreko ibilbidearen eitea eta arreta etengabea izan beharra dela eta, soldatze-lanetan robotak erabiltzea ideala da soldaduraren kalitate eta uniformetasuna erdiesteko.

Galdaragintzan soplete bidezko soldadura jarraitua oso erabilia da. Teknika honetarako posizioaren, abiaduraren eta lotze-elementuaren emariaren kontrol ona izatea ezinbestekoa da. Soldadura-mota hau, aurrekoak bezala, ibilbide zuzenetan edo arkuetan zehar egin behar izaten da. Robotak erabiltzeko eskakizun eta aukerak ere, hortaz, arkuzko soldaduraren parekoak dira.



MOTOMAN (Yaskawa) robota soldadura-kordoa ematen.

■ Gainazal-tratamendua

Atal honetan roboten hedapen handiko beste erabilera bat landuko da: lainoztatze-pistola bidezko pintaketa.

Bere produktuen akaberarako teknika hau erabiltzen duten produkzio-prozesuetan lainoztagailu-bidezko pintaketa zati kritikoa da. Gaur egungo tekniketan akabera ona, pintatze bizkorra, lehortze-abiadura handia eta objektuaren gainazaleko puntu guztietara heltzeko erraztasuna eskaintzen duen teknirik onena lainoztagailu-bidezko pintaketa da. Teknika honetan, pinturaren likatasuna kontrolatzeaz gain, pintatu beharreko gainazalean zehar zenbait iraganaldi egin behar dira. Jarraitutako ibilbidea eta posizioak ez dira kritikoak, baina pistola-ahoaren eta pintatu beharreko gainazalaren arteko distantzia konstante mantentzea komeni izaten da.

Bost askatasun-gradu eta ibilbide-kontrol jarraitua dituen robota egokia da halako lanak burutzeko. Gehienetan programazioa ikaste bidez egiten da langile adituak egindako mugimenduei jarraikiz.



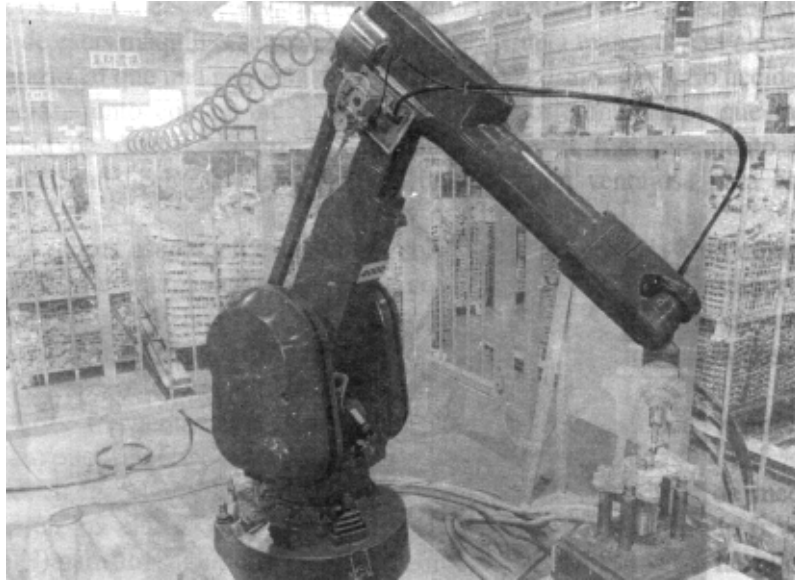
Robotak (FANUC) auto-karrozeriaren pintatze-lanetan.

■ Mekanizazioa

Batzuetan, mekanizazioan ere makina-erreminta erabili beharrean robotak erabiltzea hobe izaten da.

Aurreko kasuetakoa izan daiteke zulatzeko makinaz egindako zulaketena. Zenbait kate-fabrikazioko prozesutan mugitzen ari den piezan hainbat zulo egin behar izaten dira. Horrelakoak burutzeko bost askatasun-gradu edo gehiago dituen robota eta piezara heltzeko erraztasunak behar ditugu. Erabilera askotan ardatzen koordinatuen arabera desplazatzen den robota erabiltzea da egokiena, robot hauek mugimendu lerrozuzenak egiteko duten erraztasunagatik. Zulaketa-lanek robotaren muturreko elementuaren posizionatze eta orientazio zehatzak eskatzen dituzte, eta kasu orokorrean, askatasun-gradu bakoitzaren mugimenduen kontrolak eta koordinazioak muturreko elementua edozein norabidetan lerro zuzenean mugiarazteko behar adinako gaitasuna eskaini behar dute.

Forjaketa, moldeaketa edo antzeko prozeduren bidez egindako piezen akaberran bizarrak kentzeak eta arbastatzeak oso ohiko lanak dira. Zeregin hauek desatseginak eta arriskutsuak dira. Langileek babes-jantziak eraman behar izaten dituzte eta pieza bakoitzari egin beharreko lanak pieza bakoitzak dituen irregulartasunen arabera dira, hots, ez dira beti lan berdinak. Horrelako lanetan, modu jarraituan egiteak dakarren nekeagatik eta dituen lan-baldintza eskasengatik, robotizazioa aukera erakargarria da. Robotak erabiltzeak duen zailtasun nagusia pieza berdinetan egin beharreko ekintzen aldakortasuna da. Muturreko elementuaren mugimendu eta orientazioa pieza bakoitzari egokitu behar zaio aldiro. Honelako lanak burutzeko robotak sentzore-multzoa izan behar du, egin beharreko mugimenduak eta hartu beharreko orientazioak zehazteko gai izan dadin. Gehienetan, erabilera hauetan indar-sentsoreak erabiltzen dira sentzore optikoekin edo bestelako sentzore osagarriekin lan egingo dutenak.



IRB 2000 (ABB) robota burdinurtu grisez egindako olio-ponpetarako txanoei bizarrak kentzen.

3.2 Maneiu-erabilerak

Atal honetan prozesuaren barruko edo prozesutik prozesurako piezen mugimenduan parte hartzen duten eragiketa-multzoak aztertuko ditugu.

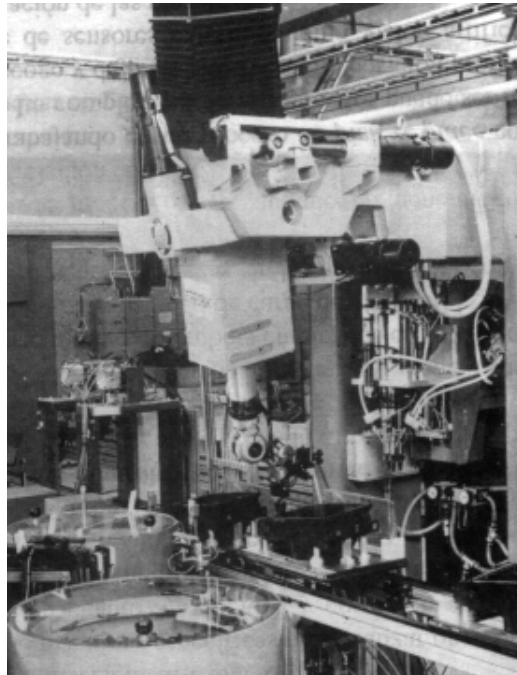
Muntaia

Eskatzen duten doitasunagatik eta trebetasunagatik muntaketa-lanak zailtasun handikoak izaten dira. Bestalde, esku biak erabili behar izaten dira, hainbat piezarekin batera lan egin behar izaten da eta dena ahalik eta abiadurarik handienez.

Lan errepikakor eta monotonoak dira eta horrelako lanetan dabilzanengan lanera ez agertzeak sarri gertatzen dira. Industria-ikuspuntutik begiratuta, horrelako zereginetan robotak erabiltzeko interesa produktibitatea handitzeak eta kostuak murrizteak sortzen dute.

Muntaia-roboten ezaugarri gomendagarriak hauek ditugu:

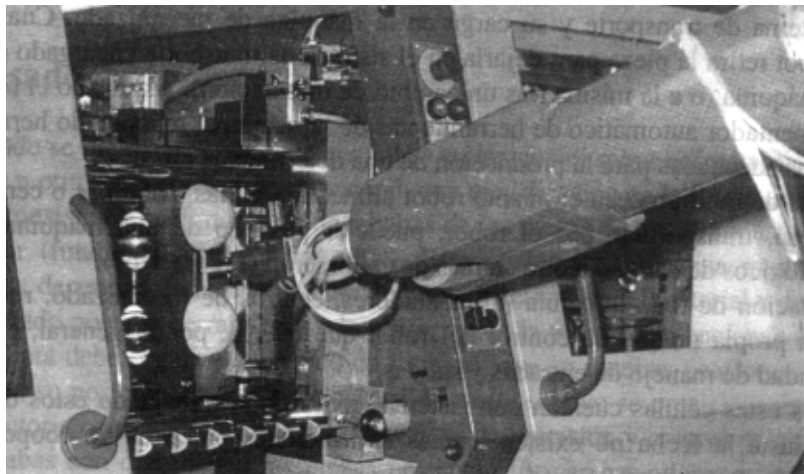
- ✓ Sei askatasun-gradu edo gehiago, muturreko elementuarenak barne.
- ✓ Egin beharreko lana robotari zehazki irakasteko programazio-erraztasuna.
- ✓ Errepikakortasun eta doitasun handiak.
- ✓ Giza langileek lortzen duten lan-abiadura edo arinagoa erdiesteko bilakaera-bizkortasuna.
- ✓ Lana egitean gertatzen ari diren desbideratzeek kontrol-sistema ohartzeko sentore-multzoa.
- ✓ Zenbait kasutan, esku bakarraz egiteko lan konplexuegiak direnean, bi robot batera lanean jardutea beharrezkoa izan daiteke.



IRB 1000 (ABB) robota auto-argien muntaia-lanetan.

Elikatzea

Robotiza daitekeen beste lan bat makineria espezializatuak elikatzeko pieza-maneiua da. Normalean maneiitzen zailak diren piezak edo arrisku handia duten eragiketak izaten dira. Galdategietan edo tratamendu termikoak dituzten prozesuetan izaten dira sarri.



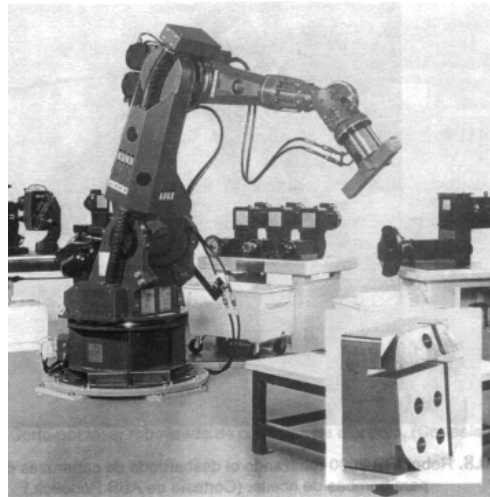
IRB 2000 (ABB) robota injekzio-makinatik pieza termoplastikoak ateratzen.

Elikatze-lanetarako ere, muntaia-lanetarako behar genituen ezaugarriak beharrezkoak dira, baina maila apalagoan. Normalean ez dira bi robot behar izaten, nahiz eta robotaren lana elikatzen den makinarenarekin sinkronizatu behar den.

3.3 Garraioa

Oro har, piezen garraio-lanak zinta-garraiatzaile bidez egiten dira. Hala ere batzuetan nahitaezko etenak agertzen dira eta piezak puntu batetik bestera eramateko maneiatu beharra agertzen da. Zenbaitetan robot bidezko automatizazioa produktibitatearen hobetzea eta kostuak murriztea lortzeko baina ez da egiten. Beste batzuetan, aldiz, garraioak dakartzan arazoei aurre egiteko beharrezkoa izaten da, hala nola materialak tenperatura altuan maneiatu beharra, materialak hauskorrak direnean edo hodi fluorezenteak, izpi katodikoak hodiak edo adreiluak eta antzeko produktuen neurri ezerosoak maneiatu behar direnean.

Garraio-lanetan erabiltzeko egokiak diren roboten ezaugarriak makinaren elikatze- eta hustuketa-lanetan erabiltzen direnen oso antzekoak dira.



IR 761/125.0 (KUKA) robota aluminiozko osagarrien lanketa-zelulan (fresaketa, zulaketa eta zerra bidezko mozketan).

■ Paletetan jartzea

Biltegitan aurretik landutako produktuak plataforma estandarretan jartzea ohiko lana da fabriketan. Kostuak murrizteko eta plataformak ezin hobeto betetzea lortzeko kutxak orientazio desberdinetan jartzea beharrezkoa izan daiteke. Gainera, lan hauek lantegi barruko garraioaren optimizazioarekin eta biltegien kudeaketarekin lotuta doaz.

Robotarekin batera kudeaketa-ordenagailua erabiltzeak hainbat aukera irekitzen ditu: plataformak partzialki edo produktu desberdinekin betetzea, garraiorako oreka uniforme izateko produktuak modu aproposan jartzea, edo multzo osoak altuera jakina izatea lortzea. Biek batera lan eginez ordenagailuak uneoro jakin dezake zer dagoen plataforma bakoitzean, non dagoen eta nola orientatuta dagoen.

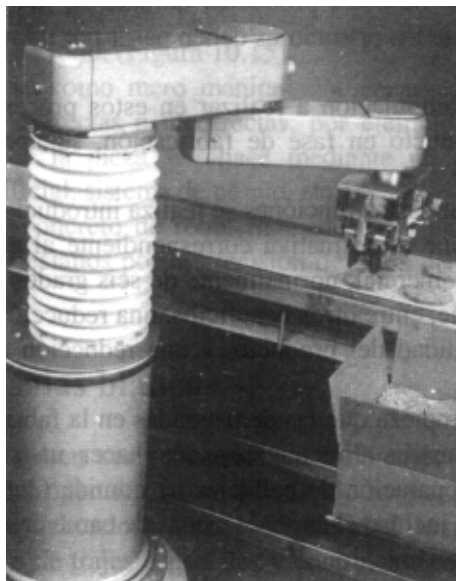


Zenbait produktu-kaxa paletetan jartzea robot bidez (FANUC).

3.4 Paketatzea

Paketatze-lanek maneiu-premia handiak dituzte, oso monotonoak izan daitezke, arin burutu behar dira eta langile-kopuru handia eskatzen dute. Beraz, robotak erabiltzeak produkzioa hobetzea eta kostuak murriztea dakar. Robotak jartzea aplikagarria den ala ez burutu beharreko maneiu konkretuen konplexutasunaren araberakoa izango da. Irtenbidea robotaren muturreko elementu egokia erabiltzean eta piezei heltzeko eta kutzak elikatzeko berariaz diseinatutako gailu mekanikoak izatean aurki daiteke.

Mekanismo berezia erabili beharrean robotak erabiltzearen interesa, robotak erabiltzeak dakarren malgutasuna eta mekanismo berak paketatze-mota desberdinekin lan egiteko aukera dira.



Elikagai-industrian robot bidezko hanburgesa-kutxen prestaketa (FANUC).

4 ROBOTEN MUGAK

Lana robot bidez automatizatzeko orduan haiek erabiltzea oztopa dezaketen arazo tekniko nagusiak lau zatitan bil daitezke:

- ✓ Zuzenean edo lan osagarrietan prozesuan parte hartzen duten makineriaren mugak, hala nola: makina-erreminta, garraiatze-sistema, biltegia, garraio-plataformak (paletak) eta oro har teknologia.
- ✓ Maneiatu beharreko piezen ezaugarriek sortutako eragozpenak: aldaera gehiegi, erresistentzia-indar nabarmena, neurri handiegia edo prozesuan zehar deformazioak edo aldaketak jasatean eite aldakorra duelako.
- ✓ Prozesuari berari lotutako arazoak: ziklo-denbora laburregia, arazoak piezen ikuskapenean, pieza bakoitzaren serie laburregiak edo ziklo batetik bestera prozesu-aldaketak.
- ✓ Lan-baldintzek eragindako arazoak: leku gutxiegi, robotarekiko ingurune desegokia, ibilbide luzeegiak edo mugimendu konplexuak burutu beharra.

5 INDUSTRIA-ROBOTAREN EGITURA

Industria-robotak ondoko atal nagusiak ditu:

1. Maneiagailua edo beso mekanikoa
2. Kontrolatzailea
3. Elementu eragileak
4. Transmisio-elementuak
5. Muturreko elementuak. Erreminta edo atzipen-elementua
6. Sentsoreak

5.1 Maneiagailua

Muturreko elementuaren (erreminta edo atzipen-elementuaren) mugimendua ahalbidetzen duen elementu mekanikoen multzoari maneiagailua edo beso mekanikoa deritzaio. Maneiagailuaren barne-egitura kokatzen dira elementu eragileak, engranajeak eta transmisio-elementuak. Osagai hauek dira maneiagailua osatzen duten lau zatien mugimenduaren euskarri.

- Finkapen-idulki edo -oinarria
- Gorputza
- Besoa
- Besaurrea

Besoa osatzen duten lau elementu zurrinak elkarri artikulazio bidez lotuta daude. Artikulazio edo giltzadura hauek birakariak –errotazio-mugimendua dutenak– edo prismatikoak –lotzen dituzten elementuen arteko mugimendua translaziozkoa denean– izan daitezke.

Maneiagailuen lotura edo artikulazioei giza besoaren antzeko izenak ematen zaizkie:

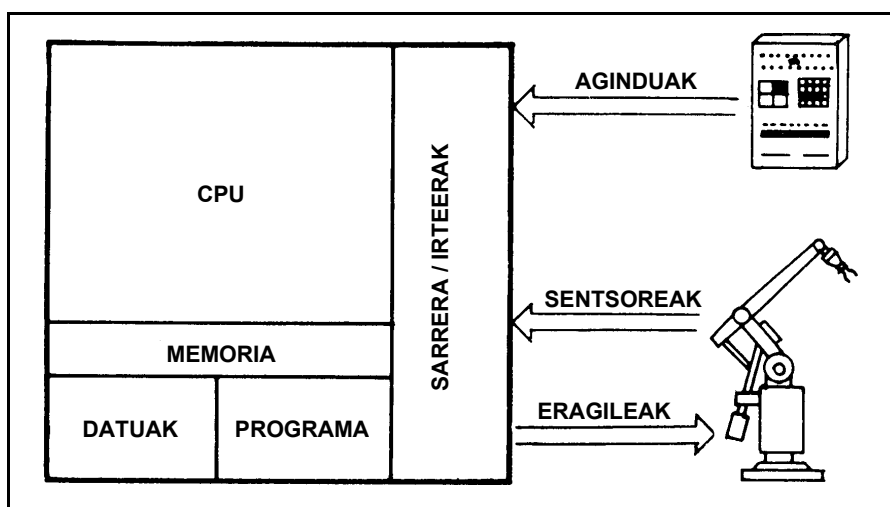
1. Gorputz-lotura (Oinarria - Gorputza).
2. Sorbalda-lotura (Gorputza - Besoa).
3. Ukondo-lotura (Besoa - Besaurrea).
4. Eskutur-lotura (Besaurrea - Atzipen-elementua).

5.2 Kontrolatzailea

Kontrolatzaileak bere ardurapean ditu ondoko funtzioak:

- Aurrez zehaztutako sekuentziari jarraituz puntu jakinetara mugitzearen agintea
- Agindu eta posizioak gordetzea
- Ingurunearekin harremanak kudeatzea
- Bere funtzionamendua behatzea

Irudian kontrol-sistemaren ohiko egitura ikus dezakegu.



Oro har kontrolerako bi sistema-mota daude: **begizta irekia** eta **begizta itxia**.

■ Begizta irekiko kontrol-sistema

Irteerak ez du sarreran inolako eraginik. Hau da, irteerak ez du kontrol-ekintzan eraginik. Halako sistemetan irteera ez da neurtzen edota berrelikatzen.



Begizta irekiko kontrol-sistemak oso kontuz kalibratu behar dira. Perturbazioen aurrean begizta itxiko kontrol-sistemak ez du bere betebeharra behar bezala beteko. Praktikan, sarrera eta irteeraren arteko erlazioa ezaguna denean eta kanpo- edo barne-perturbaziorik ez dagoenean soilik erabil daiteke begizta irekiko kontrola. Urratsez urratseko motorretan baino ez da erabiltzen.

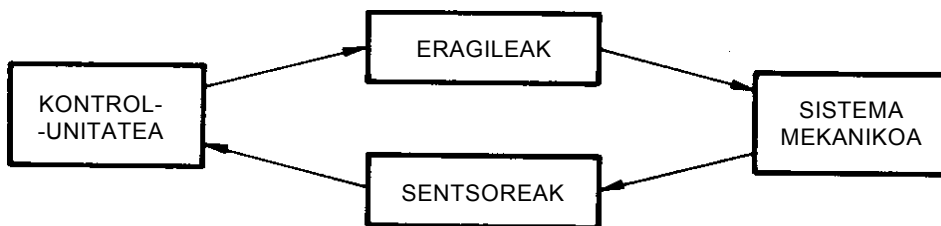
■ Begizta itxiko kontrol-sistema

Honelako sistemetan irteerak kontrol-seinalean zuzeneko eragina du. Begizta itxiko sistemek kontrol berrelikatua dute.

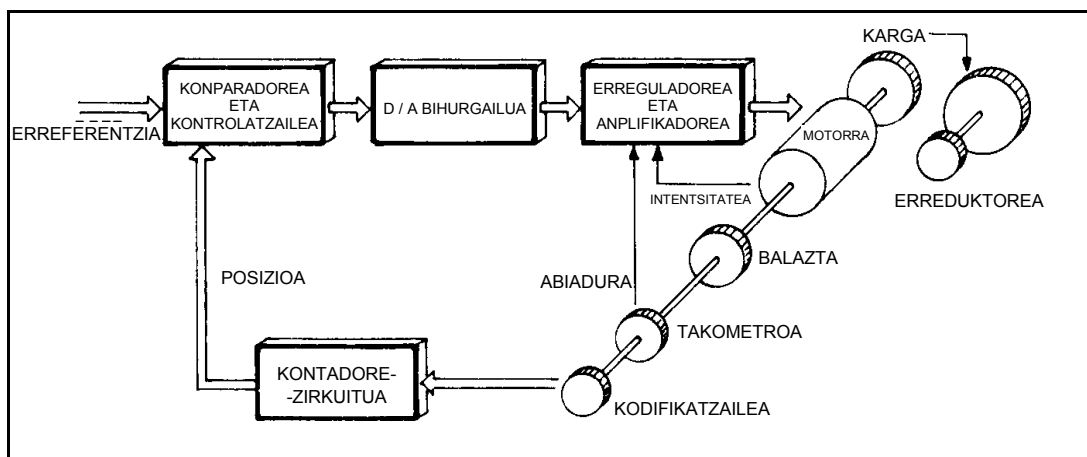
Berrelikadura-seinalea irteera-seinalea izan daiteke zuzenean edo honen eta bere deribatuen funtzioa. Errore-seinale eragilea sarrera-seinalearen eta berrelikadura-seinalearen arteko diferentzia da. Seinale hau da eragingailua elikatzen duena, errorea murriztu eta irteera eraman nahi den baliora eramateko helburuarekin.

“Begizta itxi” terminoak errorea murrizteko berrelikatze-ekintzaren erabilpenaren beharra du berarekin.

Industria-robotetan begizta itxiko kontrol-sistemak erabiltzea erabat beharrezkoa da.



Serbokontrolatutako puntuz-puntuko robotek begizta itxiko kontrola daramate eta uneoro eragilearen egoerari buruzko informazio zehatza dute (posizioa, abiadura, azelerazioa, etab.). Berrelikatutako seinalea sarrera-aginduarekin konparatzen da kontrolatu beharreko elementu-eragilearen portaera zehaztuko duen errorea lortuz.



Aplikazio-eremu zabaletan robotak erabiltzean, hauen karga-ahalmenaren, abiaduraren eta momentu- eta indar-balioen beharrian desberdinak izango ditugu. Hain eskaera zabalaren aurrean eragile-mota bakarra ez da nahikoa izaten, eta hori dela eta, robotikan industrian ezagutzen diren ia eragile-mota guztiak erabiltzen dira.

Ohiko eragileen aurreneko sailkapena darabilten energia-motaren arabera izan daiteke, hain zuzen:

- ✓ Energia pneumatikoa.
- ✓ Energia hidraulikoa.
- ✓ Energia elektrikoa.

Erabilitako energiaren arabera elementu eragileek, beraien aukeraketan erabakigarriak izango diren oso ezaugarri desberdinak izango dituzte. Sarri eragile elektrikoak, pneumatikoak eta hidraulikoak batera erabiltzen dira maneigailuetan artikulazio bakoitzaren mugimenduaren kontrola optimizatzeko.

Eragingailu hidraulikoak

Abiadura-kontrol onargarriaz karga-ahalmen handia behar duten maneigailuetan energia hidraulikoa erabiltzea gomendagarria da.

Mugimendu zuzenak egiten dituzten zilindroak edo mugimendu birakariak egiten dituzten motorrak dira, pisua/potentzia erlazio onekoak. 100 kg-tik gorako karga-ahalmeneko industria-robotetan erabiltzen dira ia eskusiboki. Bere eragozpenik handienak ondokoak ditugu:

- ✓ Olioaren zikinkeriak eta bere etengabeko iragazteak arazoak sortzen dituzte.
- ✓ Kontrol-sisteman ohikoak den teknologia elektriko/elektronikoarekiko guztiz desberdina da.
- ✓ Mantentze-lan konplexu eta garestia du.

Eragingailu pneumatikoak

Eragingailu pneumatikoek ez dute gehienetan serbokontrolik izaten eta beraien kontrola oso doitasun gutxikoa izaten da. Hori dela eta, gako edo heltze-elementuetan bakarrik erabiltzen dira. Elementu hauetako gehienek bi posizio baino ez dituztenez (irekita/itxita), eragile pneumatikoak erabiltzen dituzte sarri.

Badira, hala ere, eragingailu pneumatikoz gobernatutako industria-robotak.

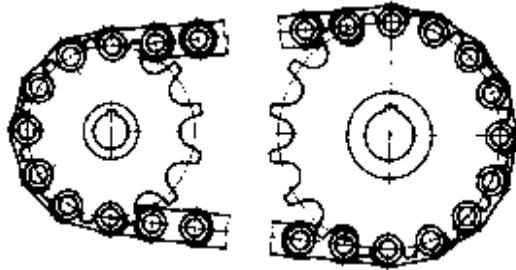
■ Motor elektrikoak

Edozein lekutan energia elektrikoa hain eskuragarri delako, energia elektrikoa darabilten motorrez baliatzea oso eroso da.

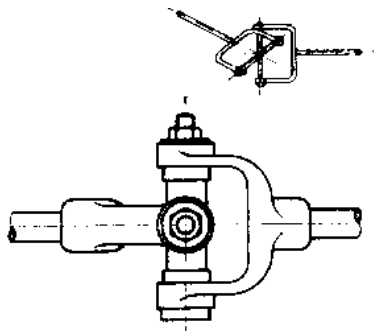
Hiru motor-mota nagusi daude:

- ✓ Urratsez urratsekoak.
- ✓ Korrante zuzenekoak.
- ✓ Korrante alternokoak.

- ▶ **Kate bidez:** Ardatzak elkarrengandik bananduta egon daitezke. Engranajeek dituzten muga bertsuak dituzte eta gainera, transmisioak sortutako zarata, batez ere abiadura handietan, oso handia izan daiteke. Engranajeek baino kostu eta iraupen laburragoa dute.



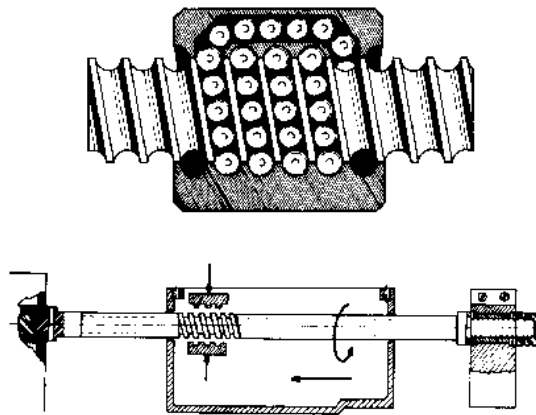
- ▶ **Zulatutako zumitzen bidez:** Aurrekoaren antzekoa. Kostu txikiagokoa eta isilagoa, baina transmiti dezakeen momentua ere txikiagoa da.
- ▶ **Kable bidez:** Uhal edo kate bidezko transmisioak baino muga gutxiago ditu. Kostu baxu, errendimendu on, labaindura oso txiki eta ez-linealtasun oso txikiko erdi-mailako sistema da. Bere ezaugarri teknikoak, uhal bidezko transmisioaren eta kate bidezko transmisioaren tartekoak dira.
- ▶ **Ardatz artikulatu bidez:** Transmisio-mota honek oso errendimendu ona du. Momentu handiak transmiti ditzake eta bi ardatzen arteko angelua aldakorra izan daiteke. Transmisio honen zurruntasuna dela-eta, jeneralean, eragindako elementuaren azelerazio eta dezelerazioak txikiagotzeko gaitasuna emango dion elastikotasun minimoa ziurtatzea komenigarria izaten da.



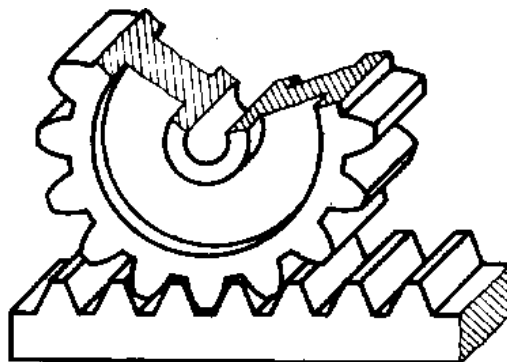
■ Higidura zirkularra lineal bihurtzea

Eragile elektrikoak dituzten eta higidura lineala egin behar duten roboten kasuan oso interesgarriak dira halako bihurketa-motak. Sarriago gertatzen den kontrako kasurako ere, hots, higidura lineala zirkular bihurtzeko, baliagarriak dira metodo hauek.

- ▶ **Torloju amaigabeak:** Bihurketa-sistema honen arazo nagusiak marruskadura, lasaiera mekanikoa eta azelerazio edo dezelerazio handiekin lan egiteko egokitzapen eskasa dira. Hari konbentzionaletan egindako akoplamentuetan errendimendua baxua denez, ohikoa izaten da errendimendu handiagoak ahalbidetzen dituzten bola-zirkulazioko torlojuak erabiltzea.

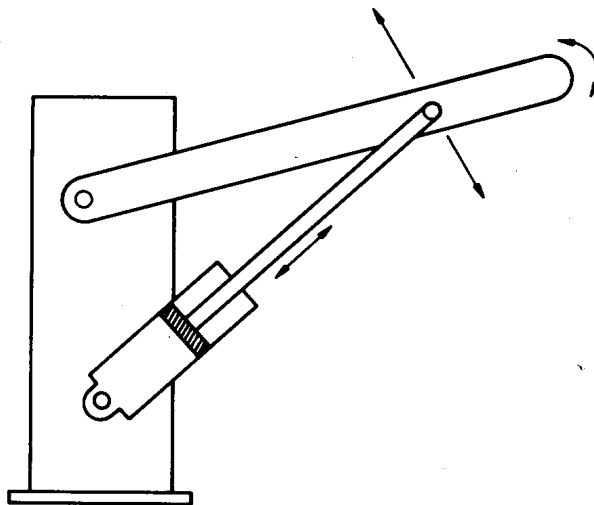


- ▶ **Kremailera engranaje bidez:** Aurrekoaren antzeko arazoak ditu nahiz eta marruskadura txikiagoa duen eta bere doitasuna hain ona ez den. Bere ezaugarri teknikoak engranajeenak dira.

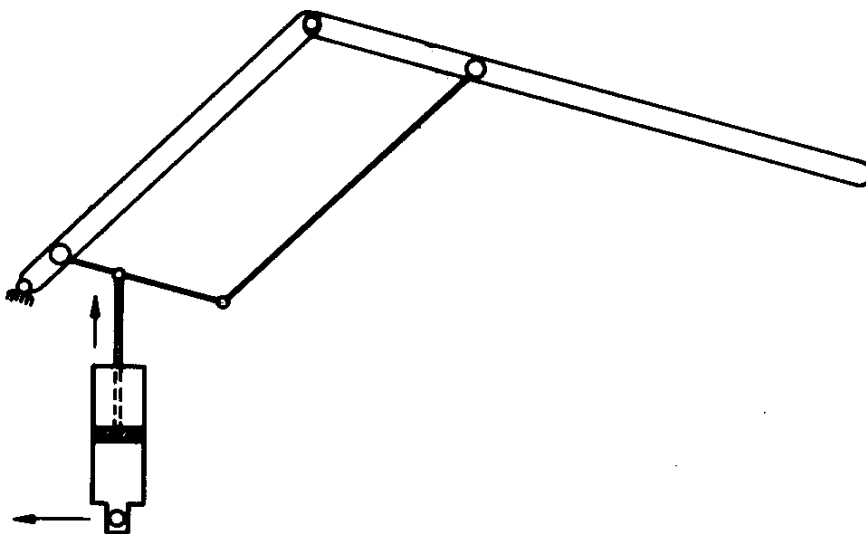


Higidura lineala zirkular bihurtzea

Aurrean aipatutako sistemak berriz aipa eta erabil ditzakegun arren, higidura lineala zirkular bihurtzeko sistematik ohikoena luza daitekeen elementu baten bidez besoaren puntu bat mugiaraztea da. Luza daitekeen elementu honen mutur bat finkoa da eta bestea besoari loturik dago biratzen uzten dioten bi errotulen bidez. Sistema honek ez du marruskadura edo lasaiera mekanikoen sortutako arazorik, azelerazio handiak transmiti ditzake eta bere doitasuna ona da. Arazo bakarra, alde batetik, biraketa-angelu mugatua izatea, eta bestetik, mekanismoaren posizionatzea begizta itxiko besoaren biraketa-kontrol bidez egiten ez bada elementuaren luzapen linealerako agindua kalkulatu beharra da, elementuaren desplazamendu lineala ez baita besoaren biraketa-angeluarekiko proportzionala.



Higidura lineala zirkular bihurtzeko beste sistema batzuek deforma daitezkeen paralelogramoen geometria duten mekanismo artikulatuak erabiltzen dituzte. Elementu hauek dira higidura linealaren transmisioa higidura lerrimakur bihurtzen dutenak. Sistema hauek eragile lineal sinpleak erabil ditzakete eta artikulatutako egitura da desplazamendua anplifikatzen duena.



5.5 Zuzeneko eragintza

Azken urteotan zuzeneko eragintza (Direct Drive DD) izenekoak dakarten robotak aurki daitezke merkatuan. Robot hauek eragilearen ardatza zuzenean, inolako bitarteko elementurik erabili gabe, karga edo artikulazioari konektaturik daukate. Termino hau elektrikoki eragindako robotetan bakarrik erabiltzen da.

Doitasun handia eta abiadura handia batera behar ditugun hainbat aplikaziotan robotak erabili behar izaten direlako agertu dira holako eragingailuak. Izan nahi ditugun doitasun- eta abiadura-balioak lortzea oztopatuko diguten efektu negatiboak sortzen dituzte bitarteko elementuek, hala nola lasaiera angeluarra, marruskadura edo eragingailuaren zurruntasunaren gutxitzea.

Zuzeneko eragingailuak erabiltzeak dituen abantaila nagusiak ondokoak dira:

- ✓ Posizionatze azkar eta zehatza, transmisioaren marruskadura eta lasaierarik ez dagoelako.
- ✓ Sistemaren kontrolerako aukera handiagoak, nahiz eta konplexutasuna ere handiagotzen den.
- ✓ Tarteko elementurik ez erabiltzean sistema mekaniko sinpleagoa.

Zuzeneko eragintzak praktikan gauzatzeko duen arazo nagusia erabili beharreko motorra da. Abiadura txikian (artikulazioaren higidurarena) momentu handia (erreduktorea erabiliz gero baino 50-100 aldiz handiagoa) emateko gai diren motorrak erabili behar ditugu, beti ere ahal den-eta zurruntasunik handiena mantenduz.

Zuzeneko eragintzan erabiltzen diren motorretan baldintza hauek betetzen dituzten, material bereziz (samario-kobaltoz) egindako, iman iraunkorreko brushless motorrak ditugu. Halako motorrak erabili beharrak eragintza-sistema asko garestitzen du.

Zuzeneko eragingailuak erabiltzerakoan robotaren beraren zinematika ere kontuan izan behar dugu. Izan ere, sor daitezkeen inertiengatik, normalean pisutsuak eta tamaina handikoak izan daitezkeen motorrak ezin dira robot-konfigurazio guztietan artikulazioen parean jarri. Diseinu-garaian robotaren zinematika aztertzerakoan parametro hauek guztiak kontuan hartu behar dira, eta, nola ez, robotaren azken egitura faktore hauek baldintzatuta dago. SCARA motako roboten diseinua zuzeneko eragintzaren beharretara ondo egokitzen denez, zuzeneko eragintza erabiltzen duten robot gehienak mota horretakoak dira. Gainera, erreduktorerik erabiltzen ez dugunez, ardatzean doan posizio-kodetzailearen benetako bereizmena nabarmenki txikiagotzen da. Horregatik DD-etan oso bereizmen handiko posizio-kodetzaileak erabili behar ditugu.

Zuzeneko eragintza zuen lehenengo robota 1984ean aurkeztu zen. Adept Technology Inc. konpainiak egindako AdeptOne izeneko SCARA motako robota zen. Harrezkero, abiadura- eta posizionatze-ezaugarri altuko robotak behar dituzten erabileretan (mikroelektronikako osagaien muntaian, laser bidezko metal-mozketan, etab.etan) mota honetako robotak oso erabiliak dira. Ondoko irudian zuzeneko eragintzako eta konpainia bereko AdeptThree robotaren argazkia ikus daiteke. Gaur egun, zuzeneko eragintza erabiltzen duten robotek ohiko eragingailuak erabiltzen dituztenek baino askoz abiadura eta doitasun hobea dute.



5.6 Muturreko elementuak

Egin beharreko lana burutzeko erabili behar dugun erreminta maneiatzeko edo bere euskarria izango den atzipen-elementua dugu industria-robotaren muturreko elementua.

Bete beharreko funtzioaren arabera atzipen-elementuek itxura eta egitura oso desberdinak izan ditzakete, eta beraien ezaugarrien arabera *pintza*, *esku* edo *erpe* izena ematen zaie. Diseinua aritu beharreko lan-ingurunera egokituta dute, horrela robotek ahal den jarduera-malgutasun handiena izan dezaten. Normalean, muturreko elementuak aplikazio-gama desberdinetan erabilgarriak izan daitezten diseinatzen dira. Hala ere, kasu askotan, jakineko maneiak ahal den eta eraginkortasun eta fidagarritasun handienarekin burutu daitezten, muturreko elementuak berariaz diseinatzen dira, beti ere ahalik eta elementurik sinple eta pisu gutxikoena izan dadin saiatuz, gehiegizko pisua robotak maneia dezakeen pisu-erabilgarriaren kalterako baita.

Muturreko elementuak zehazten dituzten ezaugarri nagusiak honela labur daitezke:

- ✓ Eutsi behar duten karga-ahalmena.
- ✓ Atzipen-indarra.
- ✓ Maneiatu beharreko objektuen geometria eta tamaina.
- ✓ Bere egitura geometrikoan gehienez onartzen diren perdoiak.
- ✓ Bete beharreko eginkizuna burutzeko egin ditzakeen mugimendu-motak.
- ✓ Lanerako behar duen elikatze-mota (pneumatikoa, elektrikoa edo hidraulikoa).
- ✓ Atzipena burutzeko behar duen denbora.
- ✓ Ukitze-gainazalaren ezaugarriak eta ingurumen-mugak.

Prozesuaren fase guztiak burutzeko gai den muturreko elementu bakarra diseinatzea posible ez denean, krokadura-sistema automatikoa aurreikusi behar da. Horrela, programatutako aldaketen arabera, robotak berak alda dezake bere muturreko elementua.

Muturreko elementu-motak

Muturreko elementuak robotak egin beharreko lanaren arabera sailkatzen dira eta horren arabera elementuen oinarrizko familiak ondokoak izan daitezke:

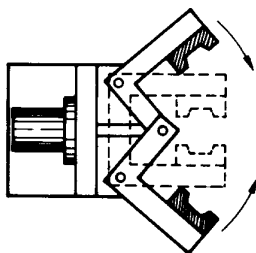
- ▶ **Presio bidezko eustea.** Elektrikoki, pneumatikoki edo hidraulikoki eragindako pintzak marruskaduraren eraginez elementuei eutsi eta garraiatzeko gai dira.
- ▶ **Krokagailu bidezko eustea.** Elementuei edo erremintei heltzeko bereziki egokitutako atxikipen-elementuak dituzten esku edo erpeen bidez, elementuetan inolako presiorik eragin gabe eusten die. Atxikipen-elementuak artikulatutako erpeetan finkatuta egon daitezke edo bestela erpe zurrunetan joan daitezke eta atxikitze-unean eraginak izan.
- ▶ **Kontaktu bidezko eustea.** Xurgatze, eragite magnetiko edo elementu itsaskorren bidezkoa izan daiteke.
- ▶ Objektu desberdinetara egokitzeko deformatzen diren elementu malguak erabiliz presio bidezko eustea.
- ▶ **Euste finkoa.** Erabilpen askotan muturreko elementuak laneko tresna edo erreminta izaten dira eta ez dute kengarriak izan behar. Horrela, euste finkoa dute pintura- eta soldadura-robotek, adibidez.

Presio-pintzak

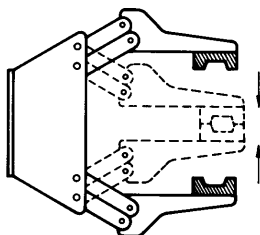
Maneian erabiltzen diren robotetan gehien erabiltzen diren atzipen-elementuak presio-pintzak dira. Elementua atzitzeko unean robotak pintzak ireki edo ixteko mugimendua egin dezake, elementuari marruskaduraren bitartez eutsiz. Pintzak ixtean egin beharreko indarrak garraiatu behar den objektuaren pisura egokitutakoa izan behar du eta honi kalterik ez egiteko ondo mugatua egon.

Pintzaren atzamarren mugimenduei dagokienez, hiru motakoak izan daitezke:

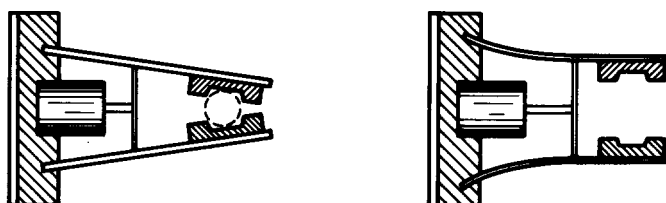
- ▶ **Atzamar birakorreko pintzak.** Kasu honetan pintzaren irekitzea eta ixtea biraketa bidez gertatzen dira. Objektuari kanpoaldetik eutsi diezaiokete (ekintza ixtean) edo barrualdetik (ekintza irekitzean), hurrengo irudian ikus daitekeenez:



- ▶ **Atzamar irristagarriko pintzak.** Pintza ireki edo ixteko paraleloan dituen bi atzamarrak mugitzen ditu. Pintza-mota hau oso erabilgarria da ukitze-gainazal lau eta handia duten objektuei heldu behar zaienean.

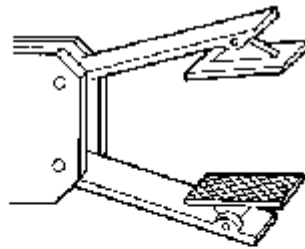


- ▶ **Atzamar malguko pintzak.** Material malguz egindako atzamarrak deformatuta gertatzen da pintzaren irekitzea eta ixtea. Horrelako pintzak erabilita osagai mekaniko asko aurrezten ditugu, baina objektu txikiekin lan egiteko bakarrik erabil daiteke.

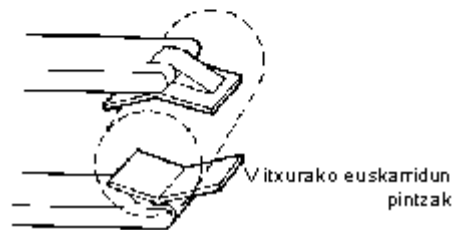


Pintzak objektuan ahalik eta indar txikiena eginez ahalik eta atzipen-ahalmen handiena izan dezan, lan-ingurunera egokitutako eta marruskadura-koefiziente handiko materialez (gomaz, nylonez, amiantoz, etab.ez) egindako zapatak erabiltzen dira.

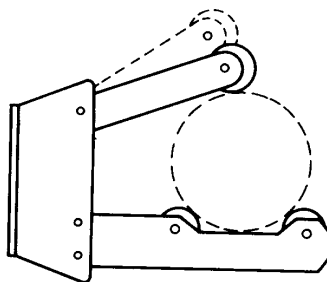
Atzamar birakorreko pintzetan ukitze-azalera handitzeko euskarri moldagarriak erabiltzen dira. Objektuak zilindrikoak direnean zapatek kurbadura egokia izan beharko dute edo bestela euskarri diedrikoak (V itxurako euskarriak) izan beharko dituzte. Azken hauek diametro desberdinetara ondo egokitzearen abantaila dute, beti ere muga batzuen barruan.



Euskarri moldagarri-dun pintzak



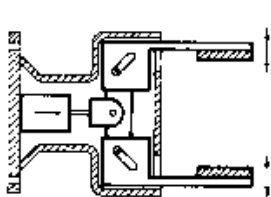
Objektu zilindrikoan kokapen ona lortzeko arrabolak ere erabil daitezke. Gainera, horrela biratzen ari diren ardatzei ere hel diezaiekegu.



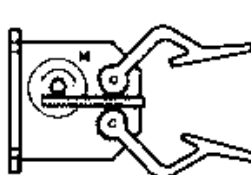
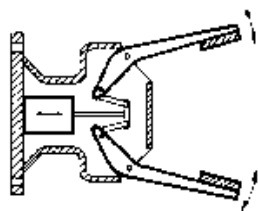
Pintzen eragintza hainbat teknologia erabiliz egin daiteke:

- Eragingailu hidraulikoen bidez. Jeneralean karga pisutsuak maneiatu behar dituzten roboten kasuan erabiltzen da. Normalean zilindro bidez lan egiten dute eta ixte-indarra presio-serbomugatzaille bidez erregulatzen da.

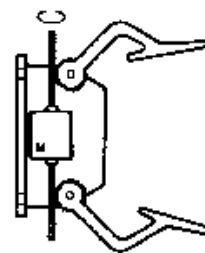
- b) Eragingailu pneumatikoen bidez. Robot txikietan eta ertaintetan asko erabiltzen dira duten lan-abiadura eta kostu txikiagatik. Ixte-indarra eskuragarri dugun presioak eta zilindro pneumatikoen tamainak zehazten dute. Elikatze-akatsa gertatzen denean, robotaren larrialdi-gelditzea presostatoaren bidez egiten da objektua galtzeko arriskurik izan ez dadin.
- d) Eragingailu elektriko bidez. Elektroimanak edo motorrak erabiltzen dituzte. Elektroimanak erabiltzen ditugunean zilindro pneumatikoen antzeko mekanismoak izango ditugu. Motorrak erabiltzen ditugunean pintzaren ibilbidea erraz erregula dezakegu ibiltarte-etengailuak erabiliz, edo ibilbidea bera ere programa dezakegu, sentsore angeluar egokia erabiliz.



Elektroiman bidez eragindako pintza.



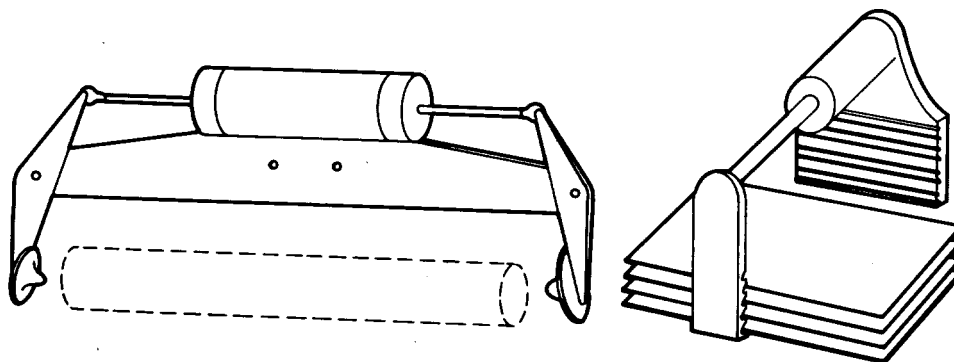
Motor bidez eragindako pintza.



■ Krokagailu bidezko pintzak

Maneiatu beharreko objektuari kalterik edo deformaziorik ez eragiteko zuzeneko presiorik egin nahi ez diogunean edo oso tamaina handiko objektuekin lan egin behar dugunean, krokagailu bidezko eustea erabiltzen da. Krokagailuekin lan egiten duten muturreko elementuek maneiatu beharreko objektu-mota eta eitera egokitutako diseinua izan behar dute. Krokadurazko eustea, aldiz, ohiko pintzak erabiliz eta batez ere tamaina handiko objektuekin lan egitean lor ezin daitezkeen karga-ahalmen handiagoekin lan egitea, maneiu-fidagarritasun handiagoa eta piezen posizionatze zehatzagoa du berekin.

Objektua krokagailu bidez atxikitzeko, maneiatu beharreko objektuaren gainazalera egokitutako irtengune eta sartuneak gehitu behar zaizkio pintzari. Horrela atxikipen egokia lortzeaz gain, objektuaren posizionatze-akatsa zuzenduko duen berezko zentratzea ere gertatzen da.

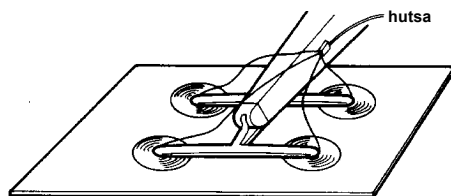


■ Kontaktu bidezko eustea

Karga jakin batzuk maneiatzean kontaktu bidezko atxikitze-elementua duten muturreko elementuak erabiltzen dira. Atxikitzea bentosa bidezko xurgatzez, elektroiman bidezko egintza magnetikoz edo elementu itsaskorrek dituzten muturreko elementuez egin daiteke.

Xurgatzea gainazal leuna duten gorputzen maneian erabiltzen da batez ere, hala nola beirakiak, portzelanak, plastikoak, etab. maneiatzeko.

Eutsi beharreko pisuarentzat egokiak izan behar dute bentosek, bai formaz bai tamainaz. Karga pisutsuekin ere lan egin dezakete, hala nola garauz, hondarrez edo hauts-erako materialez betetako zakuekin.



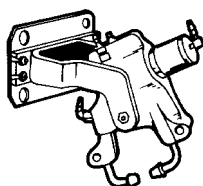
Karraka-hautsez edo bestelako hondakin metalikoez garbi dauden inguruneetan objektu ferromagnetikoak maneiatzeko erabil daitezke elektroimanak.

■ Ekintza-robotentzako tresnak

Robotak batez ere soldadura, pintaketa edo mekanizazio-lan eta beste zenbait ekintzatan erabiltzen dira industrian. Kasu hauetan robotaren eskuturrean tinko muntatuta duen lan-erreminta da muturreko elementua.

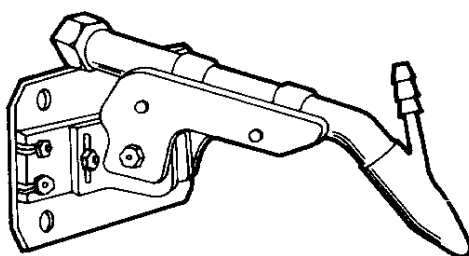
■ Soldadura

Robotak puntuzko soldaduran erabiltzen direnean, soldatu beharreko piezari korrante altua emango dion zirkuitua ixteko gai diren irekitze/ixte mugimendua duten pintzak muntatzen zaizkio. Ondoko irudian ikus daitezke horrelako pintzak:

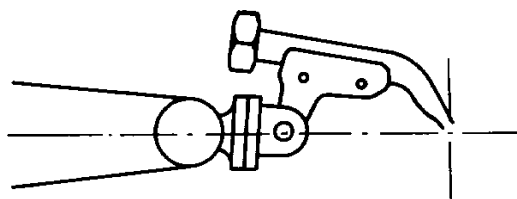


Robotak programatutako higidura eta biraketa guztiak behar bezala burutu behar ditu, eta soldadura-pintzak maneiatzeko, hari elektrikoak eta hozte-hodiak berarekin eramateko eta bere pisuari aurre egiteko ondo dimentsionatuta egon beharko du. Hori dela eta, kasu askotan, tentsio-transformadorea/erreduktorea robotaren besoan bertan kokatzen da muturreko elementura eraman beharreko kableen sekzioa txikiagotu eta bere maniobrarako gaitasuna handiagotzeko.

Arkuzko eta soplete bidezko soldaduretan lortu nahi dugun soldadura-kordoa lortzeko, programatutako ibilbideari jarraitzen dioten erreminta egokiak erabiliko ditugu. Soldadura-prozesuetan kalitate onargarriak lortzeko, oso posizionatze-doitasun handia izan behar dugu.



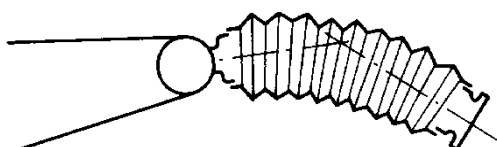
Ibilbideen programazioa errazteko komenigarria izaten da soldadura-puntua robot-besoaren ardatzean izatea. Sarri, soldatzean neurtutako intentsitatea erabiliz egiten da posizioaren serbozuzenketa eta beste askotan ikuste-hautemate sistema bidez kontrolatzen da posizioa.



■ Pintaketa

Pintaketa-lanetan robota erabiltzen denean lainoztagailua eskuturreko erreminta-etxean jartzen da dagokion eragingailu pneumatikoarekin batera.

Zenbaitetan, soldadura-robotak piezen barnealdeetara hobeto iristeko, “elefante-tronpa” izeneko itxura duten muturreko elementuak erabiltzen dira. Elementu-mota hauek bi ardatz paralelorekiko higidura-gaitasuna dute, halako zereginetan erabiltzen ez den eskuturreko biraketaren ordez.



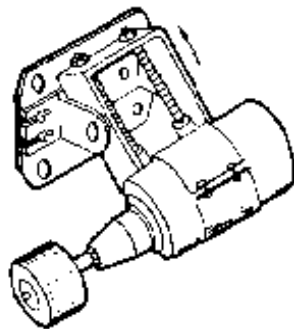
■ Mekanizazioa

Robot bidezko mekanizazioetan bi lan-modu desberdin erabiltzen dira:

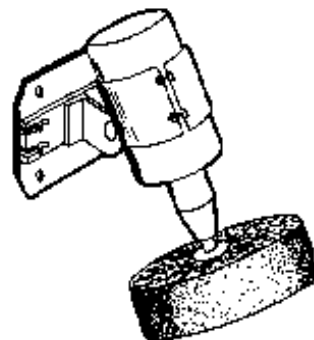
- ✓ Erreminta finkoa eta pieza mugikorra.
- ✓ Pieza finkoa eta erreminta mugikorra.

Irtenbide bat edo bestea aukeratzekoan piezaren pisua, lan-erremintaren pisua eta mekanizazio-prozesu osoaren ezaugarriak hartu behar dira kontuan. Pieza erreminta finko batetik beste erreminta batera mugiaraztea komenigarriagoa suerta daiteke robotaren eskuturreko erreminta-aldaketa egitea baino.

Robota erreminta-etxe bezala erabiltzen denean, erremintak mekanizatzen ari den piezari eragiten dion esfortzua kontrolatzeko hainbat teknika erabiltzen dira. Erremintek horretarako nahikoa malgutasun dutenean, arrabota bidezko leunketa kasu, kontrola zeharka egiten da horretarako programatutako ibilbidea erabiliz. Harri bidez bizarrak kentzean ordea, ezin da harriak piezan egindako esfortzua aurreprogramatutako ibilbidearen bidez kontrolatu. Horrelakoetan bi irtenbide ditugu: erreminta loka muntatzea edo eskuturrean indar-sentsoreak erabiltzea eta erreminta serboposizionatuz esfortzu egokia lortzea.



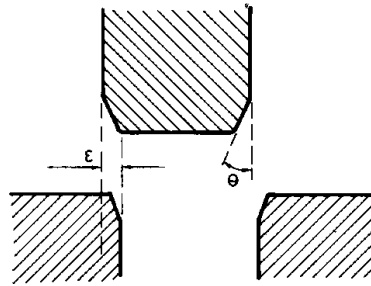
Soporte finkoak.



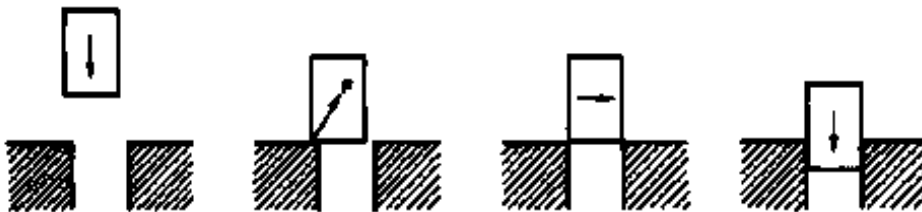
Porta-herramientas fijas.

■ Muntaiarobotentzako tresnak

Muntaiarobotentzako sarrien egiten den zereginetako bat piezak sartzea da. Egiteko honek oso posizionatze-doitasun handia behar du; izan ere, gehienetan lasaiera mekanikoa oso txikia izaten baita. Arazoari aurre egiteko eta piezaren txertaketaren hasiera errazteko, beharrezkoa izaten da irudian agertzen diren bezalako alakak izatea.

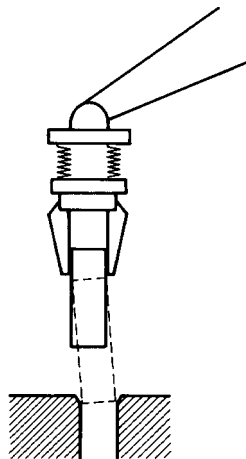


Piezaren muturra sartu ondoren eta txertaketa behar bezala bukatzeko, izandako errorearen arabera hasierako posizioa zuzendu egin behar da.

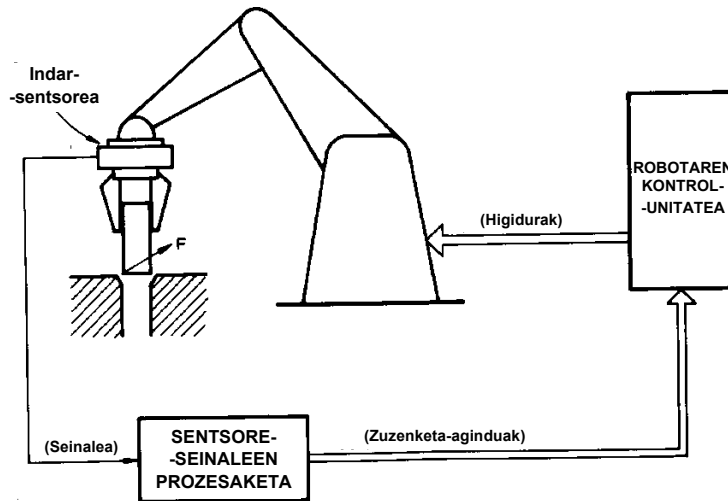


Helburu hau betetzeko, robotaren muturreko elementua txertaketa burutzeko behar den posiziora egokitu behar da. Bi bide ditugu hori lortzeko:

Egokitze pasiboa. Robotaren kontrolak parte hartu gabe lortzen da. Horretarako robotaren eskuturraren eta muturreko elementuaren artean elementu malgua kokatzen da.



Egokitze aktiboa. Robotaren kontrol-unitateak behar diren zuzenketak aginduz egiten da. Muturreko elementuak piezaren txertaketa-unean jasandako indarrak neurtuz kalkulatzen dira zuzenketa-ekintzak. Ondoko irudian ikus daiteke egokitze aktiboaren eskema:

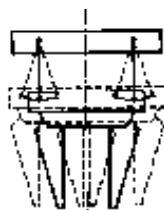


Egokitze pasiboa

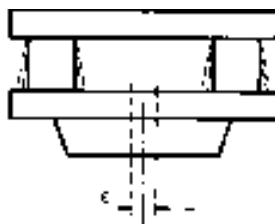
Piezak mihizatzean eskatzen diren perdoiak robotak lor ditzakeen doitasunak baino askoz txikiagoak izaten direnez, horrek dakarren posizionatze-errorea zuzentzeko robotaren muturreko elementuari malgutasuna eman behar zaio. Aurrekoa robotaren eskuturraren eta muturreko elementuaren artean elementu elastikoak behar bezala kokatuz lor daiteke.

Euskarri zurrunaren eta muturreko elementuaren euskarriaren arteko lotura elastikoaren geometriaren arabera, nolabaiteko higikortasuna izango dugu. Horrela, maneiatzen ari garen pieza edo tresna, egin beharreko zereginari dagokion ibilbidera hurbilduko da.

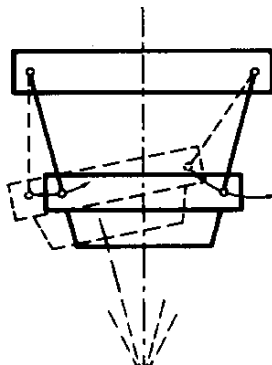
Lotura elastikoa paralelogramo artikulatu itxurakoa denean, orientaziorik aldatu gabe pintzaren desplazamendua izango dugu.



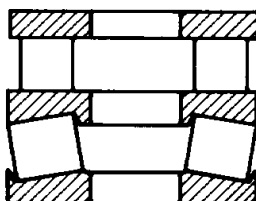
Aurreko elastikotasun bera, hots, pintzaren norabidearen paralelotasuna mantenduz, zilindro elastikoak erabiliz ere lor daiteke, baina irtenbide hau ez da komenigarria izaten kasu gehienetan.



Txertaketak burutzean, muturraren elementuaren ardatzaren elastikotasuna puntu baten ingurukoa izatea komenigarriagoa izaten da.



Urrutiko egokitze-gune deritzon puntu hau ahokalekuan txertatu beharreko pintzaren muturrarekin bat datorrenean, txertaketaren hasiera asko errazten da. Hala ere, behin txertaketa-prozesua hasi ondoren, ahokalekuaren ertzetan egindako alakek eragindako indarrek bideraturik piezak hartutako angeluak txertaketa bere osotasunean burutzea oztopatzen du. Hori dela eta, egokitze pasiboa burutzean, aldi berean translazioa eta biraketa dituen egokitzapena ahalbidetzen duen egitura mistoa erabiltzen da.



■ Egokitzapen aktiboa

Sartu beharreko piezaren eta ahokalekuaren artean tarte txikia dagoenean, txertaketa-lana segurtasun handiagoz egingo da egokitze aktiboa erabiliz, hots, robotaren besoak berak egin ditzala beharrezko zuzenketak programatutako zeregina burutu ahal izateko.

Zenbait erabileratan nahikoa izaten da bi dimentsioko indar-sentsoreak erabiltzea.

5.7 Sentsoreak

Robotaren egituran edo bere inguruan neurtu beharreko zenbait datu eta parametro seinale elektriko bihurtzen dituzten elementuen multzoa dira sentsore edo transduktoreak. Datu hauek robotaren begizta itxiko kontrola egiteko –hau da, agindu-ordena bakoitzak sortutako efektuak neurtzen dituen kontrol-unitateak egindakoa– erabiltzen dira. Lehen hurbilketako sailkapena eginda bi sentsore-talde ditugu:

- ▶ **Norberarenak.** Kontrol-sistemari robotaren artikulazioen posizioak jakinarazten dietenak. Artikulazio bakoitzak bere sentsoareak ditu. Kaptadore hauek ardatz bakoitzaren abiadura eta desplazamendua neurtzen dituzte. Mota honetakoak dira posizio- eta abiadura-kaptadoreak.
- ▶ **Urrutikoak.** Robotak bere ingurunearen egoeraren berri izan dezan erabiltzen diren sentsoareak dira. Uneko lan-erabileraren araberakoak dira. Presentzia, tamaina, kokapena, indarra eta beste zenbait parametro neur ditzakete.

Ondoren zenbait sentso-re-mota nagusiren ezaugarriak eta funtzionamendu-moduak ikusiko ditugu:

Posizio-kaptadoreak (desplazamendu-kaptadoreak)

▶ Kodetzaile angeluar digitalak (encoderrak)

Angelu-posizioaren kodifikazioa disko kodetuak erabiliz egin daiteke, horretarako kontaktu bidezko edo fotoakoplagailu optiko bidezko irakurketa-sistema erabiliz.

Diodo argi-igorleak (LED) eta fototransistoreak batera erabiliz, lortutako fidagarritasun eta tamaina txikiagatik kodetzaile angeluar optikoak dira gaur egun gehien erabiltzen direnak. Elementu hauek, lente zilindriko egokiekin osatutako sistema optikoa erabiliz, sentsoarearen ardatzarekin bat eginda biratzen duen diskoko informazioa irakur dezakete. Disko hau beirazkoa da eta argazki-teknika bidez inprimatutako kode edo markak ditu.



Kodetzaile angeluarren ezaugarriak kodetutako diskoak daraman informazio-motaren araberakoak dira. Kodetzaileen oinarrizko ezaugarriak ondokoak dira:

- ✓ Detekta daitekeen desplazamendurik txikienari dagokion bereizmena.
- ✓ Informazioaren irteera-kodea.

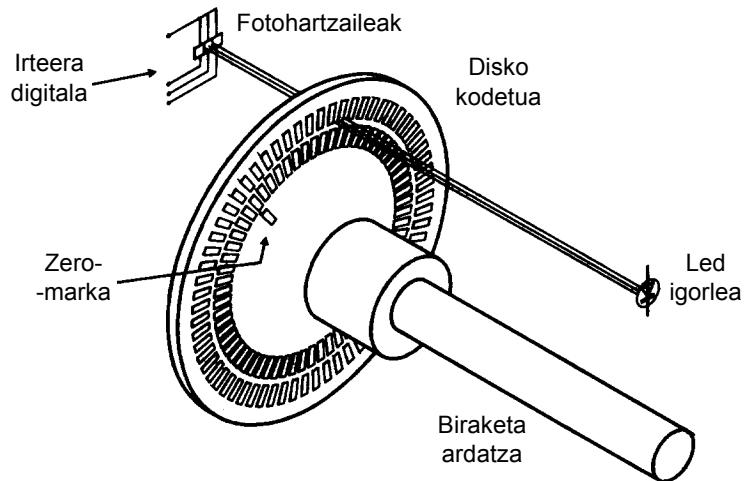
Irteera-informazioa paraleloan eman daiteke, hau da, ardatzaren posizio absolutua ematen digun n biteko hitzaren forman, edo pultsuen bidez eman daiteke. Azken kasu honetan ardatzaren posizio erlatiboa ezagutzeko, pultsu hauen kanpo-kontakteta egin beharko dugu.

Kodifikazio absolutua duten diskoek, hasierako baldintzak edozein izanik ere, ardatzaren posizioari dagokion kodea zuzenean ematearen abantaila dute. Gehikunza-kodetzaileek, aldiz, erreferentzia-posiziotzat erabiliko dugun egoerarekiko hasieratze-sistema behar dute. Horren truk, gehikuntza-kodetzaileak sinpleagoak eta merkeagoak dira bereizmen berdinerako.

Kodifikazio absolutuko disko optikoak n fototransistore bidez irakurtzen dituzte n pista ardazkidetan dituzten kodifikazioari dagozkion n biten marka inprimatuak. Kodetzaile hauetan erabiltzen den kodea ez da kode bitar arrunta. Kode bitar arrunta erabiliz gero bit bat baino gehiago aldatzen diren trantsizioetan anbiguotasuna gertatzen denez, Gray kodea (kode jarraitu eta ziklikoa) erabiltzen da. Kodifikazio-mota hauetan kode batetik ondorengora bit bakarra aldatzen da.

	GRAY KODEA (4 bits)	KODE BITAR ARRUNTA (4 bits)
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0011	0010
3	0010	0011
4	0110	0100
5	0111	0101
6	0101	0110
7	0100	0111
8	1100	1000
9	1101	1001
10	1111	1010
11	1110	1011
12	1010	1100
13	1011	1101
14	1001	1110
15	1000	1111

Jarraian Gray kodea kode bitar arruntera pasatu beharko da robotaren kontrolak jasotako informazioa uler dezan. Eragiketa hau kontrolatzaileak, berak edo kanpoko zirkuitu logiko osagarrien laguntzaz, egin dezake algoritmo matematikoak erabiliz.



Gehikuntza-kontadoreen diskoek pista bi (edo bakarra) izatearen abantaila dute. Honek fidagarritasun handiagoa eta kostu txikiagoa du, nahiz eta, biraketa-noranzkoaren eta hasieratze-sistemaren arabera, kontaktze- edo deskontaktze-pultsuak bereizteko logika osagarria behar duten.

Biraketa-noranzkoari bi fototransistorek (Ak eta Bk) emandako seinaleen bidez antzematen zaio. Fototransistore hauek, diskoan, beraien artean 90° -ko desfaseaz inprimatutako bi pistetako seinalea jasotzen dute. Bi seinale hauek pista bakarreko diskoetatik ere lor daitezke. Kasu honetan beraien artean desplazatutako bi sentsore erabiltzen dira, horrela irteera-seinaleek 90° -ko desfasea dutelarik.

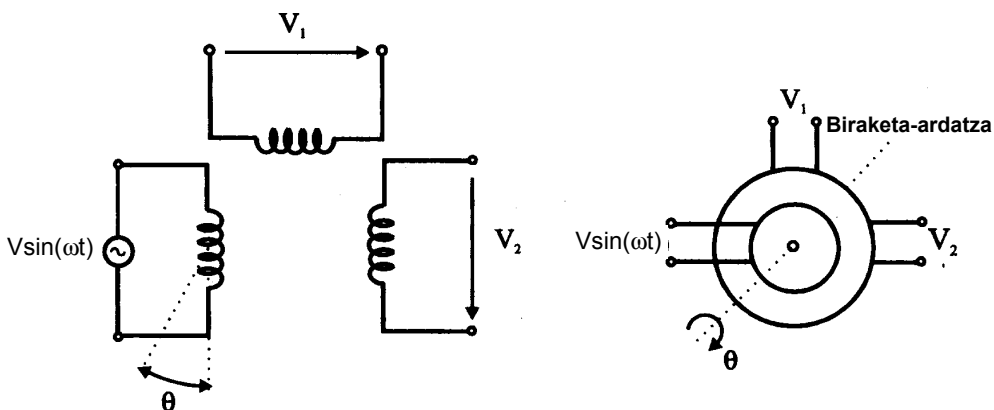
► Kodetzaile angeluar analogikoak (resolVERRAK)

Ardatzaren posizio angeluarra analogikoki zuzenean lor daiteke potentziometro baten bidez. Potentziometroek oso tamaina txikia eta kostu baxuaren abantaila dute, baina robotaren besoen posizioa neurtzeko beharrezkoa den bereizmenik ez dute ordea. Potentziometroak esku bereziko zenbait pieza eta atzamarren posizio-neurketetan erabiltzen dira, atzitutako objektuen tamaina edota posizio egokia bereizteko.

Doitasun handiko transduktore analogikoak behar ditugunean resolVERRAK erabiliko ditugu.

ResolVERRAK posizio angeluarraren transduktore analogikoak dira. Ardatzaren posizioaren arabera, beraien artean 90° defasatuta dauden seinale harmonikoak sortzen ditu. Resolver induktiboak eta optikoak ditugu.

Eremu birakaria sortzen duen errotoarea eta beraien artean elkarzutak diren bi haril dituen estatorearen bidez lan egiten dute resolver induktiboek. Errotoarea seinale alternoz elikatuta, estatoreko hariletan maiztasun bereko beste bi seinale sortuko ditugu. Seinaleon anplitudeak estatoreko harilen eta eremu birakariaren arteko angeluarekiko proportzionalak izango dira.



$$V_1 = V \sin(\omega t) \sin \theta$$

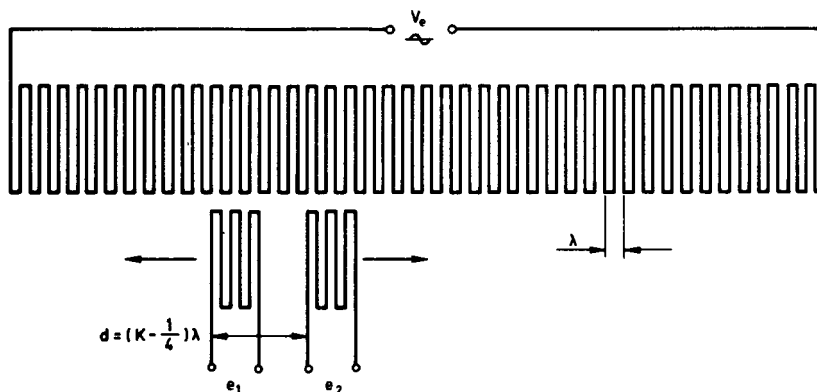
$$V_2 = V \sin(\omega t) \cos \theta$$

Kontrol-sistema digitaletan, resolverrak emandako seinalea bihurtu analogiko/digitalen (A/D) bidez digital bihurtu behar da.

► **Erregela magnetikoak**

Erregela magnetikoen lan-oinarria resolverrenaren antzekoa da. Kasu honetan irakurketa-erregela, harilketa lau duen estatoreak osatzen du eta errotorea bi harilketa dituen irakurketa-buruaz ordezkaturik da. Irakurketa-buruak erregelaren parean desplazaturik egiten da neurtzeko.

Estatoreko haril finak tentsio sinusoidalak elikatuta, haril mugikorretan seinalea indusituko da.



Desplazamenduaren neurtzeko gehikuntzakoa denez, seinalea zerotik igarotzen den bakoitzean, dagokion noranzko biko kontaktak egin behar da. Interpolazioa A/D bihurtailuaren bidez egiten da.

► **Erregela optikoak**

Fototransistore bidez irakurtzeko kodetuta dauden erregelak dira. Irakurketa gardentasunen edo islapenen bidezkoa izan daiteke.

Ibiltarte laburretan kodifikazio absolutua duten erregelak erabiltzen dira, baina distantzia luzeagoetan gehikuntza-erregelak erabiltzen dira.

■ Abiadura-kaptadoreak

Zenbait kasutan, abiadurak neurtzeko dinamo takometrikoak erabiltzen dira. Transduktore hauek, abiadura-tarte zabaletan, tentsioa/abiadura erlazio oso linealeko tentsio-sorgailuak dira.

Posizio-transduktore digitalak ditugunean, abiadura oso zirkuitu elektroniko sinpleen bidez kalkula daitekeenez, dinamo takometrikoak ez dira oso erabiliak. Horrela, dinamo takometrikoaren eta A/D bihurtgailuaren kostua eta bolumena aurrezten ditugu.

Kodetzailea absolutua denean, denbora-oinarri batek finkatutako denbora-tartean izan dugun posizio-diferentziaren bidez kalkulatzeko da abiadura.

Kodetzailea gehikuntzako denean, aldiz, t denbora-tartean zehar kodetzaileak emandako pultsuak kontatuta kalkulatzeko da abiadura.

■ Presentzia-kaptadoreak (hurbiltasun-kaptadoreak)

Hurbiltasun-kaptadoreen eta desplazamendu-kaptadoreen arteko desberdintasun nagusia ondokoa da: hurbiltasun-kaptadoreek metalezko objekturen bat hurbil dagoela baino ez digutela adierazten beraien egoera logikoaren aldaketaz, objektua zein distantzia zehatzetara dagoenaren informaziorik eman gabe.

▶ Kaptadore induktiboak

Hurbiltasun-detektagailuaren aurpegi aktiboaren parean eremu elektromagnetikoa sorrarazten da haril osziladorearen bidez. Eremu horretan pieza metalikoren bat sartzen denean, osziladorea indargetu eta oszilazioaren anplitudea txikiagotu egiten da, irteeraren maila logikoa aldaraziz.

▶ Kaptadore fotoelektrikoak (fotozelulak)

Kaptadore hauek argi-iturri batez (goritasun-lanparaz, LED diodoaz) eta zelula fotoelektriko hartzaile batez (fotodiodoaz, fototransistoreaz) osatuta daude. Iturriak igorritako argia gailu optiko batek fokatzen du eta ondoren zelula hartzailean helduko da inolako oztoporen batek argi-sorta mozten ez badu. Iturria eta hartzailea independenteak izan daitezke eta elkarrengandik banatuta egon, edo egitura bakarrean elkartuta egon daitezke argi-islapen bidezko funtzionamenduan.

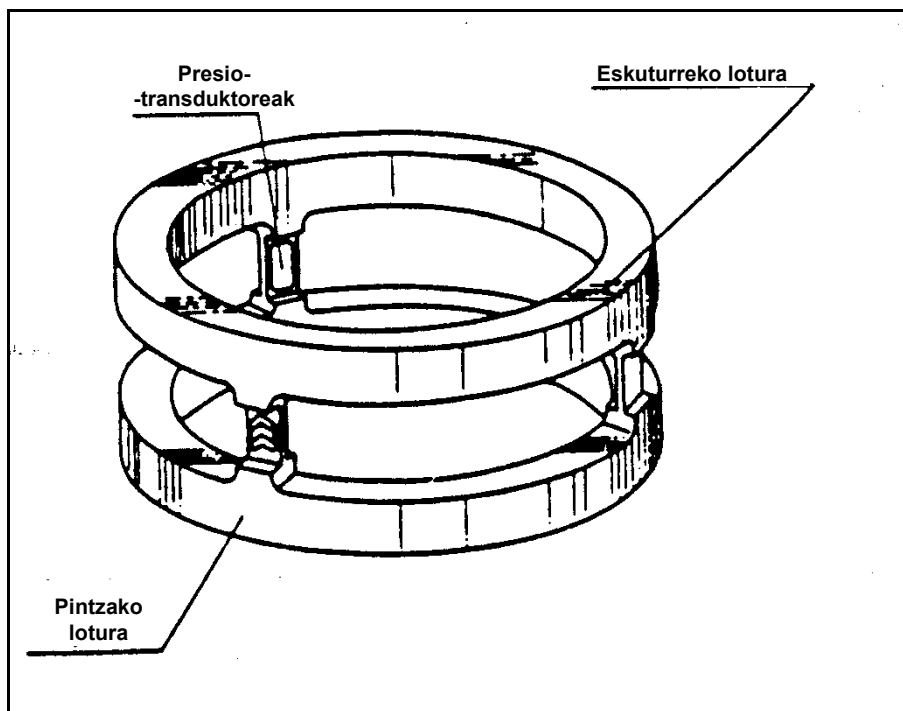
■ Indar- eta momentu-kaptadoreak

Lanean ari dela, robotaren muturrean (eskuarki, hiru espazio-dimentsioetan) gertatzen diren esfortzu eta momentuak neurtzeko erabiltzen dira, eta normalean, robotaren eskuturra eta pintzaren artean kokatuta egoten dira.

Zenbait erabileratan esfortzu-sentsoreak zuzenean robotaren artikulazioetan kokatzen dira. Are gehiago, artikulazio bakoitzeko momentuak ezagututa robotaren muturreko momentuak kalkulatzeko gai diren sistemak ere badaude.

Beraien eraikuntzari dagokionez, eskuturreko sentsoreak hiru elementuz osatuta daude:

1. Eskuturrari lotutako zati zurruna.
2. Robotaren pintzari lotutako zati zurruna.
3. Aurreko elementu biak elkartzen dituen zati malgua.



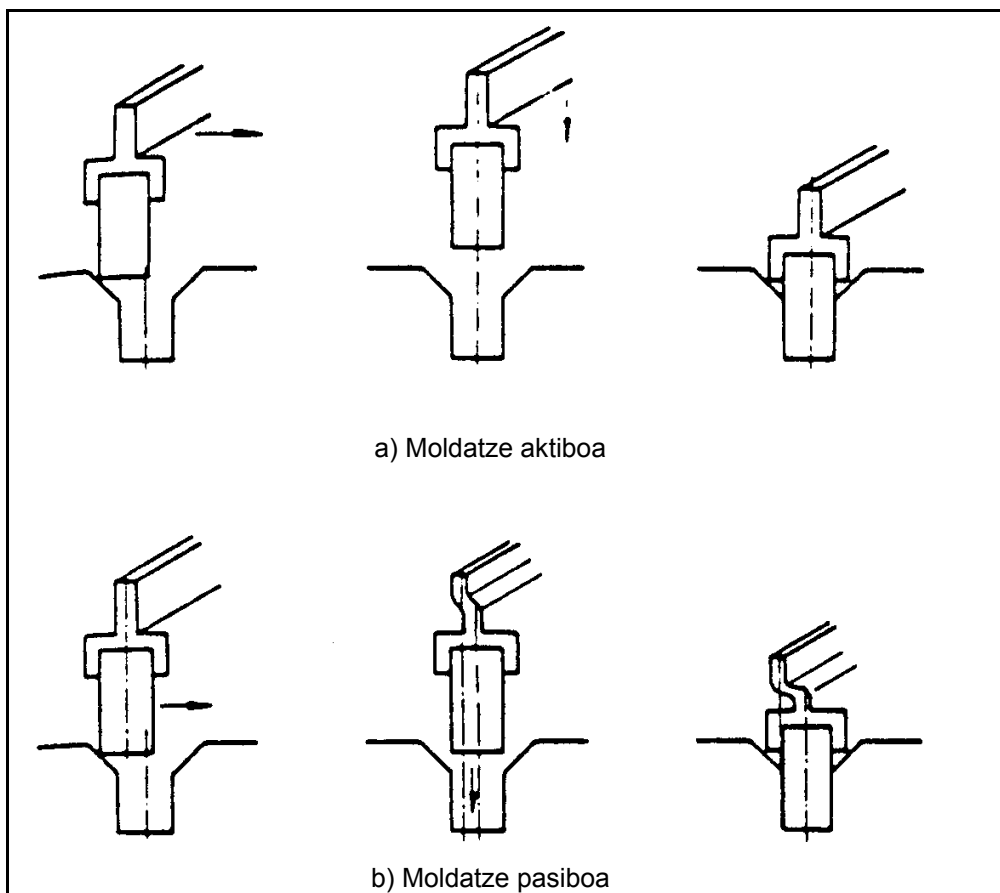
Transduktoreak zati malguan kokatzen dira. Hiru teknologia desberdinekoak izan daitezke:

- a) galga estentsometrikoak, neurketa-norabideetan kokatuta.
- b) elementu optoelektronikoak, neurketarekiko erradialak diren norabideetan kokatuta.
- d) elementu piezoelektrikoak, neurketarekiko elkarzut diren norabideetan kokatuta.

Piezen eta oztopoen posizioa nolabaiteko errore-tarteaz ezagutzen denean, muntatze-lanetan adibidez, robotak higidura moldakorrak burutzen ditu. Hau da, ingurunearen balizko aldaketetara egokitzen da.

Higidura hau aktiboa edo pasiboa izan daiteke. Higidura aktibokoek esfortzu-sentsoreen informazioa behar dute, helburutzat duten posizioa lortzeko robotaren posizioa zuzentzeko aginduak sortuz. Ideia honen ordezkio bidea gailu moldakor pasiboa duen eskuturra erabiltzea da. Eskutur honek nolabaiteko malgutasuna du eta robotaren muturra mugiarazi gabe posizio-desbideratze txikiak gainditzeko aukera ematen du.

Hurrengo irudian, ziria zuloan sartzeko lanean aurreko bi moldatze-metodoen arteko desberdintasunak ikus ditzakegu.



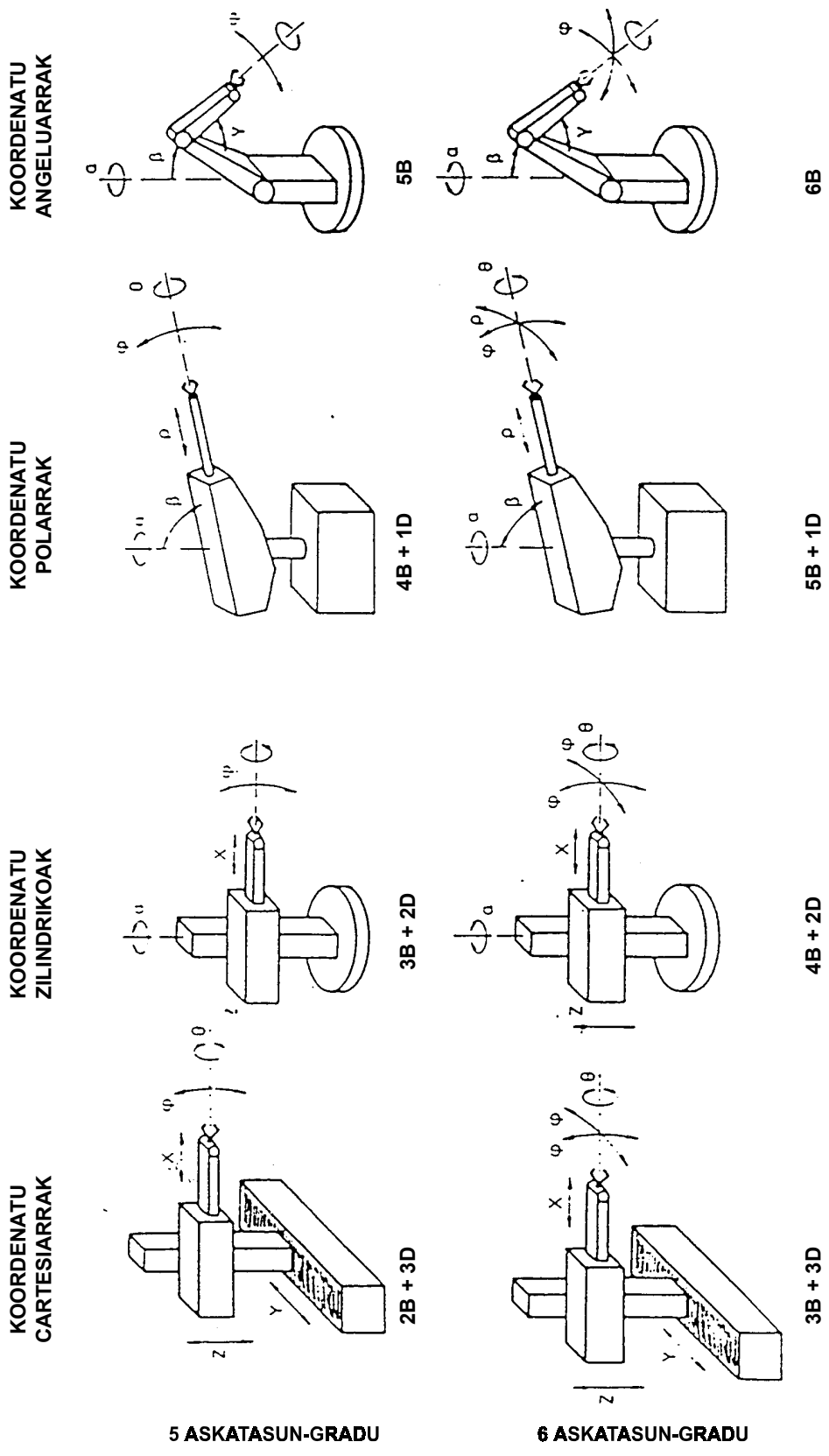
6 ROBOTEN EZAUGARRI NAGUSIAK

6.1 Askatasun-graduak

Askatasun-graduak maneigailuaren muturreko elementuaren posizioa eta orientazioa zehazteko behar ditugun parametroak dira. Burutu daitezkeen oinarriko higidura (biraketa eta desplazamendu) independenteen kopurua dela esanda ere defini ditzakegu askatasun-graduak.

Zenbat eta askatasun-gradu gehiago izan, muturreko elementua posizionatzeko hainbat eta malgutasun handiagoa izango dugu. Soldadura, mekanizazio eta antzeko industria-erabilera gehienek 6 askatasun-gradu behar dituzten arren, muntaia-lanetako lan konplexuagoetan askatasun-gradu gehiago behar izango ditugu. Higidura mugatuagoak dituzten pintaketa, paletetan jartzea eta antzeko zeregin sinpleagoetan 4 edo 5 askatasun-gradu behar izaten dira.

Irudian, zenbait robot-mota desberdin eta bakoitzaren askatasun-graduen kopuruak erakusten dira.



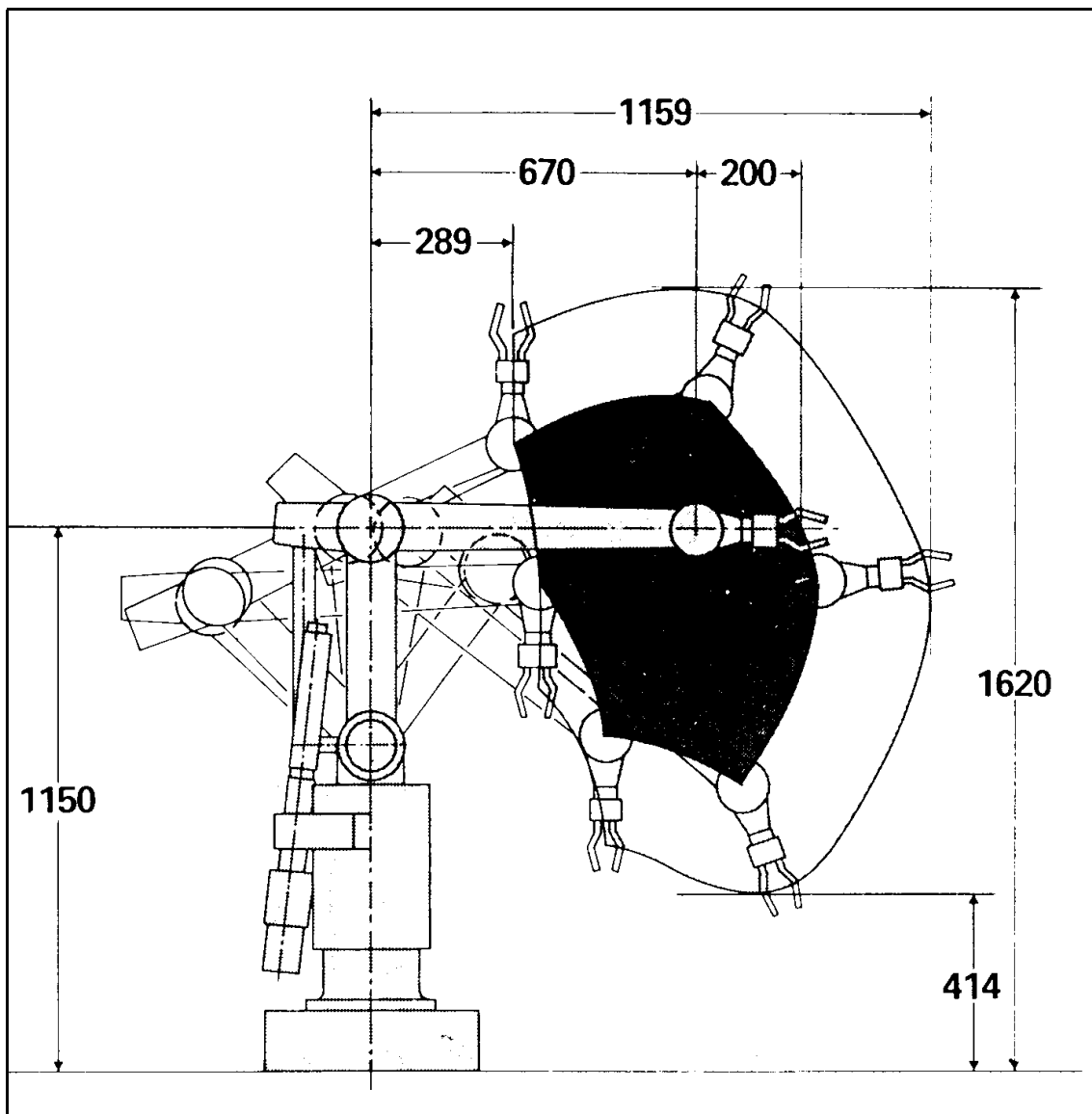
5 ASKATASUN-GRADU

6 ASKATASUN-GRADU

6.2 Lan-eremuak eta maneigailuaren neurriak

Robotaren lan-eremua maneigailuaren elementuen neurriek eta bere askatasun-graduek definitzen dute. Gainera, artikulazioek dituzten biraketa- eta desplazamendu-mugak ere baldintzatzen dute.

Modelo aproposa aukeratzeko eta ezartzeko garaian oinarri-oinarrizko ezaugarria da.



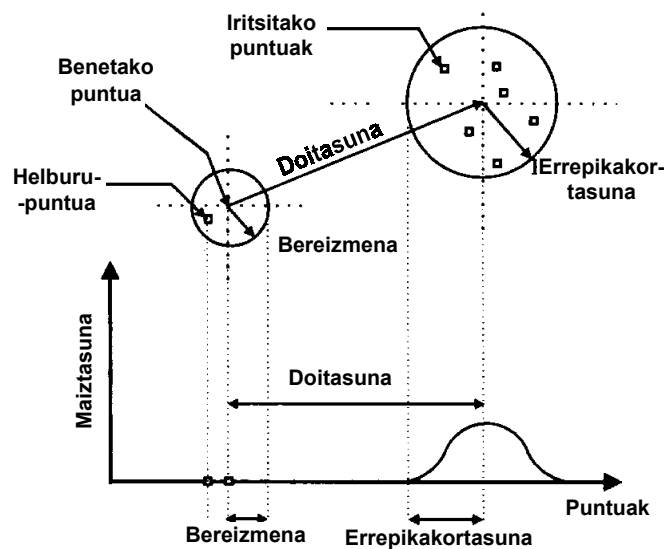
6.3 Karga-ahalmena

Robotaren karga-ahalmena, maneigailuaren eskuak garraia dezakeen pisua da, kilogramotan neurtuta. Datu hau fabrikatzaileek ematen dute eta robota aukeratzeko orduan, eta erabili beharreko zereginaren arabera, gehien kontuan hartzen denetako ezaugarria da. Soldadura eta mekanizazio-lanetan 50 kg-tik gorako karga-ahalmenak behar izatea ohikoa izaten da.

6.4 Doitasuna, errepikakortasuna eta bereizmena

Gaur eguneko erabilera gehienetan, robotek bestelako makinekin alderatuz duten abantaila nagusia, malgutasunaz eta abiaduraz gain, dagokien lana burutzean duten posizionatze-errore txikia da. Posizionatze-errorea definitzeko, elkarren osagarri diren hiru kontzeptu erabili behar ditugu, hala nola doitasuna, errepikakortasuna eta bereizmena. Hiru horietatik fabrikatzaileek normalean ematen dutena errepikakortasuna da eta datu hori da robot bat edo bestea bere zehaztasunagatik aukeratzean erabiliko duguna.

Hurrengo irudian hiru kontzeptuak grafikoki adierazten dira. Bakoitzaren jatorria desberdina da eta definizioa eta sorburua ondoren aipatzen dira:



- ▶ **Bereizmena:** Robotaren kontrol-unitateak onar dezakeen gehikuntzarik txikiena da. Bere balioa posizio-kaptadoreen bereizmenak, A/D eta D/A bihurgailuen bereizmenak eta CPUak eragiketa aritmetikoak egitean erabiltzen duen bit-kopuruak mugatuta dago. Elementu eragileek ere mugatzen dute diskretuak direnean (urratsez urratseko motorrak, dena ala ezer ez sistema pneumatikoak, etab.).
- ▶ **Doitasuna:** Programatutako (normalean, idatziz programatutako) puntuaren eta benetan iritsitako puntuen batezbesteko balioaren arteko distantzia, mugimendua zenbait aldiz karga eta temperatura izendatua errepikatuta. Bere jatorria robotaren kalibrazioan izandako erroreak (adibidez sinkronismo-puntua), arrazoi termiko eta dinamikoek eragindako deformazioak, transformazio zinematikoak kalkulatzeko egindako biribiltze-erroreak, robotaren egiazko neurrien eta teorikoen arteko erroreak, etab. izaten dira.

- **Errepikakortasuna:** Karga- eta tenperatura-baldintza berdinetan eta programatutako helburu-puntu berera joatea aginduta robotak burututako behar adina mugimendu egin ondoren, iritsitako puntuak biltzen dituen esferaren erradioa. (Normalean, batezbesteko puntuarekiko puntu guztien % 99 biltzen dituen banda erabiltzen da). Errepikakortasun-errorea transmisio-sistema mekanikoan gertatutako arazoek sortua izaten da gehienbat.

Industria-robot komertzialetan izaten ditugun errepikakortasun-erroreen ohiko balioak ± 2 milimetro eta $\pm 0,01$ milimetro bitartekoak izaten dira.

6.5 Abiadura

Robota mugitu daitekeen abiadura, robotak garraia dezakeen kargarekiko alderantziz proportzionala da. Hori dela eta, sarritan katalogoetan robotaren abiadura-ezaugarriak ematen direnean, berau, garraiatzeko karga-balio desberdinen kasuetarako ematen da. Era berean, logikoa denez, posizionatze-errorea eta robotaren abiaduraren arteko erlazioa ere alderantziz proportzionala da.

Robotaren abiadura ematen denean, bere artikulazio bakoitzaren abiadura edo bere muturraren batezbesteko abiadura moduan adieraz daiteke. Azken hau erabiltzailearentzat erabilgarriagoa den arren, zehaztugabeagoa da. Robotaren higidura-abiadura normalaren balioa ziklo-denborak kalkulatzeko datu garrantzitsua da, batez ere manuei- edo muntatze-lanetan erabiltzen diren robotetan. Dena den, ematen den datua, normalean, erregimen iraunkorreko abiadura izendatua izaten dela kontuan hartu behar dugu. Erregimen horretara iristeko robotaren higidurak nahikoa luzea izan behar du. Bestela, proportzioan, abio- eta gelditze-denborak abiadura izendatuan egindako higidurarena baino esanguratsuagoak dira.

Praktikan, gehienetan roboten higidurak bizkorak eta laburrak izaten direnez, abiadura izendatua oso gutxitan lortzen da. Horregatik ziklo-denborak ezin daitezke abiadura erabiliz kalkulatu, azken hau beronen balioespen kualitatiboa izaki. Karga maximoa erabiliz, muturren ohiko abiadura-balioak 1 eta 4 m/s tartekoak izaten dira.

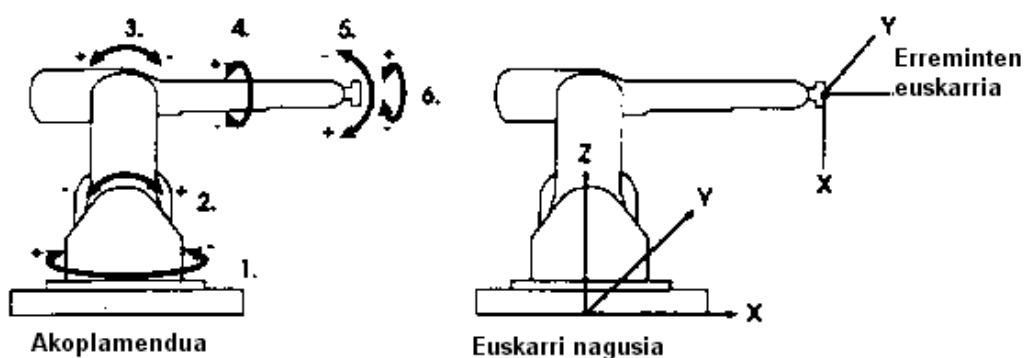
7 TCP (Tool Center Point) KONTROL-SISTEMA

Gaur egun, merkatuan aurki daitezkeen robot gehienek TCP delako kontrol-sistema dute.

TCP kontrola darabilten robotek, erremintaren muturraren X, Y eta Z jatorri-puntu finko batekiko koordenatuak eta bere orientazioa uneoro ezagutzen dituzte. Halako kontrol-sistema duten robotak erabiltzeak abantaila handiak ditu eta martxan jartzeko behar den denbora ere izugarri laburtzen du.

Robotak koordenatu horiek ezagututa, bi edo hiru puntu ezagutuz lerro zuzen edo zirkulu izeneko ibilbideak programa daitezke. TCP kontrol-sistema erabiltzen ez zuten kontroletan lan hau oso gogaikarria izaten zen.

TCP kontrol-sisteman bi koordenatu-sistema cartesiar definitzen dira robotean. Batean, X, Y eta Z, normalean robotaren oinarrian dagoen espazioko jatorri-puntu finko batekiko definitzen dira. Bestean jatorri-puntua robotaren muturrean dago kokatuta eta, beraz, espazioan mugikorra da. Bigarren koordenatu-sistema cartesiarraren jatorri-puntuari, erremintaren muturreko puntuari, TCP izena ematen zaio.



TCP kontrol-sistema gauzatzeko, robotaren egitura informatikoa (hardwarea eta softwarea) asko handitu behar da. Horren ondorioz, ia fabrikatzaile guztiek beraien modeloetan eskaintzen dituzten zenbait elementu agertzen dira:

- Lagundutako programazioa.** Programazio-aldian, langileak uneoro aukera dezake TCP kontrolak zein koordenatu-sistemarekiko aritzea nahi duen.

Aukeratutako koordenatu-sistema edozein izanik ere, aukeratutako norabideen arabera, kontrolak berak sortuko ditu ibilbideak, ibilbide horiek bere barneko erreferentzia-sistemara aldatuko ditu eta, azkenik, serbomotorren kontsigna-balioak kalkulatu ditu.

- b) **”Goi mailako” lengoian programatzeko aukera.** TCP kontrolak agertzeak programazio-lanak izugarri errazten dituzten lengoaien garapena ekarri du. Horregatik, puntuak grabatzerakoan, edota sarrera, irteera, atzerapen, abiadura, jauzi baldintzatu, baldintza gabeko jauzi, azpiprograma, eta antzeko funtzio osagarriak erabiltzerakoan programatzailearen lana asko errazten du. Lengoia hauen egitura informatikan erabiltzen diren lengoia “adimendun”en antzekoak dira, roboten beharretara egokitutako berariazko zenbait instrukzioekin osatuak.

Aurrekoa dela eta, ordenagailuak programatzeko erabiltzen diren filosofien zati asko robotak programatzeko ere erabil daitezke.

- d) **Errepikatze bidez ibilbideak sortzea.** TCP bidez kontrolatutako roboten programazioa “puntutik puntu” egiten den arren, puntu horietatik pasatzen diren kurbak doitu, guk nahi bezain ibilbide konplexuak lor ditzakegu.

Orain arte erabiltzen zen aukerarik hedatuena programatutako puntuen arteko interpolazio lineala eta hiru punturen arteko interpolazio zirkularra burutzeko aukerak ziren. Baina, beraien adierazpen matematikoa idatziz, ibilbideak analitikoki programatzeko aukera eskaintzen duten kontrolak ere agertu dira dagoeneko.

- e) **Identifikazio-sistema garatuekiko erreferentzien bateragarritasuna.** Erabiltzen den identifikazio-sistema edozein izanik ere, beronen helburuak objektuak lan-eremuan sartu orduko detektatzea, identifikatzea eta beraien posizio eta orientazioa zehaztea dira.

Berez, pieza bakoitzaren posizioa eta orientazioa desberdinak direnean, robotak, objektuok maneiatzeko, aurretik programatu ezin daitezkeen puntuetara joan behar du.

Robota eta identifikazio-sistemaren arteko elkarrekintza posizioen koordinatu-sistema baten bidez bakarrik burutu daiteke. Informazio hori erabiliz robotak artikulazioen posizioak kalkulatu ahal izango ditu behar den puntura heltzeko.

- f) **Prozesu jarraituetan robotak erabiltzeko aukera.** Posizio-erreferentzia gisa artikulazioen posizioa erabiltzen zuten roboten eragozpen garrantzitsu bat honakoa zen: robotak eragindako objektu, pieza edo makinak geldik egon behar izatea (ibilbidearen ikaste jarraituen kasuak salbu). TCP bidez kontrolatutako roboten kasuan ez dugu halako eragozpenik. Mugitzen ari den objektuaren desplazamenduak sortutako posizio-aldaketa, lineari lotutako posizio-kaptadorearen bidez neurtua, geldik dagoen piezaren kasurako programatutako koordinatuei algebraikoki batzea nahikoa da.

8 PROGRAMAZIO-SISTEMAK

Robotaren programazioa, robotak bere funtzionamendu automatikoan bete beharko dituen zereginak (puntu batera joan, pintza ireki edo itxi, etab.) urratsez urrats zehaztea da. Robotak erabiltzean izango dugun malgutasuna, eta hortaz, bere erabilgarritasuna, programazio-sistemaren ezaugarriei lotuta egongo da hein handi batean.

Robotak programatzeko prozedurei dagokienez, gaur egun, ez dago inolako arauketarik. Guztiz bestela, fabrikatzaile bakoitzak bere robotekin bakarrik erabil daitezkeen bere metodoa garatu du. Dena den, badaude programazio-sistema berriagoak garatzerakoan eredutzat erabili izan diren programazio-sistemak ere. Gainera, merkatuan hainbat programazio-sistema dagoen arren, guztiek, aurreraxeago azalduko den bezala, badituzte zenbait ezaugarri komun.

Robotak programatzeko metodoak sailkatzeko hainbat irizpide daude. Sailkapen batzuek metodoaren ahalmenari ematen diote garrantzia. Beste batzuek, aldiz, burutu beharreko ekintzen sekuentziak adierazteko erabiltzen den sistemari. Robotak programatzeko dauden aukerak aditzera emateko bigarren irizpidea argiagoa denez, horixe izango da aurrerantzean erabiliko duguna.

Irizpide honen arabera, robotak, gidatutako prozedura bidez (online) edo idatzizko prozedura bidez (offline) programa daiteke. Metodo biak batera erabiltzen dituzten robotak ere badaude. Lehen mailako sailkapen honek bigarren sailkapena ere onartzen du, hau da, programazio-metodoaren ahalmen eta ezaugarrien arabera. Programazio-prozedura bakoitzaren ezaugarriak, robotaren erabileraren arabera onuragarriagoak izango dira edo ez.

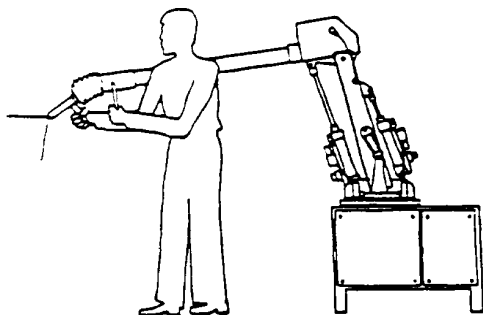
8.1 Gidatutako programazioa

Gidatutako edo ikaste bidezko programazioan robotari, edo bere maketari, burutu behar duen zeregina eginarazten zaio (eskuz mugiaraziz adibidez), eta bitartean, une bakoitzeko konfigurazioak gorde egiten dira robotak ondoren automatikoki errepika ditzan.

Robotak bere ibilbidean edo helburu-puntuetan zehar gidatzeko hainbat aukera daude. Robotaren eragingailuak deskonektatuta badaude eta mugitzeko behar duen energia programatzaileak eman behar badio, gidatze pasiboa dela esango dugu. Kasu honetan programatzaileak robotaren muturra hartu eta helburu dituen puntuetara eraman dezake ibilbiderik egokienei jarraituz. Robotaren kontrol-unitateak, ibilitako puntu guztietan, artikulazioetako posizio-sentsoreen seinaleak automatikoki gordeko ditu. Halako gidatzeari gidatze pasibo zuzena deritzo.

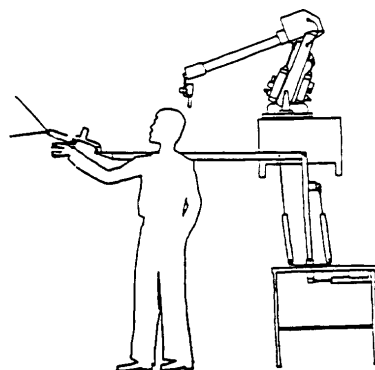
Robotaren egitura guztia fisikoki mugiaraztea zaila denean, maniki bidezko gidatze pasiboa erabiltzen da. Kasu honetan robotaren ordezeko bat erabiltzen da, robota bera lineaz kanpo uzten den bitartean. Manikiak egiazko robotaren itxura berdina du, baina askoz arinagoa eta mugitzen errazagoa da. Programatzeko orduan ordezeko robotaren eskua eramaten da, eta bitartean, kontrol-unitateak, maiztasun jakin batekin, artikulazioetako posizio-sentsoreen balioen laginak gordetzen ditu, ondoren robotak ibilbideak errepetika ditzan.

Gidatze pasiboen aurrean, beste batzuetan robotaren berezko eragingailu-sistema erabiltzen da. Programatzaileak aginte-botoien edo aginte-bastoiaren (joystick-aren) bidez gidatuko du bere indarrez mugituko den robota. Kasu honetan gidatze aktiboa dela esango dugu. Halakoetan, normalean, programatzaileak espresuki adierazitako robot-egoerak bakarrik gordeko ditu kontrol-unitateak.



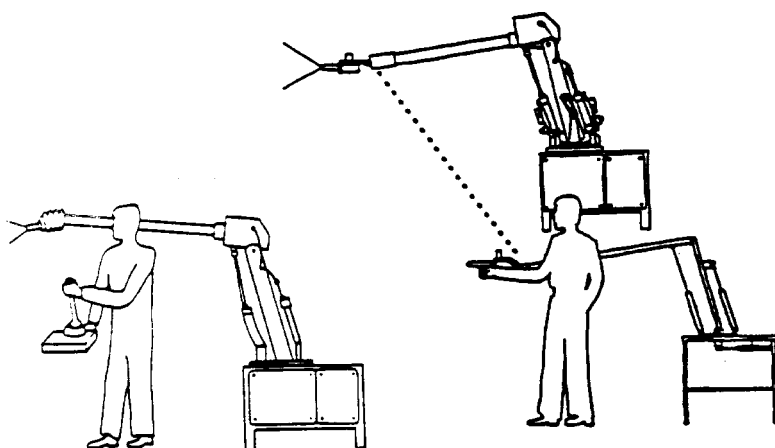
Zuzeneko ikasketa

Langileak zuzenean gidatzen du robotaren besoa.



8.1.1.1.1 Ordezko beso bidezko ikasketa

Langileak ordezeko besoa mugiarazten du. Robota geldik geratzen da.



Urrutiko kontrol bidezko edo maisu-morrori ikasketa

Langileak ordezeko besoa gidatzen du eta robotak haren mugimenduak kopiatzen ditu.

Sistemaren ahalmenaren arabera oinarrizko gidatzea eta gidatze zabala bereiz ditzakegu.

- ▶ **Oinarrizko gidatzea:** Robota, puntuz puntu eramaten da ondoren programa automatikoki egikaritzean joan beharreko puntuetara. Robota automatikoki lanean dabilenean, kontrol-sistemak kalkulaturako ibilbideen bidez elkartzen ditu puntu horiek. Askotan ezinezkoa izaten da programan inolako kontrol-egitura berezirik sartzea, eta robota sekuentzialki joaten da puntuetara, programaturako ordena berean. Halako programazio-moten muturreko kasuetako bat pintaketa-robot gehienetan erabiltzen dena dugu. Halakoetan, kontrol-sistemak, robotak zeharkaturako puntuen laginketa automatikoa egiten du oso maiztasun altuaz.
- ▶ **Gidatze zabala:** Kasu honetan, robota joan beharreko puntuak zehazteaz gain, puntu horietara heltzeko robotak hartu beharreko abiadura, ibilbide-mota, puntura zein doitasunekin heldu nahi den, programa-fluxuaren kontrola, sarrera/irteera bitarren ardura, etab. zehatz ditzakegu. Horretarako botoien edo joystick-aren bidezko gidatzea erabiltzen da. Programatzeko orduan gidatze zabala erabiltzeak programazio-sistemaren ahalmena asko indartzen du.

Gidaturako programazio-metodoak oso erabilgarriak eta kasu askotan ezinbestekoak ere badira. Gainera, ikasteko oso errazak izatearen eta informazioa gordetzeko memoria gutxi samar behar izatearen abantaila dute. Hala ere, badituzte bere eragozpenak ere. Arazo nagusia programatzeko orduan robota bera eta bere ingurunea behar izatea da. Horretarako robota produkzio-katetik kanpora atera behar dugu eta kate horren lanak geldiarazi egin behar ditugu. Ohiko beste arazoak programaren dokumentazio falta eta programari aldaketak egiteko zailtasuna dira. Horrek guztiak aplikazioak arazteko eta puntuan jartzeko zailtasuna eragiten du.

8.2 Idatzizko programazioa

Gidatze bidezko programazioaren ordezkoa idatzizko programazioa dugu. Idatzizko programazioan, robotak egin beharreko zeregina programazio-lengoaia jakin baten bidez adierazten da. Bestelako programa orokorretan bezala, kasu honetan ere, editatu eta ondoren bete behar izango den agindu-segida da robotaren programa. Badago, hortaz, idatzitako programa-testu bat.

Idatzizko programazioa hiru mailatan egin daiteke: robot-mailan, objektu-mailan edo zeregin-mailan. Horrela, hurrenez hurren, robotak burutu beharreko higidurei, maneiaturako objektuetan lortu beharreko egoerei edo lortu nahi ditugun helburuei dagozkien aginduak izango ditugu.

Gaur egun, roboten programazioak lehen maila horretan (robot-mailan) geratzen dira eta maila horretako idatzizko hainbat programazio-lengoaia dago.

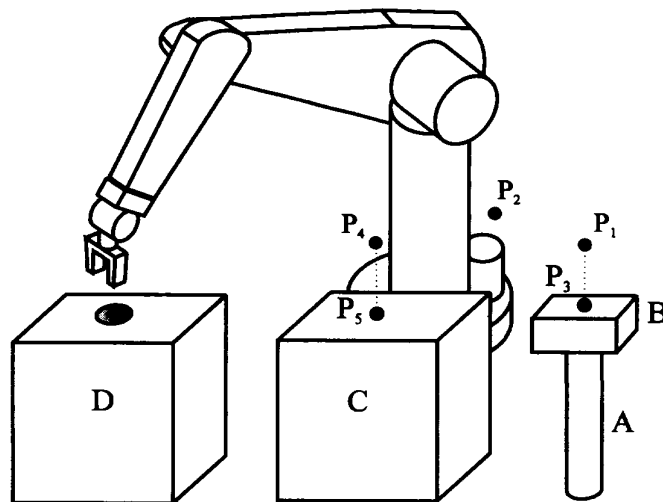
Objektu-mailako lengoaiak garatzeko hainbat ahalegin egin izan den arren, ikertzaileek aurre egin beharreko zailtasunek horrelako lengoaiak eraginkortasunez erabiltzea ezinezko egin dute.

Zenbait aipatzearren:

- ▶ LAMA (MIT - 1976)
- ▶ AUTOPASS (IBM - 1977)
- ▶ RAPT (Edinburgheko unibertsitatea - 1978)

Robota lehen aipatutako hiru programazio-mailetan nola programatuko litzatekeen azaltzeko, hiru aukerak erabiliz zeregin jakin bati nola aurre egingo geniokeen ikusiko dugu:

Hurrengo irudian robota eta bere ingurunea agertzen dira. Bere gainean B pieza duen A pieza D piezako zuloan sartu nahi dugu. Jarraian, hiru programazio-mailetan nola egingo genukeen azaltzen da modu sinplifikatuan eta lengoai hipotetikoak erabiliz.



- ▶ **Robot-maila:** Robotak egin beharreko higidura bakoitza, bere abiadura, hurbiltze- eta urrutiratze-norabideak, pintzaren irekiera eta ixtea, etab. zehaztu behar ditugu. Horretarako beharrezkoa izango da zeregin orokorra azpiatazetan zatitzea, hala nola, B Aren gainetik kendu (B Cren gainean jarritz), A Dn sartu, etab.

Aztertzen ari garen adibidean, B Cren gainean jartzeko eragiketak honelako itxura izango luke:

P2tik P1era Joan	;B piezaren gaineko puntuan kokatu
Abia = $0.2 * ABIAMAX$;Abiadura txikiagotu
Pintza = IREKI	;Pintza ireki
Doit = HANDIA	;Doitasuna handiagotu
P3ra Zuzen_Joan	;Zuzenean bertikalean jaitsi
Pintza = ITXI	;B pieza hartzeko pintza itxi
Itxaron = 0.5	;Pintza ondo itxi dela ziurtatzeko itxaron
P1era Zuzen_Joan	;Zuzenean bertikalki igon
Doit = ERDIA	;Doitasuna txikiagotu
Abia = ABIAMAX	;Abiadura handiagotu
P2tik P4ra Joan	;C piezaren gainean jarri
Doit = HANDIA	;Doitasuna handiagotu
Abia = $0.2 * ABIAMAX$;Abiadura txikiagotu
P5era Zuzen_Joan	;Zuzenean bertikalki jaitsi
Pintza = IREKI	;Pintza ireki

- **Objektu-maila:** Programaren konplexutasuna txikiagotu egiten da. Programazioa askoz erosoagoa da, instrukzioak maneiatu beharreko objektuen arabera ematen baitira. Zereginen planifikatzaileak datu-basea kontsultatu eta robot-mailako instrukzioak sortuko ditu.

B kokatu C gainean

B1_ALDEA C1_ALDEA eta B2_ALDEA C2_ALDEA egokituz

A kokatu D barruan

A_ARDATZA D_ZULO_ARDATZA eta A_OINARRIA D_OINARRIA egokituz

- **Zeregin-maila:** Programa esaldi bakarrera laburtzen da, robotak burutu beharreko lana zehazten baita eta ez nola egin behar duen.

A Dn sartu

Aipatu beharrekoa da, gero eta gehiago, roboten programazioan oinarritzko bi metodoak (gidatua eta idatzizkoa) uztartzera jotzen dela. Programa idatzizko aginduen bidez garatzen da eta beharrezkoak diren uneetan gidatutako programazioaren aukera erabiltzen da.

9 ROBOTEN PROGRAMAZIO-SISTEMEN ESKAKIZUNAK

Gaur egun erabiltzen diren roboten programazio-metodoetan inolako normalizaziorik ez dagoen arren, dituzten beharrian komunek beraien arteko nolabaiteko paralelotasuna eta kidetasuna sortu dute. Horrela, erabiltzen diren programazio-elementuen artean badaude aipa ditzakegun zenbait ezaugarri nagusi. Roboten programazio-sistemetan zehazten diren ohiko eskakizun orokorrak hauek dira:

- ✓ Programazio-ingurunea.
- ✓ Ingurunearen eredia.
- ✓ Datu-motak.
- ✓ Sarrera/irteeren erabilera (digitala eta analogikoa).
- ✓ Higiduraren kontrola.
- ✓ Programaren egikaritze-fluxuaren kontrola.

Roboten programazio-sistema bakoitzak eskakizun hauek maila handiago edo txikiagoan betetzen ditu. Jarraian, eskakizun hauen deskribapena egiten da sarrien erabiltzen direnei arreta handiagoa eskainiz.

9.1 Programazio-ingurunea

Bestelako ohiko programazio-lengoiaren gertatzen den bezala, programazioaren produktibitate ona lortzeko, oso garrantzitsua da beharrianeara egokitutako programazio-ingurunea izatea.

Maneiagailuaren ekintzak programatzea konplexua da. Izan ere, une guztietan ingurunearekin elkarrekintza izaten da eta programazioa saiakuntza/errorea prozesu jarraitua bilakatzen da. Hori da roboten programazio-sistema gehienek interpretatutako lengoiak erabiltzearen arrazoia. Horrela, uneoro, programatutakoaren urratsez urratseko jarraipena egin daiteke eta denbora aldetik hain kostu handikoa den editatu/konpilatu/exekutatu ziklo gogaikarria saihesten da.

Robotaren kontrolagailuak zelulako beste ekipoekin duen denbora errealeko elkarrekintza bereziki izan behar dugu kontuan. Horregatik oso garrantzitsua eta desiragarria da roboten programazio-sistemak urratsez urratseko arazketa- eta egikaritze-ahalmen egokia izatea. Programaren garapenaren ikuskatze edo monitorizazio jarraitua izatea ere komenigarria da.

Gaur egungo programazio-sistema batzuk sistema eragile multiatzetan daude oinarrituta, eta hainbat roboten aldibereko kontrol sinkronizatua edo robota eta bestelako sistemak (ikusmena, garraioa, etab.) batera kontrolatzeko aukera eskaintzen dute.

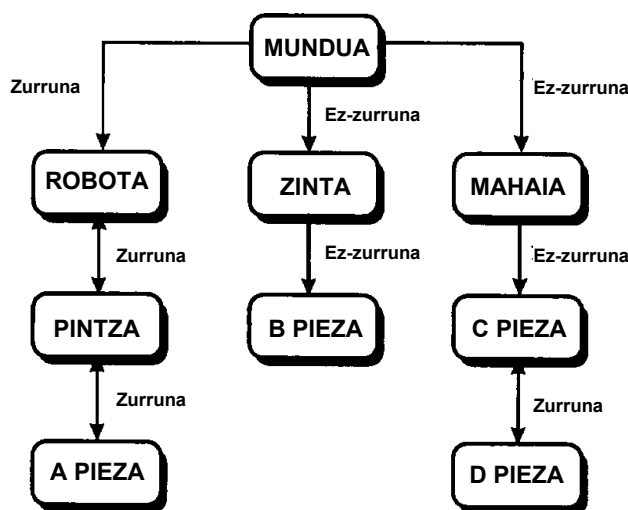
9.2 Ingurunearen eredua

Robotak, elkarrekintzak izaten dituen bere inguruko objektuez duen adierazpena da ingurunearen eredua.

Normalean ingurunearen eredua ezaugarri geometrikoetara mugatzen da: objektuen posizioa eta orientazioa, eta batzuetan beraien itxura, neurriak, pisua, etab.

Ereduko objektuen posizioa eta orientazioa definitzean objektu bakoitzari finko lotutako erreferentzia-sistema bat erabiltzea izaten da ohikoena. Horrela, munduaren sistema deritzon oinarriko erreferentzia-sistemarekiko erreferentzia-sistema honen posizioak eta orientazioak, zuzenean objektuarenak definitzen dizkigu.

Ingurunearen eredu batzuek objektuen arteko erlazioak ezartzeko aukera ere ematen dute. Erlazio hauek objektuen arteko balizko lotura fisikoa zehazten dute. Bi objektuak independenteak izan daitezke (bataren higidurak ez du bestearenean eraginik), lotura zurrunezko mendekotasuna izan dezakete (bataren higidurak bestearena dakar eta alderantziz) edo lotura ez-zurrunezko mendekotasuna izan dezakete (bataren higidurak bestearena dakar baina alderantzizkoa ez da gertatzen). Erlazio-eredu hau, zehaztu ondoren, zuhaitz-itxurako egitura erabiliz automatikoki eguneratzen da, eta programatzailearen lana asko errazten da.



9.3 Datu-motak

Roboten programazio-sistemetan, ohiko datu-motez gain (osokoak, errealak, boolearrak, etab.) baditugu ingurunearekiko elkarrekintza-eragiketak definitzeko erabiltzen diren datu-mota bereziak ere, hala nola robota iritsi beharreko puntuen eta objektuen posizioa eta orientazioa zehazten dutenak. Objektu baten espazioko posizio eta orientazioa hainbat modutan adieraz daiteke.

Artikulazioen edo robotaren koordinatuak erabiliz: bere muturra dagokion objektua bezala posizionatu eta orientatzeko, robotaren artikulazioek hartu beharreko n balioen multzoa (q_1, \dots, q_n) erabiltzen da, n robotaren askatasun-graduen kopurua izanik.

Koordinatu kartesiarrak edo erabiltzailearenak erabiliz: kasu honetan, objektuari $\{S1\}$ berezko koordinatuen erreferentzia-sistema egokitu ondoren, objektuaren posizioa $\{S1\}$ -en jatorriaren koordinatu kartesiarren (p_x, p_y, p_z) bidez definitzen da. Objektuaren orientazioak, aldiz, adierazpide desberdinak izan ditzake.

Robotaren muturraren posizio eta orientazioaren adierazpen osoa, posizioaren hiru koordinatuak eta orientazioa adierazteko metodoetako bat elkartuz lortzen da.

9.4 Sarrera/irteeren erabilera

Fabrikazio-prozesuetan robotaren integrazioa eta sinkronizazioa lortzeko, robota eta berearekin batera lanean dabiltzan makina edo prozesuen arteko komunikazio ezinbestekoa da. Komunikazio honen mailarik sinpleena sarrera eta irteera seinale bitarren bidez lortzen da. Seinale hauen bidez robotak ekintza bat abian jartzea erabaki dezake edo kanpoko gailu bati bere lana egiten hasteko adieraz diezaioke.

Irteera bitarrekin lan egiteko robotak berauek aktibatu edo desaktibatzeak ditu. Sarrerei dagokienez, robotak berauek irakurtzeko gaitasuna du eta horren arabera barne-programaren fluxua kontrolatzeko ahalmena, itxaronaldi eta jauzi baldintzatuen bidez adibidez. Sistema batzuek seinale bitar jakin bat gertatzean lan-zikloa abiarazteko aukera ere eskaintzen dute.

Sarrera bitarren beste erabilpen berezi bat etenduren sorrerarena da. Kasu hauetan, seinale jakin bat edo seinale jakinen konbinazio berezi bat automatikoki ikuskatzen da. Aipatutako baldintza gauzatzen denean robotaren kontrol-unitateak programaren fluxu arrunta eten eta errutina berezia exekutatzen du. Etendura hau, bat-batean (robota higitzen ari den bitartean), egiten ari den instrukzioa bukatzerakoan (higidura bukatzean) edo programak finkatutako lan-zikloa bukatzean (sekuentzia bukatzean) burutu daiteke.

Sare lokal bidezko edo puntutik punturako konexio bidezko (normalean, linea serie asinkrono bidezko) komunikazioak erabilia robotaren eta bere ingurunearen arteko komunikazio-maila handiagoa lortzen da. Komunikazio-mota honek robota sistema informatikoan sartzeko aukera ematen du, kanpo-ordenagailu bidez robotaren ikuskapena eta kontrola egin daitekeelarik.

Robotaren sarrera/irteeren, analogikoen zein digitalen, beste erabilera garrantzitsu bat sentsoreen integrazioa da, beraien informazioa zereginaren garapenean erabili ahal izateko. Sentsoreek, erreminta berezirik erabili behar izan gabe, guztiz ezagutzen ez diren inguruneetan ere zenbait zeregin burutzeko aukera eskaintzen digute. Sentsoreek emandako informazioa gauza askotarako erabil daiteke roboten programazioan, hala nola:

- ✓ Ibilbidea aldatzeko.
- ✓ Aukera desberdinen aukera egiteko.
- ✓ Objektuak identifikatu eta beraien posizio eta ezaugarriak lortzeko.
- ✓ Kanpo-baldintzak betetzeko.

9.5 Robotaren higiduraren kontrola

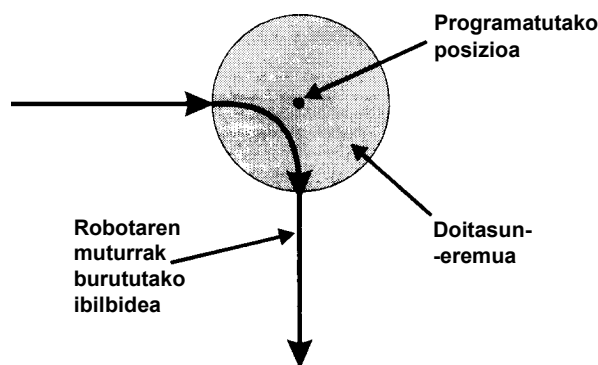
Duda-izpirik gabe, roboten programazio-sistemek robotaren higidura zehazteko aukera eskaini behar dute. Helburu-puntua zehazteaz gain, espazioan egin beharreko ibilbide-mota, ibilbidearen batezbesteko abiadura edota helburu-puntura iristeko nahi dugun doitasuna zehaztea beharrezkoa izan daiteke. Zenbait kasutan higidura nolnahi ere burutu egin behar den edo, adibidez sentsoreek emandako, egoera jakin bati baldintzatuta egon behar duen zehaztea ere beharrezkoa izango da.

Robotaren ibilbideak puntutik punturakoak, koordinatuak edo ibilbide jarraitukoak izan daitezke. Azken honek bere barnean hartzen ditu lerro zuzena, interpolazio zirkularra eta antzekoak.

Abiadura zehazteari dagokionez, ohikoa izaten da higiduraren aginduan bertan, aparte definitutako erreferentziatzko abiadura batekiko ehunekotan ematea. Horrek, programa osoaren abiadura aldatzea edo, instrukzio bakarria aldatuz, zati batena bakarrik aldatzea errazten du.

Sarri askotan, oztopoz betetako inguruneetan lan egin beharrak, eta hauekin talkarik ez egiteko, robota lerro zuzeneko ibilbidea erabiliz higitzera derrigortzen du. Dena den, hainbat programazio-sistemak, halako eragozpenak gainditzeko, pasoko puntu edo via points delakoak definitzeko aukera ematen dute. Konfigurazio jakin bat (posizioa eta orientazioa) pasoko puntu bezala nola definitzen den, robotak puntu horretara iristean izan behar duen doitasunari lotuta dago.

Robotak programatik jasotzen ditu posizio-erreferentziak eta ez du beste erreferentzia berririk onartzen robotaren muturra indarrean dagoen erreferentziara, eskatutako doitasunez, iristen den arte. Horregatik, konfigurazio jakin batetara iristeko izan beharreko doitasuna baxua izango dela definitzen badugu, robotaren muturrak hurrengo konfiguraziora jarraituko du aurrekora benetan heldu gabe eta abiadura ere ia txikiagotu behar izan gabe. Higidurak jarraitasunean eta abiaduran irabazten du pasoko puntu horietan hain beharrezkoa ez den doitasuna galtzearen truke.



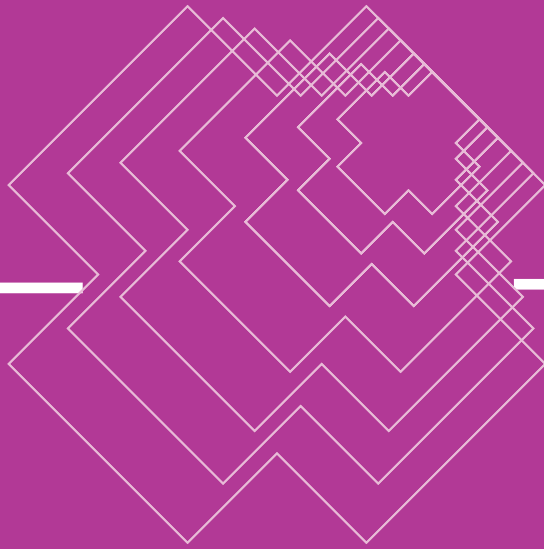
Robotak bere ibilbidean puntu berezietatik pasatu behar dueneko kasuak ere kontuan izan behar dira. Puntu berezi hauek, beraien ardatzen koordinatuak biunibokoki definitu gabe daudenean ematen dira, nahi den muturraren posizioari, orientazioari eta abiadurari eusteko abiadura handiegia izan behar dutenean kasu. Sistema batzuek, robota halako puntu berezietatik pasarazi behar denean zer-nolako interpolazio-mota izan nahi dugun definitzeko aukera ematen dute.

Robotaren higidura erabakitzeko orduan sentsoreetatik jasotako seinaleak hainbat mailatan erabil daitezke. Lehen aukera, programatutako kanpo-baldintzaren bat betetzean robotaren higidura etetea da. Sarrera/Irteeren atalean aipatutako aukera honi ikuskatutako edo babestutako higidura deitzen zaio. Bigarren aukera, inguruetik jasotako informazioaren arabera higidura, helburuaren egoera edo abiadurari dagokionez, aldatzea da. Horrela, robotaren muturraren higidura aldatu egingo da ingurune aldakorren edo partzialki ezezagunen beharizanetara egokituz. Higidura hauei moldakorrak deritze. Praktikan, ikuskatutako higidurak etenduren bidez eta higidura moldakorrak funtzio bereziak erabiliz gauzatzen dira.

9.6 Programaren egikaritze-fluxuaren kontrola

Beste erabilera arrunteko programazio-lengoaletan bezala, roboten programazio-lengoiak ere nolabait eragiketen egikaritze-fluxua zehazteko aukera eman behar dio programatzaileari. Begizten ohiko egiturak (for, repeat, while, etab.) erabiltzen dira horretarako. Paralelozko prozesaketa-ahalmena era garrantzi bereziko da, bai programa bakarraren mendean lanean robot bat baino gehiago ari denean, bai gela berean lanean ari diren ekipoak eta robota programa bakarraren kontrolpean lanean ari direnean. Semaforoetan oinarritutako sinkronismo-seinaleak eta paralelozko atazak erabiltzen dira halakoetan.

Erabilera gehienetan garrantzitsua izaten da etenduren kontrola izatea, lanean ari diren ekipoek robotarekin elkarrekintzak izan ahal ditzaten. Etenduren prozesamenduek, beraien arteko lehentasunak zehazteko aukera eta programaren edozein unetan bakoitza aktibatu eta desaktibatuzeko aukera izan behar dute.



LANBIDE
EKIMENA

