



Gabirel Jauregi
Batxilergorako materialak

Motorrak

Alex Idoiagabeitia Anakabe

Euskara Zerbitzua
Ikasmaterialak

Gabirel Jauregi Bilduma Batxilergorako materialak

9

Motorrak

Alex Idoiagabeitia Anakabe

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE
ETA IKERKETA SAILA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2009

Lan honen bibliografia-erregistroa Eusko Jaurlaritzako Liburutegi Nagusiaren katalogoan aurki daiteke:
<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>

ARGITARATUTAKO IZENBURUAK

1. Arte klasikoa. Grezia eta Erroma (iruzkigintzarako testuak).
2. Mikroekonomiaren oinarriak.
3. Energia baliabideak. 1. Batxilergo teknologikoa.
4. Arte marrazketa.
5. Oinarrizko mekanika: mugimenduen transmisioa, makina arruntak eta mekanismoak.
6. Sexismoa maitagarrien ipuinetan.
7. Filosofiaren historia.
8. XIX. eta XX. mendeetako gizarte filosofia.
9. Motorrak.

Argitaldia:	1.a, 2009ko apirila
Ale-kopurua:	500
©	Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioa Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Saila
Internet:	www.euskadi.net
Argitaratzailea:	Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco Donostia-San Sebastian, 1 - 01010 Vitoria.Gasteiz
Egilea:	Alex Idoiagabeitia Anakabe
Fotokonposizioa:	Composiciones RALI, S. A. Particular de Costa, 8-10 - 7. ^a - 48010 BILBAO
Inprimaketa:	Estudios Gráficos ZURE, S. A. Carretera Lutzana-Asua, 24-A. Erandio-Goikoa (Bizkaia)
ISBN:	978-84-457-2874-1
L.G.:	BI 1050-2009

AURKIBIDEA

1. ERREKUNTZA MOTORRAK	7
1.1. Motorren historia.....	9
1.2. Barne-errekuntzako motorren sailkapena	9
1.3. Otto motorra	9
1.4. Diesel motorra.....	13
1.5. Carnot-en zikloa	16
1.6. Motorren ezaugarriak	18
1.7. Neurri-unitateak	23
1.8. Erregaiak	25
1.9. Ariketak: makinaren printzipioak.....	26
1.10. Errekuntza-motorren ekuazio-sistemak	29
1.11. Selektibitateko ariketak.....	30
2. KORRONTE ZUZENeko MOTORRAK	43
2.1. Imanak eta magnetismoa.....	45
2.2. Makina elektrikoak eta oinarritzko printzipioak	46
2.3. Ariketak.....	48
2.4. Korronte zuzeneko motorrak.....	49
2.5. Korronte zuzeneko motorrei buruzko ariketak	58
3. KORRONTE ALTERNOKO MOTORRAK	71
3.1. Sarrera	73
3.2. Korronte alternoa industrian	73
3.3. Eremu magnetiko birakariak.....	73
3.4. Motor asinkrono trifasikoak	74
3.5. Eremu magnetikoaren abiadura eta irristadura	75
3.6. Momentua	75
3.7. Motor trifasiko asinkronoen ezaugarriak	75
3.8. Konexio motak	76
3.9. Potentzien triangelua.....	77
3.10. Potentzia-balantzea eta -errendimendua	78
3.11. Kurba bereizgarriak.....	79
3.12. Biraketa-noranzkoaren aldaketa	80
3.13. Abioa.....	80
3.14. Abiaduraren erregulazioa	81
3.15. Motor monofasikoak.....	81
4. BIBLIOGRAFÍA	89

Errekuntza-motorrak

1

1.1. MOTORREN HISTORIA

Motorren historia lehenengo lurrin-makinen eraikuntzarekin abiatzen da. Makina haietan lana lortzen zuten kanpo-errekuntzan sortutako ur-lurrina presiopean jarrita. Barne-errekuntza motorrek, aldiz, aire eta erregaia nahastuta erabiltzen dituzte lana lortzeko.

Etenne Lenoir frantsesak sortu zuen barne-errekuntzako lehen motorra 1863an. Urte batzuk geroago, 1876an, **Nikolaus Otto** alemaniarrek, lehen motor hura nabarmen hobetuta, lau aldiko motorra sortu zuen. Gaur egun, motor horrek **Otto motorra** izena dauka

Handik bi urtera, 1878an, bi aldiko lehenengo motorra fabrikatu zuen **Dugald Clerk** eskoziarrak. **Daimler**-ek, 1885ean, abiadura handiko gasolina-motorra jarri zuen bi gurpileko ibilgailuaren gainean, eta halaxe sortu zen munduko lehen motozikleta.

1886an, **Karl Benz**ek hiru gurpileko lehen automobila asmatu zuen. Urte berean, **Daimler**ek lau gurpileko ibilgailuari jarri zion **Maybach** ingeniariak sortutakomotorra. Une hartaz geroztik jarri zen abian automobilaren historia.

Rudolf Diesel alemaniarrek, 1892an, erregai astunekin funtzionatzen zuen lehen motorra sortu zuen. Motor horrek, gainera, ez zuen pizte-sistematik behar, eta **Diesel motorra** deitu zitzaion. Handik bost urtera, 1897an, mota horretako lehen motorra eraiki zen. Kamioiari, 1923an ezarri zitzaion lehenbizikoz; tren-makinari, berriz, 1912an.

Felix Wankel alemaniarrek, 1957an, pistoi birakariko motorra probatu zuen arrakasta handiz, eta asmatzailearen deitura eman zioten; hau da, **Wankel motorra**.

1.2. BARNE ERREKUNTZAKO MOTORREN SAILKAPENA

Bero-energia energia mekaniko bilakatzen du motor mota honek. Horretarako, lan mekanikoa lortzeko, alegia, airez eta erregaiz osatutako nahaste jakin bat erretzen du barnean. Barne-errekuntzako motorrak, ezaugarrien arabera, hainbat modutan sailka daitezke:

— **Errekuntza gertatzeko moduaren** arabera:

- Otto motorrak.
- Diesel motorrak.

— **Lan-zikloaren** arabera:

- 4 aldiko motorrak.
- 2 aldiko motorrak.

— **Pistoiaren mugimenduaren** arabera:

- atzera-aurrerako pistoidun motorrak.
- pistoi birakaridun motorrak.

1.3. OTTO MOTORRA (LAU ALDIKO EZTANDA MOTORRA)

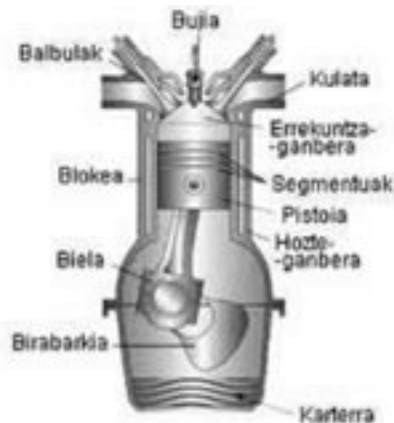
Eztanda-motorra edo eragindako pizte-motorra (EPM) izenez ere ezagutzen da. Airez eta gasolinaz osatutako nahastea erretzen du normalean. Nahaste hori errekuntza-ganberaren

kanpoaldean prestatzen da, eta, kanpoaldeko pizte-sistemaren bidez, elektrizitate-txinparta batek su ematen dio nahasteari.

1.3.1. Atalak

Otto motorrak, batetik, atzera-aurrerako mugimendua duen **pistoi**a darama, eta, bestetik, **bielaz** eta **birabarkiz** osatutako sistema. Hala, sistema horrek pistoiaren mugimendu lineala mugimendu birakari bihurtzen du.

Pistoi **zilindroaren** barruan mugitzen da eta eraztun elastikoak daramatza, elementu horiek estankoak izango direla bermatzeko. Eraztun izeneko segmentu horiek pistoian muntatzen dira.



1.3.2. Funtzionamendua

Motor mota honen funtzionamenduak lau aldi ditu: **sarrera, konpresioa, espantsioa eta ihesa**. Prozesu horretan birabarkiak bi buelta oso emango ditu.

Motorrak jasan behar duen presioa neurrizkoa denez, osagai arinak ditu eta bira kopuru handia lor dezake. Azter dezagun orain, aldiz aldi, motorraren funtzionamendua:

— Lehenengo aldia: **sarrera:**

Pistoi posizio gorenetik jaisten da (*goiko itopuntutik edo GIPetik*). Horrek zilindroaren barruan hutsunea sortzen du, eta, horren ondorioz, aire nahastua eta erregaia xurgatzen ditu orduan zabalduko den sarrera balbulatik. Beheko itopuntura edo BIPera heltzen denean bukatzen da ibiltarte hau. Birabarkia 90° biratu da.

— Bigarren aldia: **konpresioa:**

Pistoi beheko itopuntutik (BIP) goiko itopuntura (GIP) doa, eta erregai-aire nahastea konprimitu egiten da.

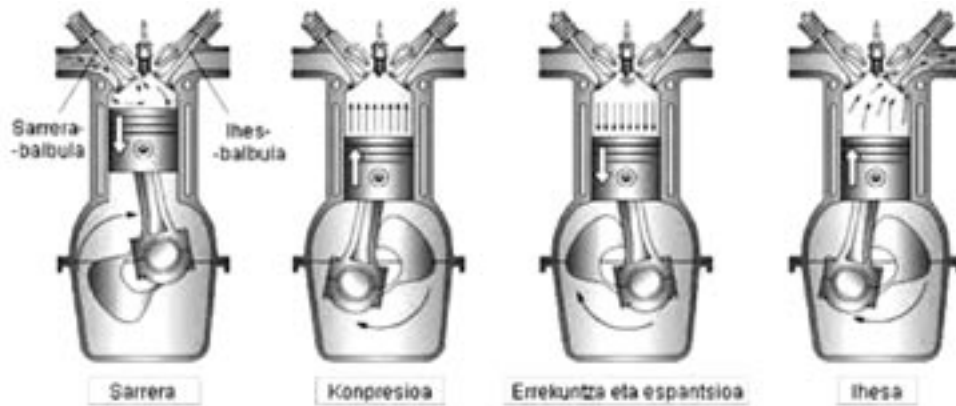
— Hirugarren aldia: **espantsioa:**

Konpresio ibiltarte bukatzeaz dagoenean, bujiaren txinpartak leherrarazten du nahastea, eta, eratutako gasek eragiten duten presioaren eraginez, pistoi beheara doa eta lan erabilgarria

sortzen du. Pistoia beheko itopuntura heltzen denean, iheseko balbula zabaldu eta birabarkia 180° biratzen da.

— Laugarren aldia: **ihesa**:

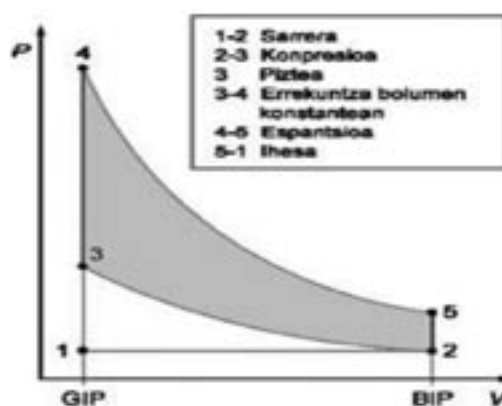
Pistoia gorantz egiten du, eta errekuntzako gasak irteten dira.



Ikusitako lau etapetatik, bakarrik hirugarrenean lortzen dugu lan erabilgarria. Lan hori inertzia bolantean metatzen da energia mekaniko moduan. Hortiek hartzen du motorrak beste hiru aldietarako behar duen energia. 5.000 eta 7.000 bitarteko bira minutuko (rpm) abiadura lortzen du Otto motorrak gehieneko potentzian.

1.3.3. Otto motorraren lan-diagrama

Lan-diagrama edo presioa-bolumena diagrama ($p-v$) presio-balioen adierazpen grafikoa da; hain zuzen ere, pistoiak lan-zikloan gauzatzen dituen lau ibiltarteetatik igaro ahala, presioak hartzen dituen balioen adierazpen grafikoa.



Sarrera (1-2 tartea)

Sarrerako etapan handitzen da zilindroaren barneko bolumena; presioa, berriz, jaitsi, eta atmosfera-presiotik behera kokatzen da. Horren eraginez, gas freskoak sartzen dira balbulatik.

1.4. DIESEL MOTORRA

Diesel motorra da Diesel zikloa betetzen duen **barne-errekuntzako motor termikoa**.

Konpresio bidezko pizte-motorra (KPM) izena ere ematen zaio. Erregai astunak erretzen ditu, hala nola gasolioa. Errekuntza ganberaren barnean prestatzen da nahastea, eta konpresio handiaren eraginez berotutako aireari gasolioa injektatzean hartzen du su erregaiak.

Lau aldi behar ditu Diesel motorrak funtzionamendu-zikloa gauzatzeko:

1. Aire garbia sartzea.
2. Konprimitzea.
3. Injektatzea, erretzea eta hedatzea.
4. Erretako gasak kanporatzea.

Otto motorrak bezala, Diesel motorrak ere bi birabarki-bueltatan osatzen du lau aldiko zikloa.

Diesel motor gehienek **gasolioa** kontsumitzen dute. Honako hauek dira petrolioa distilatuz lortzen den erregai horren ezaugarriak:

- Dentsitatea: 0,81-0,85 kg/l (15 °C-tan)
- Bero-ahalmena: 42000 kJ/kg (10.000 Kcal/kg)

Zilindro barruan nahasten da airea erregaiarekin, konpresio aldiaren amaieran. Injekzio-sistemak beharrezko presioa sortzen du, injektoreak lainoztatutako erregaia errekuntza-ganberan sar dezan.

Nahastea eratzeko denbora-tartea oso laburra denez, ezinbestekoa da aire konprimituak tenperatura altua izatea, erregaia errazago gasifikatu eta turbulentzia handia eskura dezan. Horrela, ahal bezainbesteko aire kopuruarekin nahastuko da, eta erregai-tanta bakoitzak erretzeko behar besteko oxigeno kopurua izango du inguruan.

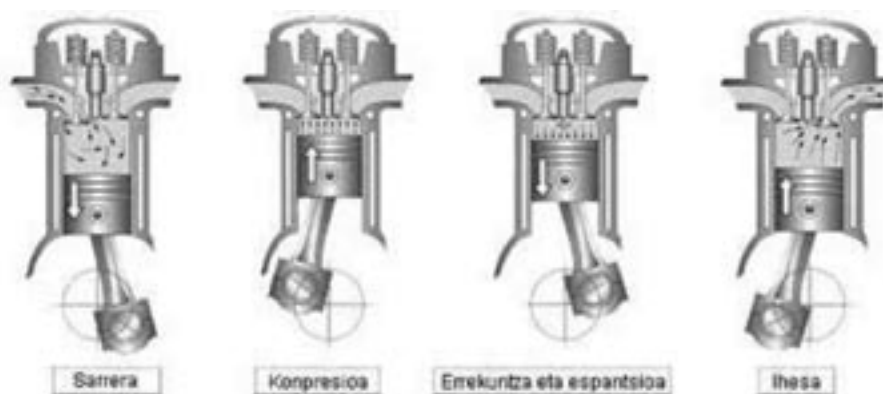
Erregaia erabat erretzeko, ez da beharrezkoa nahasteak proportzio jakin bat edukitzea; bai, ordea, aire-soberakina egotea. Aire gutxiegi dagoenean, ihes hoditik ateratzen den ke beltzak ohartaraziko digu erregai gehiegi daukagula.

1.4.1. Diesel motorraren egitura

Diesel motorraren egiturak eta Otto motorrarenak elkarren antz handia dute. Alderik nabarmenenak Injekzio-sistemaren eta errekuntza-ganberaren formei dagozkie. Gainerako osagaiak Diesel motorraren lan-baldintza gogorretara daude egokituta. Hala, konpresioko eta errekuntzako aldietan oso presio altuak gertatzen direnez, oso tenperatura altuak sortzen dira, eta horrenbestez, ongi doitutako pieza sendoak behar dira. Horrexegatik, Diesel motorra Otto motorra baino astunagoa da, eta fabrikatzea, noski, garestiago.

1.4.2. Lau aldiko lan-zikloa

Lau aldiko Diesel zikloa pistoiaren lau ibiltartetan gauzatzen da: sarrera, konpresioa, errekuntza eta espantsioa, eta ihesa.



Sarrera

Sarrera balbula ireki, eta pistoia GIPetik jaisten hasiko da. Orduan, zilindroan sartzen ari den aireak beteko du pistoiak mugitzean sortutako hutsunea. Pistoiak BIPeraino egingo du behe-
ra, eta atmosfera presioa baino baxuagoa izango da zilindro barruko presioa; igotzen hasten de-
nean, sarrera-balbula oraindik irekita egongo da, aireak zilindroan sartzean lortutako abiadura
aprobetxatzeko. Balbula ixten denean abiatuko da konpresioa.

Konpresioa

Balbulak itxita egongo dira; pistoiak igo, eta airea konprimitu egingo du, erre-
kuntza-
ganberaren **konpresio-erlazioa** oso handia izango da (14-22 bitartekoa). Konpresio handi horri
esker, erregaia erretzeko moduko tenperatura lortuko da. Konpresioaldiaren amaieran, erregaia
injektatuko da pistoia GIPera heldu aurretik.

Errekuntza eta espantsioa

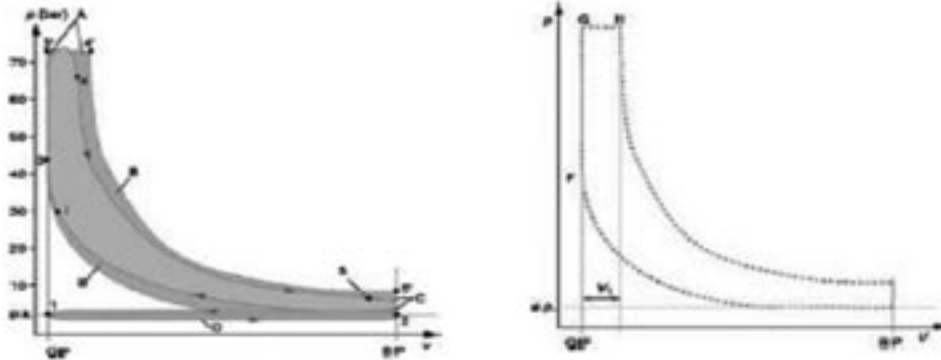
Lainoztatutako erregaia airearekin nahasi ostean, atzerapen txiki batez su hartuko du,
denbora-tarte bat behar baitu gasifikatzeko eta behar adinako tenperatura eskuratzeko. Injekzio-
ak dirauen bitartean erreko da erregaia, eta, denbora tarte-horretan tenperatura igotzen denez,
presioak ere gora egiten du. Era berean, zilindroaren bolumena ere handitzen da, pistoia jaisten
hasiko baita; horrexegatik —bolumena handitu egiten delako— ez da presioa asko aldatzen. Ho-
rrenbestez, presioa nahiko konstantea da erre-
kuntza-aldian. Azkenik, pistoia BIPerantz doala,
gasak hedatuko dira.

Ihesa

Pistoia espantsio ibiltartean BIPera heldu aurretik irekiko da ihes-balbula. Zilindroaren
barruan dagoen hondar-presioak gas erre-
ak kanporatzen dituen-
ez, abiadura handian jaitsiko da
presioa. Pistoiak gorantz egitean, gainerako gasak botako ditu. Pistoiak GIPera heltzean itxiko
da ihes-balbula, horrela hobeto kanporatzen baitira erre-
kuntzako hondarrak. Azkenik, sarre-
rako aldiaren txanda izango da berriz; pistoiak behe-
ranzko ibiltarte-
ari ekin, eta zikloa berra-
biaraziko da.

1.4.3. Lan-diagrama

Lan-diagramari begiratuta, ikus dezakegu zein garapen duten zilindroaren barruko presioak eta bolumenak zikloko lau aldietan.



1-2 tarte

Pistoiak behera egiten du sarrera-aldian; bolumena handitu eta presioa jaitsi egiten da atmosfera-presiotik behera.

2-3 tarte

Pistoiak gorantz doa konpresioaldian; bolumena txikitu, eta presioa handitu egiten da. Bero kopuru bat ateratzen da zilindroaren hormetatik. 1. puntuan hasten da erregaia injektatzen.

3-4 tarte

1. puntuan abiatutako injekzioak 4. punturaino iraungo du, eta tarte berean gauzatuko da errekuntza. 1.etik 3.era doan kurba zatian gertatzen da lehenengo aldia (pizte-atzerapena).

3. puntutik 4.era doan kurba zatia, berriz, errekuntzako bigarren eta hirugarren aldiei dagokie.

Lehenik, presioak oso azkar egiten du gora, bolumena ia konstantea dela, Otto motorretan bezala. Gero, pistoiak jaisten hasten da, eta, bolumena handitzean, presio-gorakada konpentsatzen da. Hori dela eta, errekuntza gehiena presio konstantean gertatzen da (3'4') —horixe da, hain zuzen, Diesel motorraren bereizgarrietako bat. Aldi horretako presio-gorakada kontrolatzeko, injekzio-emia erregulatzen da.

4-5 tarte

Pistoiak jaisten da espantsioaldian; bolumena handitu eta presioak behera egiten du. Gainera, zilindroko hormetatik beroa ateratzen denez, presioa nabarmenago jaisten da. 5. puntuan, zilindroaren barruan oraindik presioa dagoela, ihes-balbula irekitzen da.

5-1 tartea

Pistoia igotzen da ihesaldian; bolumena txikiagotu, eta presioa atmosfera-presiotik gora mantentzen da, erretako gasak kanporatzeko.

Ziklo praktiko honetan ere galerak gertatzen dira, Otto motorren kontura azaldutako arrazoi bertsuengatik: errekuntza-aldian denbora galtzen delako (A), hozte-sistemak beroa murriztu egiten duelako (B), sarrera aurreratzen delako (C) eta ponpaketan galerak gertatzen direlako (D).

1.5. CARNOT-EN ZIKLOA

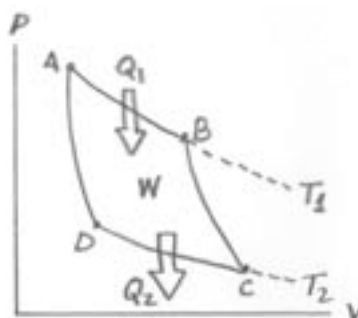
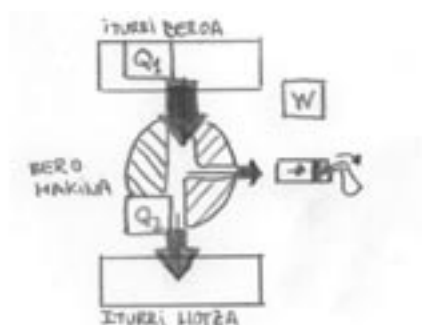
1.5.1. Sarrera

Carnoten zikloa motor termikoaren kasu ideala da, errealitatean ezin baita gauzatu. Hala ere, nahiz eta kasu teorikoa izan, Carnoten zikloa aztertzeak berebiziko garrantzia du bi arrazoi hauengatik:

- Motor termikoen funtzionamendua ulertzeko balio duelako.
- Motor termikoen errendimenduen muga zein den adierazten duelako.

Lehenengo eta behin, azal ditzagun ziklo horretan gertatzen diren eraldaketa motak:

- Isotermikoa: ez da izaten tenperatura-aldaketarik.
- Isokorikoa: ez dago bolumen-aldaketarik.
- Isobarikoa: ez dago presio-aldaketarik.
- Adiabatikoa: ez dago bero-trukaketarik kanpoaldearekin.



1.5.2. Deskribapena

Zilindro itxi batean dagoen gas baten bidez lana (energia mekanikoa) lortzeko, iturri beroa (beroa sortzeko) eta hotza (bero-hondarrak, lan mekaniko bihurtu ez dena) erabiliko ditugu.

Prozesua baliagarria izan dadin, behin eta berriro errepikatuko den ziklo bat osatu behar da; hau da, amaierako eta hasierako egoerek berdinak izan behar dute.

Carnoten zikloak lau etapa edo aldi ditu:

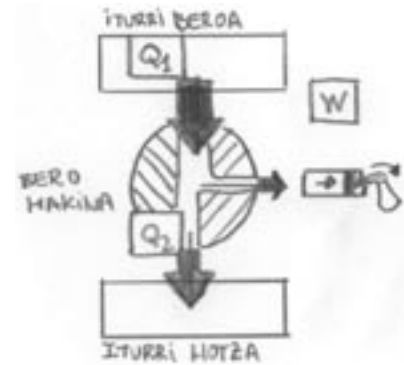
1. Zabalkuntza isotermikoa:

Gasa zabaltzen da tenperatura altua mantenduz, iturri beroarekin kontaktuan baitago.

2. Zabalkuntza adiabatikoa:

Bolumena handituz doa eta presioa gutxituz; tenperaturak bere horretan jarraitzen du.

Gasa, dagoeneko, ez dago iturri beroarekin kontaktuan, eta hoztuz joango da bolumena handitu ahala. Hala ere, ez dago bero trukaketarik kanpoaldearekin.



3. Konpresio isotermikoa:

Gasa iturri hotzarekin jartzen da kontaktuan. Bolumena nabarmen txikiagotuko da, eta presioa ere bai zertxobait. Tenperatura-aldaketarik ez dago.

4. Konpresio adiabatikoa:

Fase honetan, gasa ez dago kontaktuan iturri hotzarekin. Konprimitzen jarraitzen du, baina, oraingoan, berotuz joango da tenperatura altua hartu arte.

1.5.3. Errendimendua

Lortutako lanaren eta kontsumitutako energia termikoaren arteko erlazioa da errendimendua. Horren arabera, Carnoten makinaren errendimendua honela defini dezakegu: makina termiko batek izan dezakeen **gehieneko** errendimendua.

$$\eta(\%) = 100 \cdot \frac{W}{Q_1} = 100 \cdot \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta(\%) = 100 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Adibidea

Carnoten ziklo batean lana 50 °C eta 800 °C tartean egiten da. Kalkulatu errendimendua.

$$T = 800 + 273 = 1073 \text{ K}$$

$$T = 50 + 273 = 323 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{1073 - 323}{1073} \cdot 100 = \% 69,8$$

Gehieneko errendimendu hau, Otto eta Diesel motorretan ikusiko dugunez, ez da benetan gertatzen, galerak izaten baitira.

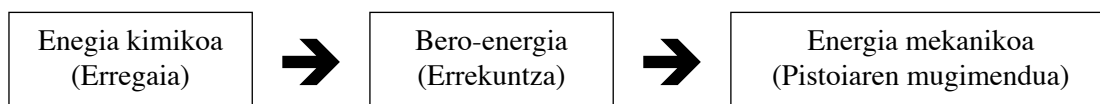
1.6. MOTORREN EZAUGARRIAK

Motorraren errendimendua bi ezaugarriren arabera da: batetik, beroa lan mekaniko bilakatzeko eraginkortasunaren arabera, eta, bestetik, motorraren funtzionamenduak sortutako bero-galeren nahiz galera mekanikoen arabera.

Bestalde, motorrak dituen ezaugarri garrantzitsuenak honako hauek dira: potentzia, momentu eragilea eta erregai-kontsumo espezifikoak. Datu horiei esker, zein motor mota den eta ibilgailuak zein ezaugarri izango dituen jakingo dugu.

1.6.1. Motorraren errendimendua

Barne-errekuntzako motorrak energia eraldatzen du honako prozesu honen bidez:



Erregaian gordetako energia, jatorriz kimikoa, bero bilakatzen da errekuntzaren bidez. Horrek presioa handitzea dakar, eta, ondorioz, pistoia mugitu eta energia mekanikoa sortzen da. Prozesu horretan erregaia energia guztia ez da lan erabilgarri bilakatzen, zati handi bat galtzen baita. Beraz, energia aprobetxagarria hasierako energia baino txikiagoa da.

Hasieran motorrari emandako energia kantitatearen eta azkenean makinan lortutako energia kantitatearen arteko erlazioari errendimendua (η) esaten zaio, eta emandako lanaren ehuneko gisa adierazten da:

$$\eta = \frac{\text{lortutako energia}}{\text{emandako energia}} \times 100$$

Galerak zenbat eta txikiagoak izan, hainbat eta handiagoa izango da motorraren errendimendua.

1.6.2. Energia-galerak

Bero-galerak

Hozte-sistemak eta kanporanzko bero-erradiazioek eragiten dituzte. Ihes-gasetatik ere nahiko berok alde egiten du.

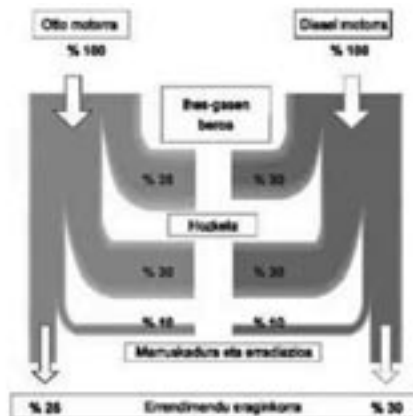
Galera mekanikoak

Mugitzen ari diren organoen arteko marruskadurek eta gailu osagarriak (ur-ponpa, olio-ponpa, etab.) eragiteko prozesuek sortzen dituzte.

Galera kimikoak

Errekuntza erabat amaitzen ez denean gertatzen dira. Otto motorrek beroaren % 35 galtzen dute ihes gasetatik; Diesel motakoek, berriz, % 30 galtzen dute. Hozte-sistematik, gutxi gorabehera, beroaren % 30 galtzen dute bi motor mota horiek. Erregaiak duen bero energiaren % 100etik, barne-errekuntzako motorrek % 35 eta % 50 bitartekoa besterik ez dute eraldatzen.

- Otto motorren bero-errendimendua: % 35etik % 40ra bitartekoa.
- Diesel motorren bero-errendimendua: % 40tik % 50era bitartekoa.



Orain arte azaldutakoa gogoan, motorren potentzia erabilgarria edo eraginkorrari galdutakoa gehitzen badiogu, motorrari emandako potentzia osoa izango dugu

$$P = P_G + P_E$$

Horiek horrela, esan dezakegu errendimendua dela potentzia erabilgarriaren eta potentzia xurgatuaren arteko erlazioa, η letra grekoaz adierazten dena, eta matematikoki honela kalkulatzeko dena:

$$\eta = \frac{P_E}{P} = \frac{P_E}{P_G + P_E}$$

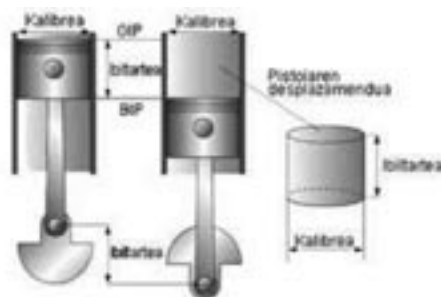
Bestalde, lortutako energia mekanikoa edo lana (W) eta motorrari emandako energia edo kaloriak (Q) erlazionatuta, motorren errendimendua kalkulatu ahal izango dugu.

$$\eta = \frac{\text{lortutako energia}}{\text{emandako energia}} = \frac{W}{Q}$$

« η » zenbaki adimentsionala da.

1.6.3. Motorren parametroak

- Diametro edo kalibrea (D): zilindroaren barneko diametroa da (mm-tan neurtua).



- Ibiltartea (S): horrela deritza pistoiak GIP eta BIP puntuen artean egiten duen ibilbidea-ri (mm-tan neurtua).
- Ibiltarte-diametro erlazioa (S/D): ibiltartea eta diametroa erlazionatzen ditu.
- Zilindrada unitarioa (V_u): zilindroaren bolumena da, GIP eta BIP puntuen artean (cm^3 -tan neurtua).

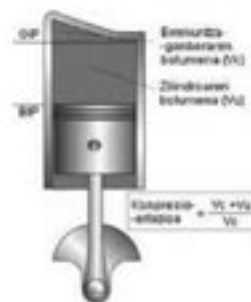
$$V_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot S}$$

- Errekuntza-ganberaren bolumena (V_c): konpresio fasean, pistoia GIP puntuan dagoenean, errekuntza-nahasteak betetzen duen bolumena da.
- Bira-lastertasuna (n): motorrak minutu batean egiten duen bira kopurua (bira/minutu) da.
- Zilindrada osoa (V_T): zilindrada unitarioa motorrak dituen zilindro kopuruaz (Z) biderkatuta lortuko dugu.

$$V_T = Z \cdot V_u$$

- Konpresio-erlazioa (r): sarrera-prozesuaren amaieran, pistoia BIPen dagoenean, zilindroaren barneko bolumen guztia hartzen du gasak ($V_u + V_c$). Pistoia GIPen dagoenean, berriz, gasa konprimitu egiten da, eta errekuntza-ganberaren bolumena besterik ez du hartzen (V_c).

Bi bolumen horien arteko erlazioari konpresio-erlazioa esaten zaio, eta horrek baldintzatzen ditu bai konpresioaren azken tenperatura, bai presioa.



$$r = \frac{V_u + V_c}{V_c}$$

1.6.4. Potentzia eta momentu eragilea

Palanka-besoetan indarra aplikatzen denean lortutako biraketa-efektuari **biraketa-momentua** deritzagu. Biraketa momentuaren balioa lortzeko, aplikatutako indarra eta indar hori aplikatzen den lekutik biraketa punturaino dagoen distantziaz biderkatu behar da.

$M = F \cdot d$	M = biraketa-momentua
	F = indarra
	d = distantzia

Motor baten biraketak bi ezaugarri nagusi ditu momentu eragilea eta biraketa-abiadura. Bi magnitude horien arteko biderketa eginez, **potentzia** lortuko dugu.

Momentuaren eta potentziaren arteko aldea ulertzeko, bizikletaren pedalei eragiten diogunean zer gertatzen den aztertuko dugu: motorra pedalkadak ematen dituen pertsona izango da, eta momentua edo indar-parea, pedaletan egiten den indarra edo presioa. Baldin eta bizikleta 15 km/h-ko abiaduran badaramagu pinoi handi batean, 30 pedalkada eman beharko ditugu minutuko. Pinoi txikian jartzen badugu, oster, abiadura berari eusteko, 15 pedalkada minutuko eman beharko ditugu; hori bai, indar bikoitza eginda, noski.

Momentua erraz nahas daiteke Fisikako beste magnitude garrantzitsu batekin, lanarekin, alegia, biak neurtzen baitira unitate berean ($N \cdot m$).

→ Momentua bektore-biderkadura bat ($\vec{F} \cdot \vec{d}$) da, eta emaitza beste bektore bat izango da (M) F-k eta d-k osatzen duten planoarekiko perpendikularra dena, eta eskuinerantz aurrera egiten duen torlojuak bezala jiratu duena indar-parearen arabera. Lana, aldiz, biderkadura eskalarra da ($F \cdot d$). Indar horrek egiten duen ibilbideak jiraturako arkuarekin bat egingo du, eta bere balioa kalkulatzeko, aski dugu angelua (θ , radianetan) erradioaz ($d/2$) biderkatzea.

Beraz, indar-parea dugunean, lana honela kalkulatuko dugu:

$$W = 2 \cdot F \cdot \theta \cdot \frac{d}{2} = F \cdot d \cdot \theta = M \cdot \theta$$

Indar-pareaz hitz egiten dugunean bi indar imaginatu behar ditugu, biak berdinak eta kontrako noranzkoa dutenak. Automobil batean bi indar hauek izango ditugu: aurrera eramango gaituen indarra eta asfaltoarekin kontaktua egitean gertatzen dena.

Ariketa

Automobil baten gurpilean 650 N·m-ko indar-parea dugu. Baldin eta gurpilaren diametroa 0,5 m-koa bada, zenbateko lana egin beharko dugu 2000m ibiltzeko?

Ebazpena

Gurpilak zenbat buelta emango dituen jakiteko, ibili beharreko distantzia zati zirkunferentziaren luzera ($2 \cdot \pi \cdot r$ edo $\pi \cdot d$) egingo dugu.

$$birak = \frac{2.000m}{\pi \cdot 0,5 \frac{m}{bira}} = \frac{4.000}{\pi} = 1.273,23 \text{ bira}$$

Radianetan adierazita:

$$\frac{4.000}{\pi} [bira] \cdot 2\pi \left[\frac{\text{erradian}}{bira} \right] = 8.000 \text{ radian}$$

Beraz, lana:

$$W = M \cdot \theta = 650 [Nm] \cdot 8.000 [rad] = 52 \cdot 10^5 \text{ Joule}$$

Potentzia

Motor baten biraketak bi ezaugarri nagusi ditu: momentu eragilea eta biraketa-abiadura. Bi magnitude horien arabera aldatzen da **potentzia**.

Momentuaren eta potentziaren artean dagoen aldea arestian argitua daukagunez (gogoratu aurreko orrialdean azaldutako adibidea), potentziaren definiziora joko dugu luzamendutan ibili gabe.

Potentzia zera da: denbora unitatean egindako lana.

$$P = \frac{W}{t}$$

Abiaduraren arabera ere adieraz daiteke:

$$W = F \cdot e \text{ eta } v = \frac{e}{t} \text{ direla kontuan hartuta, } P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot e}{t} = F \cdot v \text{ dugu.}$$

Formula horretan potentzia erlazionatzen da indarrarekin eta abiadurarekin. Analogiaz baliatuta, motorrari dagokionez, potentziaren balioa kalkulatzeko da ardatzean lortutako momentu eragilea eta biraketa-abiadura biderkatuta.

$$M = F \cdot d; \quad d = r; \quad F = \frac{M}{r}; \quad v\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n(rpm)}{60}$$

$$P = F \cdot v = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{r \cdot 60} = \frac{M \cdot n}{9,55} \text{ (KW)}$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55}$$

P → potentzia, kilowattetan

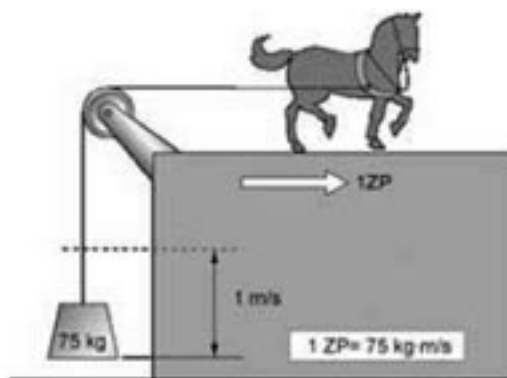
M → biraketa-momentua N · m-tan

n → bira minutuko (rpm)

r → birabarki ukondoaren luzera (1/2 ibiltartea)

Zaldi-potentzia (ZP) ere asko erabiltzen da potentzia-unitate gisa:

$$1ZP = 75 \frac{kgm}{s} \cdot \frac{9,8Nm}{1kgm} = 735 \frac{Nm}{s} = 736 \text{ watt} = 0,736 \text{ kW}$$



1.7. NEURRI UNITATEAK

Neurriak, oro har, Nazioarteko Sistemako (S I) unitateetan adierazten dira. Dena den, potentzia eta momentu eragilea adierazteko, Sistema Teknikoaren (ST) unitateak ere erabiltzen dira; eta, gaur egun, bi sistema horietan eman ohi dira datuak.

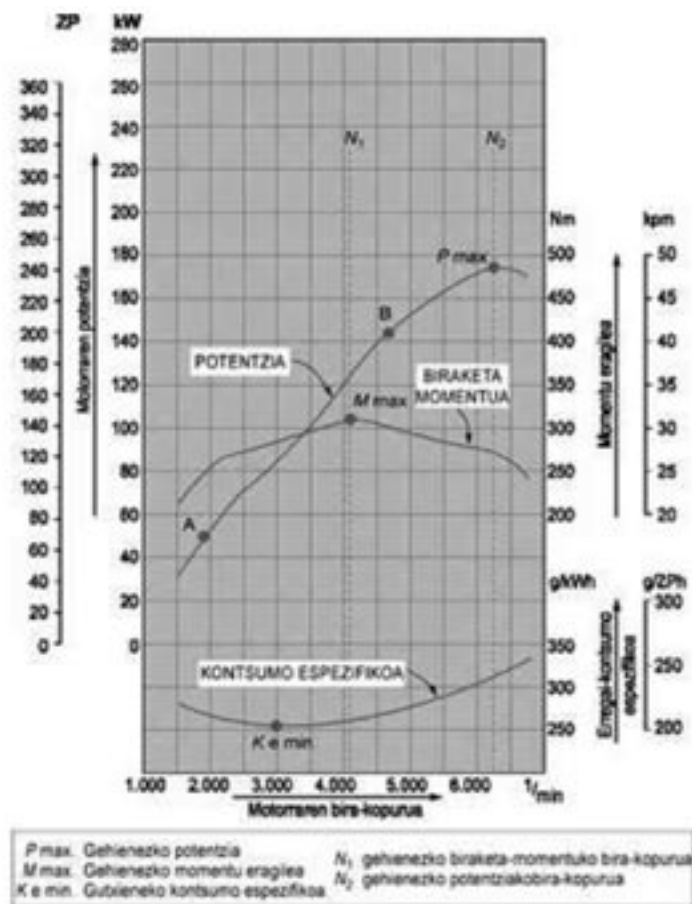
LANAREN, POTENTZIAREN ETA MOMENTU ERAGILEAREN UNITATEAK

Nazioarteko Sistema (S I) Sistema Teknikoa (S T)

	Unitateak	
	Nazioarteko Sistema	Sistema Teknikoa
Lana	Unitatea: joulea (J) $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$	Unitatea: kilogramometroa (kgm) $1 \text{ kgm} = 1 \text{ kp} \cdot 1 \text{ m}$
Momentu eragilea	Unitatea: newton metroa (Nm)	Unitatea: metro kilogramoa (mkg)
Potentzia	Unitatea: watta (W) $1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$ $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$	Unitatea: zaldi-potentzia (ZP edo Hp) $1 \text{ ZP} = 75 \text{ kgm/s}$

Baliokidetasunak: $1 \text{ ZP} = 0,736 \text{ kW}$ $1 \text{ kgm} = 9,8 \text{ Nm}$ $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ ZP}$

Motorren ezaugarri-kurbak



Bi magnitude hauek, potentzia eta momentua, motorren araberakoak dira, eta motorra eraikitzean erabilitako parametroen eta barneko erreguntza-prozesuaren ondorio dira.

Momentu eragilea birabarkian lortzen da, eta bira erregimenarekin aldatuz doa; eta potentzia, berriz, momentuaren eta bira-erregimenaren araberakoa da.

Momentuaren kurba goranzkoa da maximo bat lortu arte; hortik aurrera, kurbak behera egiten du, nahiz eta potentzia handitu.

Potentziaren kurbak ere goranzko joera erakusten du maximo batera heldu arte; hortik aurrera kurbak behera egiten du.

1.8. ERREGAIAK

Erregaiak susstantzia batzuk dira, aireko oxigenoarekin erreakzionatu eta bero kantitate handiak askatzen dituztenak.

Erregai horiek solido-, likido- edo gas-egoeran aurki ditzakegu, eta ezagutu behar ditugun hainbat ezaugarri dituzte:

- **Bero-ahalmena (Hc):** erregai-unitateko askatzen den beroa. Masa-unitateko energian (kJ/kg) edo bolumen-unitateko energian (kJ/dm³) neurtzen da.
- **Sukoitasuna:** erregaiak, berez, su hartzeko duen joera da, tenperatura, presio edo kanpoko beste eragileren baten ondorioz.
- **Lurrunkortasuna:** zenbat eta tenperatura txikiagoan lurrundu, orduan eta lurrunkortasun handiagoa izango du erregaiak. Petrolioaren deribatuen artean gasolina da produkturik lurrunkorrena.

Otto motorretan **gasolina** erabili ohi da erregai gisa. Petrolioaren deribatu horrek 15 °C-tan 0,71 eta 0,76 kg/l bitarteko dentsitatea du; bestalde, kaloria balio handia du; hain zuzen ere, 44.000 kJ/kg-koa (Hc) gutxi gorabehera (10.400 kcal gasolina, kilo bakoitzeko).

Oktano-indizea gasolinaren beste ezaugarri garrantzitsu bat da, eta konprimitzean bere burua piztu gabe eskura dezakeen tenperatura adierazten du. Horretan datza gasolinak duen detonazioaren kontrako ahalmena. Horrenbestez, oktano-indizeak gora egin ahala, gasolinak bere kabuz su hartzeko arriskua murriztu egiten da. Berez pizten denean; hau da, txinpartaren eraginik gabe pizten denean, su hartzen du gasolinak bere kabuz. Fenomeno horrek kalte egiten dio motorrari, su hartzea inolako kontrolik gabe gertatzen da eta.

Gutxitan bada ere, **petrolio-gas likidotua (PGL)** ere erabiltzen da Otto motorretan. Butano-gasez, propanoz eta propilenoaz eratutako nahastea da, eta gas-egoeran egoten da atmosfera-presioan. Gasolinaren antzeko ezaugarriak ditu.

Diesel motorrak, gehienetan, **gasolioa** kontsumitzen du. Petrolio distilatuz lortzen da erregai hori, eta 0,81 kg/l-tik 0,85 kg/l-rainoko dentsitatea du 15 °C-tan; bero-ahalmena, berriz, 42.000 kJ/kg-koa du (10.000 kcal/kg). Gasolioak, ez du ez urik ez ezpurutasunik (lohitasunik) eduki behar, injekzio sisteman kalterik gerta ez dadin.

Gasolioak azkar su hartu behar du, injektatutako aire konprimituarekin harremanetan jartzean; horregatik, sutze-tenperatura baxua eduki behar du. **Zetano-indizeak** adierazten du gasolioaren su hartzeko gaitasuna. Hala, zetano-indizea zenbat eta handiagoa izan, erregaiak su hartzeko behar duen tenperatura hainbat eta baxuagoa izango da.

Tenperatura baxuetan, likatsuagoa izaten da gasolioa. Hori dela eta, zero azpitik 25 °C-tik behera, nekez igarotzen da injezio-sistemako iragazkietatik eta hodietatik. Horren ondorioz, oso zaila izaten da erregaia hotz dagoela motorra abiaraztea, eta, horrexegatik, klima hotzetan erabiltzekoak diren zenbait motorrek bero-sistema daramate erregaia iren iragazkian.

1.9. ARIKETAK: MAKINEN PRINTZPIOAK

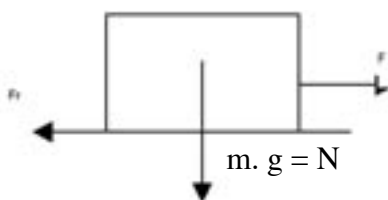
Hasieran aurkeztuko dugun ariketa multzo honetan motorrekin zerikusia duten oinarritzko printzipioekin lan egingo dugu, geroago beharrezkoak izango baitira makina termikoen arloko beste ariketa batzuk ebazteko.

1. 2.000 kg altxatzen dituen igogailu bat behe-solairuan hasi eta handik 10 segundora 7. solairura heltzen da (17,5 m). Kalkulatu motorraren potentzia.

$$E_C = 0 \quad E_P = m \cdot g \cdot h \quad P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{2.000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 17,5 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 34.300 \text{ watt} = 34,3 \text{ Kw}$$

2. Pertsona batzuek, elkarlanean, armairu bat mugitu behar dute arrastaka. Armairuak 150 kg pisatzen du eta marruskadura-koefiziente estatikoa 0,4 da; dinamikoa, berriz, 0,3. Kalkulatu eta erantzun:

- Armairua mugitzen hasteko behar den indarra.
- Zenbateko lana(W) egin den 10 m mugitu eta gero.
- Langileek 15 segundo erabili izan badute armairua bere toki berrira eramateko, zenbateko potentzia garatu dute?



Martxan jartzeko:

$$F = F_R = \mu \cdot N = 0,4 \cdot 150 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 588 \text{ N}$$

$$\text{b) } W = F \cdot d = F_R \cdot d = \mu \cdot N \cdot d = 0,3 \cdot 150 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m} = 4.410 \text{ joule}$$

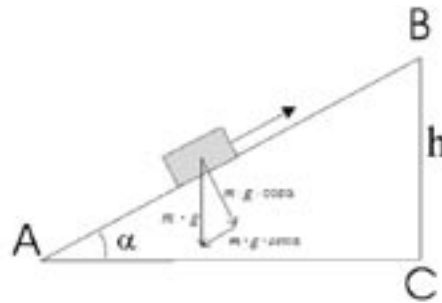
$$P = \frac{W}{t} = \frac{4410 \text{ J}}{15 \text{ s}} = 29,4 \text{ watt}$$

3. Ibilgailu batek 1.000 kg-ko pisua darama 90 ZP-ko potentziaz eta 3.000 rpm-ko abiaduran. Transmittutako potentziaren errendimendua % 85ekoa da, eta gurpilek 0,35 m-ko erradioa dute. Kalkulatu:

- a) Autoak eramango duen abiadura, % 10eko aldapa igotzen ari dela. Kontuan hartu marruskadura indarra 400 N-ekoa izango dela denbora guztian.
- b) Indar-parea trazio gurpil bakoitzean.

Ebazpena

- a) % 10eko aldapa: 10 metro igotzeko, 100 metro ibili behar.



Ibilgailuak grabitatearen eta marruskaduraren indarrak gainditu behar ditu.

Grabitatearen indarra:

$$F_g = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

α -ren balioa ez da ezaguna, baina, aldapa ezagututa, kalkula dezakegu

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,1; \alpha = \arctg 0,1 = 5,71$$

$$\sin \alpha = \sin 5,71 = 0,1$$

$$F_g = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1 = 980 \text{ N}$$

Gainditu beharko duen indar osoa:

$$F = F_g + F_r = 980 \text{ N} + 400 \text{ N} = 1.340 \text{ N}$$

Abiadura:

$$P = F \cdot v$$

$$P = P_{erab} = P_{xur} \cdot \eta = 90 \text{ ZP} \cdot 0,85 = 76,5 \text{ ZP}$$

$$v = \frac{P}{F} = \frac{76,5 \text{ ZP}}{1.380 \text{ N}} = \frac{76,5 \text{ ZP} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ ZP}}}{1.380 \text{ N}} = 40,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 146,88 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- b) Indar-parea gurpil bakoitzean:

$$M = F \cdot r$$

Bi trakzio-gurpil ditugunez, bakoitzean indarraren erdia gertatuko da; beraz:

$$M = \frac{1}{2} F \cdot r = \frac{1}{2} \cdot 1.380 \text{ N} \cdot 0,35 \text{ m} = 241,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4. *Ibilgailu baten katalogoan begiratzuz gero, honako datu hauek irakur ditzakegu:*

- Gehieneko potentzia: 90 ZP, 5.300 rpm-ko abiaduran.
- Gehieneko indar-parea: 13,8 kgm, 3.500 rpm-ko abiaduran.

Kalkulatu kasu bakoitzean, potentzia eta indar-parearen balioak, Nazioarteko Sisteman.

Ebazpena

$$\text{a) } 90 \text{ ZP} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ ZP}} = 66.150 \text{ W} = 66,15 \text{ kW};$$

edo beste era batera kalkulatuta:

$$90 \text{ ZP} \cdot \frac{75 \text{ kpm}}{1 \text{ ZP}} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kp}} = 66.150 \text{ Nm/s} = 66150 \text{ W}$$

Gehieneko potentzia:

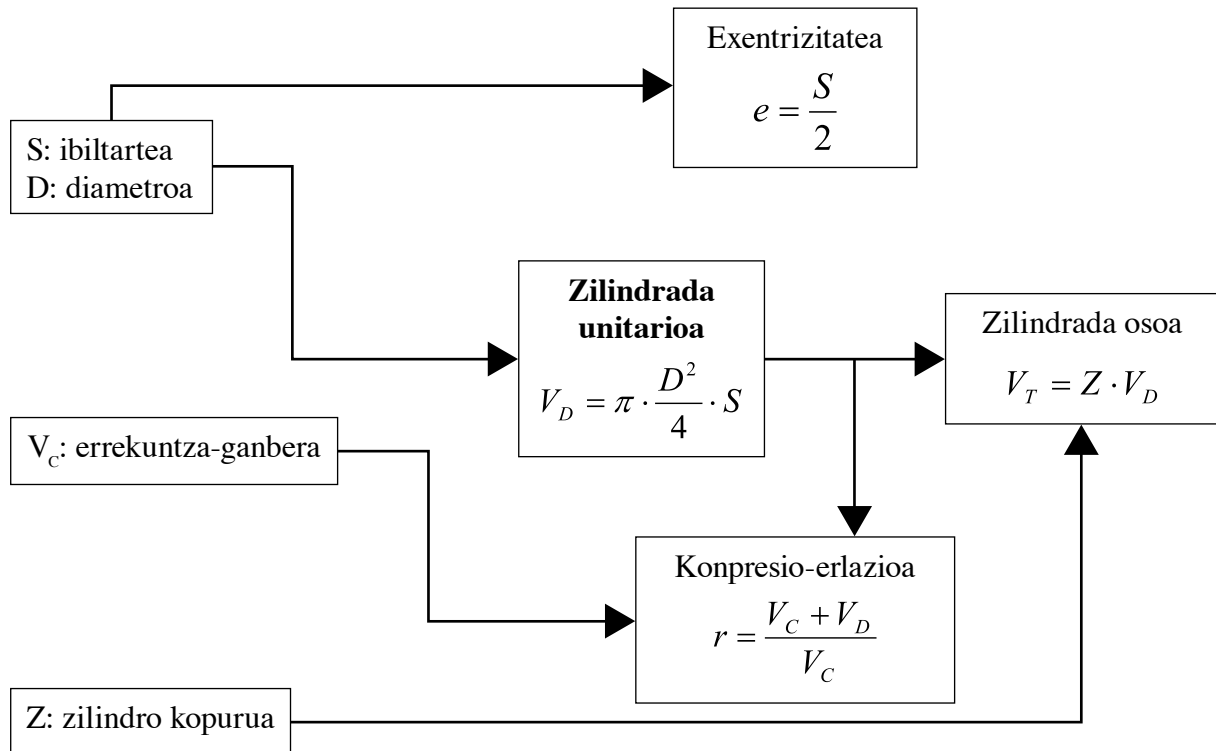
$$\begin{array}{l|l} P = M \cdot \omega & \\ 5.300 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad.}}{1 \text{ bira}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 555 \text{ rad/s} & P = \frac{M \cdot n}{9,55} \Rightarrow \\ M = \frac{P}{\omega} = \frac{66.150 \text{ W}}{555 \text{ rad/s}} = 119,18 \text{ N} \cdot \text{m} & M = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{66.150 \text{ W} \cdot 9,55}{5.300} = 119,2 \text{ N} \cdot \text{m} \end{array}$$

b) Gehieneko momentua (M_{max}) = 13,8 km/3.500 rpm-ko abiaduran

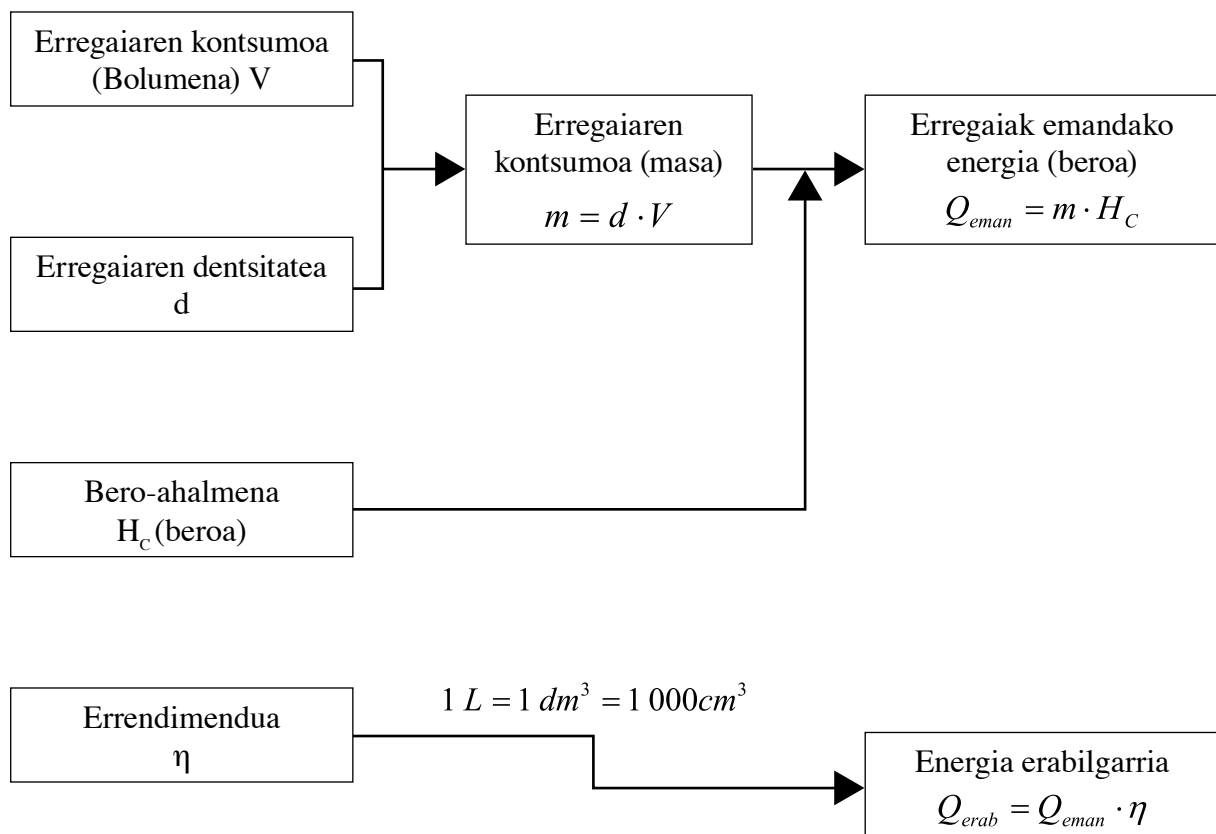
$$\begin{aligned} P &= M \cdot \omega \\ \omega &= 3.500 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 366,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ M &= 13,8 \text{ kgm} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 135,24 \text{ N} \cdot \text{m} \\ P &= 135,24 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 366,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 49.565 \text{ W} \end{aligned}$$

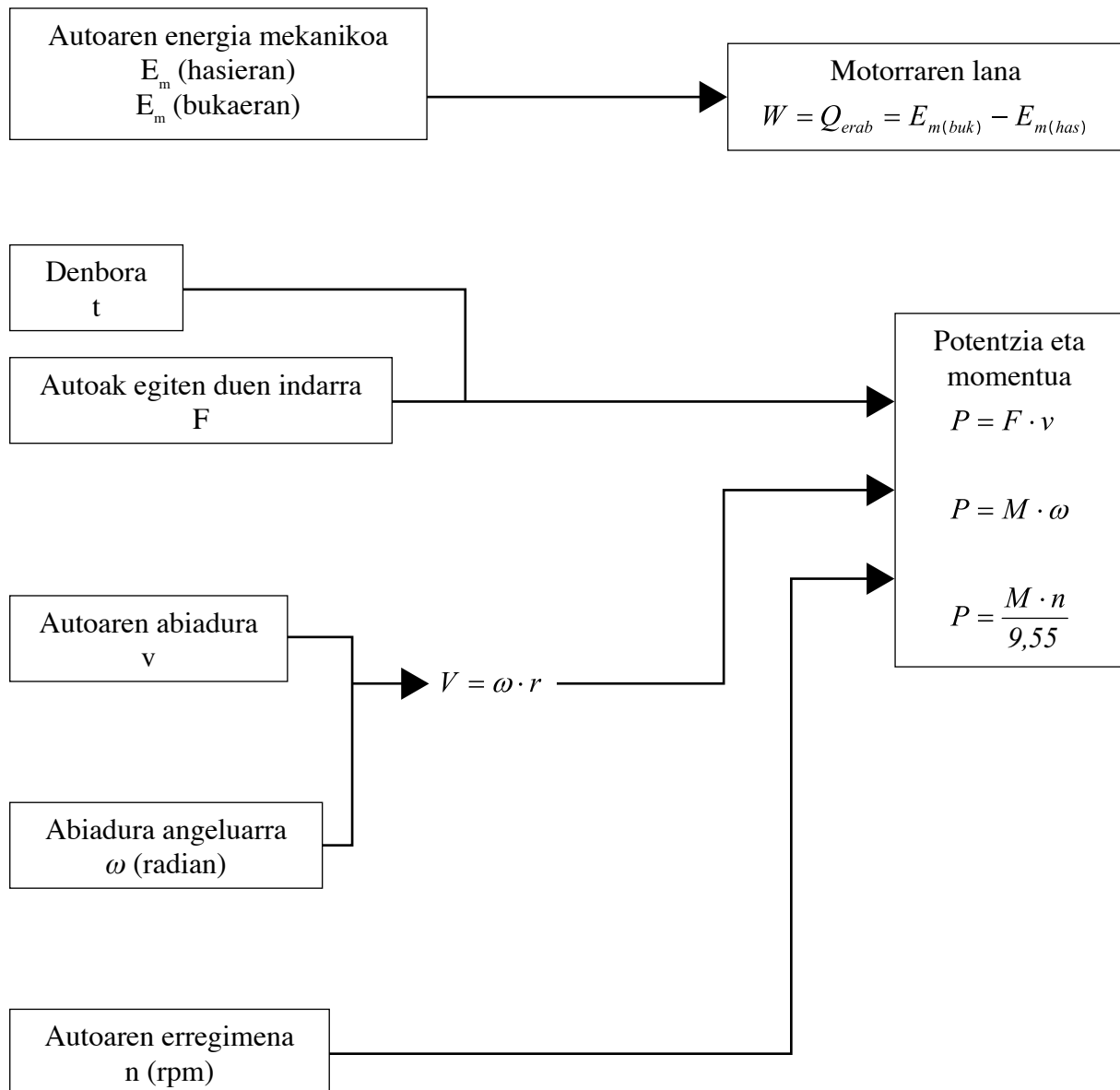
1.10. ERREKUNTZA MOTORREN EKUAZIOEN ESKEMA

Motorren geometria



Erregaiaren kontsumoa



Motorraren potentzia eta momentu eragilea**1.11. SELEKTIBITATEKO ARIKETAK****1. (2002-1)**

Barne-errekuntzako motor batek honako ezaugarri hauek ditu:

- Karratu itxura du ($C/D=1$ -C ibiltartea da eta D zilindroaren diametroa-).
- 4 zilindrokoa da.
- Zilindro bakoitzak 315 zentimetro kubikoko bolumena du, errekuntza-ganberari dago-kiona barne.
- Konpresio-erlazioa 7:1 da.
- Biraketa-pare maximoa 100 Nm-koa da, eta 2.500 rpm-ko abiaduran lortzen da.

Kalkulatu honako hauek:

- a) Errekuntza-ganberaren bolumena (cm^3 -tan), pistoiaren ibiltartea eta birabarkiarene zentrikotasuna (cm -tan)
- b) Motorraren zilindrada (cm^3 -tan)
- c) Motorrak ematen duen potentzia (KWatt-etan), 2.500 rpm-ko abiadura duenean

Ebazpena

- a) Konpresio-erlazioa eta zilindrada ezagututa:

$$r = \frac{V_C + V_D}{V_C} \Rightarrow 7 = \frac{315 \text{ cm}^3}{V_C} \Rightarrow V_C = \frac{315 \text{ cm}^3}{7} = 45 \text{ cm}^3$$

- b) Ibiltartea eta ezentrikotasuna:

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S \Rightarrow (315 - 45) \text{ cm}^3 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S \xrightarrow{S=D} \pi \cdot \frac{S^3}{4} = 270 \text{ cm}^3$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 270}{\pi}} = 7 \text{ cm}$$

$$e \text{ (ezentrikotasuna)} = \frac{S}{2} = \frac{7 \text{ cm}}{2} = 3,5 \text{ cm}$$

- c) Motorraren zilindrada:

$$V_T = Z \cdot V_D = 4 \cdot 270 \text{ cm}^3 = 1.080 \text{ cm}^3$$

- d) Potentzia 2.500 rpm-tan:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} = \frac{100 \text{ N.m} \cdot 2.500 \text{ rpm}}{9,55} = 26.178 \text{ W} = 26,18 \text{ kW}$$

edo

$$P = M \cdot \omega = 100 \text{ N.m} \cdot 2.500 \frac{\text{bira}}{\text{m}} \cdot \frac{2\pi \text{ radian}}{1 \text{ bira}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 26.178 \text{ W} = 26,18 \text{ kW}$$

2. (2002-1b)

Itsasontzi batek 4 aldiko Diesel motorra du, eta 120 ZP ematen ditu 600 rpm-tan. Ziklo bakoitzeko 0,3 gr gasolio behar ditu (gasolioaren dentsitatea: $0,8 \text{ kg/dm}^3$). Itsasontziak 100 korapiloko abiadura daramala jakinda, ebatzi honako hauek:

- a) Ontziak ordu bakoitzeko kontsumitzen duen gasolio litro kopurua, 600 rpm-tan.
- b) Milia bakoitzeko kontsumitzen duen litro kopurua.
- c) Erregai-biltegi bete batekin egingo duen milia kopurua.

$$\begin{aligned} 1 \text{ korapilo} &= 1 \text{ milia/h} \\ 1 \text{ milia} &= 1.812 \text{ m} \end{aligned}$$

Ebazpena

- a) Ordu bakoitzeko kontsumoa :

Horretarako, bihurketa-faktorea erabiliko dugu.

$$0,3 \frac{gr}{ziklo} \cdot \frac{1ziklo}{2bira} \cdot \frac{600bira}{1m} \cdot \frac{60m}{1h} \cdot \frac{1l}{800gr} = 6,75 \frac{l}{h}$$

- b) Milia bakoitzeko kontsumoa:

$$6,75 \frac{l}{h} \cdot \frac{1h}{10milia} = 0,675 \frac{l}{milia}$$

- c) biltegiaren bolumena (litrotan) «V» izanik:

$$\frac{1 \text{ milia}}{0,675 \text{ l}} \cdot "V"l = 1,48 \cdot V$$

2. (2002-2 uztaila)

Motorrak probatzeko saiakuntza-banku batean, honako datu hauek lortu dira lau aldiko Diesel motor batekin:

— biraketa erregimena:	2.100 rpm
— pareta erregimen horretan:	735 N·m
— 500 cm ³ -ko probeta kontsumitzeko behar duen denbora:	41 s
— pistoiaren diametroa:	130 mm
— pistoiaren ibiltartea:	152 mm
— zilindro-kopurua:	6 lerroan
— erregaiaren dentsitatea:	0,84 kg/dm ³

Kalkulatu honako datu hauek:

- a) Motorraren zilindrada, cm³-tan.
- b) Motorrak ematen duen potentzia, KW-etan.
- c) Zilindro bakoitzeko eta zikloko injektatzen den erregaia, cm³-tan.
- d) Erregai kontsumo espezifikoa, gr/KW·h-tan.

Ebazpena

a) Motorraren zilindrada:

$$V_T = Z \cdot V_D$$

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S \Rightarrow V_D = \pi \cdot \frac{\left(130 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}}\right)^2}{4} \cdot 152 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 2.017,5 \text{ cm}^3$$

$$V_T = 6 \cdot 2.017,5 \text{ cm}^3 = 12.105 \text{ cm}^3$$

b) Potentzia:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} = \frac{735 \text{ N.m} \cdot 2.100 \text{ rpm}}{9,55} = 161.623 \text{ watt} = 161,62 \text{ kW}$$

c) Injektatzen den erregaia:

$$\frac{500 \text{ cm}^3}{41 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{2.100 \text{ bira}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{2 \text{ bira}}{1 \text{ ziklo}} = 0,69 \text{ cm}^3 (6 \text{ zilindro}) \Rightarrow \frac{0,69 \text{ cm}^3}{6} = 0,116 \text{ cm}^3/\text{ziklo}$$

e) Erregai kontsumo espezifikoa (gr/kW·h):

$$\frac{500 \text{ cm}^3}{41 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1.000 \text{ cm}^3} \cdot \frac{0,84 \text{ kg}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1.000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{161.623 \text{ joule}} \cdot \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ watt}} = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ gr}/\text{watt} \cdot \text{s}$$

$$6,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{gr}}{\text{watt} \cdot \text{s}} \cdot \frac{1.000 \text{ watt}}{1 \text{ kW}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 228 \text{ gr}/\text{kW} \cdot \text{h}$$

3. (2002-II)

Eztanda-motor batek (Otto motakoa) % 30eko errendimendua du. 5.000 rpm-ko abiadura duenean, ordu bakoitzeko 20 litro gasolina kontsumitzen du. Gasolina horrek duen dentsitatea 0,7 Kg/dm³-koa da, eta erretze-beroa 10.500 Kcal/kg-koa. Erantzun honako galderei:

- Zenbat kilokaloria erabiltzen dira lanerako, eta zenbat ez dira aprobetxatzen?
- Zenbatekoa da, kW-etan, motorrak ematen duen potentzia?
- Zenbatekoa da, N·m-tan, 5.000 rpm-ra ibilita motorrak lortzen duen indar-parea,?

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

Ebazpena

a)

$$\eta = 0.3$$

$$E = 20 \frac{l}{h} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 l} \cdot \frac{0,7 \text{ kg}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{10.500 \text{ kcal}}{1 \text{ kg}} = 147.000 \text{ kcal/h}$$

$$E_{erab} = 147.000 \frac{\text{kcal}}{h} \cdot 0,3 = 44.100 \text{ kcal/h}$$

$$E_{galdua} = 147.000 \text{ kcal/h} - 44.100 \text{ kcal/h} = 102.900 \text{ kcal/h}$$

b) Potentzia:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{44.100 \text{ Kcal}}{3.600 \text{ s}} \cdot \frac{1.000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} = 12.250 \text{ J/s} = 51.041 \text{ watt} = 51 \text{ kW}$$

c) Indar-parea (5.000 rpm):

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} \Rightarrow M = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{51.041 \text{ W} \cdot 9,55}{5.000 \text{ rpm}} = 97,48 \text{ N.m}$$

4. (2003-Ia)

Dibulgazio-aldizkari batetik honako datu hauek atera ditugu furgoneta txiki baten motorrari buruz:

- Zilindro-kopurua: 4.
- Diametro/ibiltartea: 65/68 (mm).
- Konpresio-erlazioa: 8,5/1.
- Gehieneko potentzia: 28,5 KW, 5.400 rpm-ko abiaduran.
- Gehieneko momentua: 66 N·m, 300 rpm-ko abiaduran.

Kalkulatu:

- a) Motorraren zilindrada osoa.
- b) Momentu eragilea, gehieneko potentzia denean (N·m-tan).
- c) Motorraren potentzia, gehieneko momentua denean (KW-etan).

Ebazpena

a) Zilindrada osoa:

$$V_T = Z \cdot V_D \Rightarrow V_T = Z \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = 4 \cdot \pi \cdot \frac{6,5^2}{4} \cdot 6,8 = 902,5 \text{ cm}^3$$

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S$$

b) Momentua, gehieneko potentzian:

$$P = M \cdot \omega \Rightarrow M = \frac{P}{\omega} = \frac{28.500 \text{ W}}{5.400 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}}} = \frac{28.500 \text{ W}}{565,48 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 50,39 \text{ N}\cdot\text{m}$$

c) Potentzia, gehieneko momentuan:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} = \frac{66 \text{ N}\cdot\text{m} \cdot 300 \text{ rpm}}{9,55} = 2.073 \text{ watt} = 2,073 \text{ kW}$$

5. (2003-Ib)

Itsasontzi baten motorrak 150 ZP-ko potentzia ematen du, eta 238 gr/kWh-ko kontsumoa du. Erabiltzen duen erregaia 0,85 kg/dm³-ko dentsitatea du, eta 43.500 KJ/kg-ko bero-ahalmena. Ontzia 10 korapiloko abiadura konstantean higitzen doala jakinda, kalkulatu:

- 500 itsas-milia egiteko behar duen erregai-kontsumoa, litrotan.
- Motorraren errendimendua.

Baliokidetasunak:

- 1 korapilo = 1 itsas-milia /h
- 1 itsas-milia = 1.852 m.
- 1 ZP = 735 W
- 1 ZP = 75 kpm/s
- 1 kWh = 3,6 · 10⁶ J

a) Erregai-kontsumoa:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t;$$

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{500 \text{ itsas-milia}}{10 \frac{\text{itsas-milia}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}} = 18 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$W = P \cdot t = 150 \text{ ZP} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ ZP}} \cdot 18 \cdot 10^4 \text{ s} = 1,98 \cdot 10^{10} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 5.500 \text{ kWh}$$

Konsumitutako erregai-litroak:

$$5.500 \text{ kWh} \cdot 238 \frac{\text{gr}}{\text{kWh}} \cdot \frac{1 \text{ l}}{850 \text{ gr}} = 1.540 \text{ l}$$

6. (2003-IIa)

Hona hemen bi gurpileko ibilgailu baten motorraren ezaugarri batzuk:

- Geometria karratua duen zilindro bat.
- Kalibrea x Ibiltartea = 39 x 39 mm.
- 10 ZP-ko potentzia, 8.000 rpm-ko abiadura daramala.
- Konpresio-erlazioa = 12:1

Kalkulatu datu hauek:

- a) Zilindrada, cm^3 -tan.
- b) Errekuntza-ganberaren bolumena, cm^3 -tan.
- c) Momentua, N·m-tan, abiadura 8.000 rpm-koa dela.

Baliokidetasunak: 1 ZP = 75 kpm/s

Ebazpena

- a) Zilindrada:

$$V_T = Z \cdot V_D = Z \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = 1 \cdot \pi \cdot \frac{(3,9 \text{ cm})^2}{4} \cdot 3,9 \text{ cm} = 46,58 \text{ cm}^3$$

- b) Errekuntza-ganberaren bolumena:

$$r = \frac{V_C + V_D}{V_C} \Rightarrow \frac{12}{1} = 1 + \frac{V_D}{V_C} \Rightarrow V_C = \frac{V_D}{11} = \frac{46,58 \text{ cm}^3}{11} = 4,23 \text{ cm}^3$$

- c) Momentua, 8.000 rpm-ko abiaduran:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} \Rightarrow M = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{10 \text{ ZP} \cdot \frac{75 \text{ kpm}}{1 \text{ ZP}} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kp}} \cdot 9,55}{8.000 \text{ rpm}} = 8,77 \text{ N.m}$$

8. (2003-IIb)

Igerileku batek 200 m^3 ur dauka 15°C -tan (T_1). % 50eko errendimendua duen butano-berogailu bat erabiliz, uraren tenperatura = 25°C -taraino (T_2) igo nahi dugu. Kalkulatu eurotan igerilekuko ura epeltzeak izango duen kostua, datu hauek jakinda:

- Uraren dentsitatea = 1 kg/l
- Uraren bero espezifiko = $1 \text{ cal/(gr} \times ^\circ\text{C)}$
- Butanoaren goiko-berotze ahalmena (GBA) = 11.100 kcal/kg
- $12,5 \text{ kg}$ -ko butano-botilaren prezioa = 6€

Ebazpena

Lehenengo eta behin, urak hartzen duen beroa eta erregaia ematen duena kalkulatu ditugu:

$$Q_{ura} = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 200 \, m^3 \cdot \frac{1.000 \, l}{1 \, m^3} \cdot \frac{1000 \, gr}{1 \, l} \cdot 1 \frac{cal}{gr \cdot ^\circ C} (25 - 15) ^\circ C = 2 \cdot 10^9 \, cal = 2 \cdot 10^6 \, kcal$$

$$\eta = 0,5 = \frac{Q_{ura}}{Q_{erregaia}} \Rightarrow Q_{erregaia} = \frac{Q_{ura}}{0,5} = \frac{2 \cdot 10^6 \, kcal}{0,5} = 4 \cdot 10^6 \, kcal$$

$$\text{€} \approx 4 \cdot 10^6 \, kcal \cdot \frac{1 \, kg}{11.100 \, kcal} \cdot \frac{6 \, \text{€}}{12,5 \, kg} = 172,97 \, \text{€}$$

9. (2004-Ia)

Eztanda-motor bati buruzko datu hauek erabilia:

- Zilindro kopurua, $Z = 4$
- Zilindroaren diametroa, $D = 80 \, \text{mm}$.
- Pistoia ibiltartea, $S = 86 \, \text{mm}$

Kalkulatu:

- a) Zilindrada unitarioa, cm^3 -tan.
- b) Zilindrada osoa, cm^3 -tan.
- c) Konpresio-erlazioa.

Ebazpena

- a) Zilindrada unitarioa:

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = 3,14 \cdot \frac{(8 \, \text{cm})^2}{4} \cdot 8,6 \, \text{cm} = 432,28 \, \text{cm}^3$$

- b) Zilindrada osoa:

$$V_T = Z \cdot V_D = 4 \cdot 432,28 \, \text{cm}^3 = 1.729,13 \, \text{cm}^3$$

- c) Konpresio-erlazioa:

$$r = \frac{V_C + V_D}{V_C} = 1 + \frac{432,28 \, \text{cm}^3}{V_C}$$

10. (2005-Ia)

Motor batek 8 litro gasolina kontsumitzen du orduko. Erabiltzen duen erregaiak $0,75 \text{ kg/dm}^3$ -ko dentsitatea du, eta 9.900 kcal/kg -ko bero ahalmena. Motorraren ardatzak 3.800 rpm -ko abiadura du. Bestalde, motorraren errendimendu osoa (termikoa + mekanikoa) % 35ekoa da. Kalkula itzazu:

- a) Errekuntzaren potentzia, Kcal/h-tan.
- b) Potentzia erabilgarria, W-etan.
- c) Momentu eragilea, N. m-tan.

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

Ebazpena

- a) Errekuntzaren potentzia:

$$8 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \cdot 9.900 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 59.400 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- b) Potentzia erabilgarria:

$$\eta = \frac{P_{\text{erab}}}{P_{\text{errek}}} \Rightarrow P_{\text{erab}} = \eta \cdot P_{\text{errek}} = 0,35 \cdot 59.400 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 20.790 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- c) Momentu eragilea:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} \Rightarrow M = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{20.790 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} \cdot 9,55}{3.800 \text{ rpm}} = 60,47 \text{ N} \cdot \text{m}$$

11. (2006-II)

Demagun badugula barne-errekuntzako motor bat, Otto zikloaren arabera dabilena. Motorra lau aldikoa da eta honako ezaugarriak dituzten 4 zilindro ditu: 80 mm -ko diametroa, 85 mm -ko ibiltartea, konpresio erlazioa $9,8:1$ da, eta aire- eta erregai-nahastearen koefiziente adiabatikoa $1,33$ da. Bestalde, jo dezagun zilindroaren diametroa 81 mm -koa izateraino arteztu dugula motorraren motorraren errendimendua areagotzeko. Horiek hala, kalkula itzazu honako datu hauek:

- a) Zilindrada osoa, zilindroak arteztu aurretik.
- b) Erretze-ganberaren bolumena.
- c) Konpresio-erlazio berria.
- d) Bero-errendimendu termikoaren areagotzea.

Ebazpena

a) Zilindrada osoa; zilindroak arteztu aurretik:

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = \pi \cdot \frac{8^2}{4} \cdot 8,5 = 427,25 \text{ cm}^3$$

$$V_T = Z \cdot V_D = 4 \cdot 427,25 = 1.709 \text{ cm}^3$$

b) Erretze-ganberaren bolumena:

$$\rho = \frac{V_C + V_D}{V_C} \Rightarrow \frac{9,8}{1} = 1 + \frac{427,25 \text{ cm}^3}{V_C} \Rightarrow V_C = \frac{427,25}{8,8} = 48,55 \text{ cm}^3$$

c) Konpresio-erlazio berria:

$$V_D = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = \pi \cdot \frac{8,1^2}{4} \cdot 8,5 = 438 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{V_C + V_D}{V_C} = \frac{48,55 + 438}{48,55} = 10,02$$

d) Bero-errendimendu termikoaren areagotzea:

Errendimendua, artezketa egin baino lehen:

$$\eta_o = 1 - \frac{1}{\rho^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{9,8^{1,33-1}} = 0,529 \rightarrow \% 52,9$$

Errendimendua, artezketaren ondoren:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\rho^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{10,02^{1,33-1}} = 0,533 \rightarrow \% 53,3$$

Areagotzea edo gehikuntza:

$$x = \frac{\eta - \eta_o}{\eta} = \frac{0,533 - 0,529}{0,533} = \frac{0,004}{0,533} = 0,0075 \rightarrow \% 0,75$$

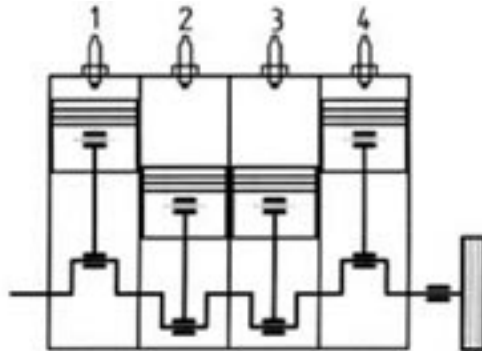
12. (2007-I)

Lau zilindroko motor batek 60 ZP-ko potentzia eraginkorra ematen du 3.000 b/min-ko abiadurara heltzen denean. Hori lortzeko, 10.400 kcal/kg-ko bero ahalmena duen 12 kg erregai kontsumitu behar ditu orduko. Pistoien diametroa (70 mm) eta ibiltartea (90mm) ezagutzen ditugu; baita konpresio-erlazioa ere (9:1). Horiek guztiak kontuan hartuta, kalkulatu:

a) Motorraren zilindrada osoa, cm^3 -tan.

- b) Konpresio ganbararen bolumena, cm^3 -tan.
 c) Momentu eragilea, N. m-tan.
 d) Errendimendu efektiboa.

Baliokidetasunak: 1 ZP = 735 Watt
 1 cal = 0,24 J



Ebazpena

- a) Zilindrada:

$$V_{osoa} = Z \cdot V_D = Z \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S = 4 \cdot \pi \cdot \frac{7^2}{4} \cdot 9 = 1.385 \text{ cm}^3$$

- b) Konpresio-ganberaren bolumena:

$$\rho = \frac{V_C + V_D}{V_C} \Rightarrow 9 = 1 + \frac{346 \text{ cm}^3}{V_C} \Rightarrow V_C = \frac{346}{8} = 43,29 \text{ cm}^3$$

- c) Momentu eragilea:

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55} \Rightarrow M = \frac{P \cdot 9,55}{n} = \frac{60 \text{ ZP} \cdot \frac{735 \text{ watt}}{1 \text{ ZP}} \cdot 9,55}{3.000 \text{ rpm}} = 140,38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- d) Errendimendu efektiboa:

$$\eta = \frac{P_{erag.}}{P_{xurg.}} = \frac{60 \text{ ZP} \cdot \frac{735 \text{ watt}}{1 \text{ ZP}}}{10.400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0.24 \text{ cal}} \cdot \frac{12 \text{ kg}}{3.600 \text{ s}}} = \frac{44.100 \text{ watt}}{144.444 \text{ watt}} = 0,3 \rightarrow \% 30$$

13. (2007-II)

Batez beste 100 km/h-ko abiadura daraman auto batek 6,5 litro gasolina behar ditu 100 km ibiltzeko. Erabilitako erregaiak 10.500 Kcal/kg-ko bero-ahalmena du, eta 0,75 kg/l-ko den-

tsitatea. Errendimendu termikoa (% 30) eta transmisio-sistemaren errendimendu mekanikoa (% 85) ezagutzen ditugu. Autoak atzeko trakzioa du, eta gurpilek 0,325 m-ko erradioa dute.

Kalkulatu:

- Motorraren potentzia, ZP-tan.
- Gurpilei emandako potentzia, ZP-tan.
- Gurpilek egiten duten indar eragilea, N-etan; eta momentu eragilea, N· m-tan.
- Gurpilen batezbesteko abiadura angeluarra, rad/s-tan.

Baliokidetasunak: $1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$
 $1 \text{ ZP} = 735 \text{ W} = 75 \text{ km/s}$
 $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

Ebazpena

- a) Motorraren potentzia:

$$P = 10.500 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot \frac{1.000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \cdot 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot \frac{6,5 \text{ l}}{100 \text{ km}} \cdot 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 594.434 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ ZP}}{735 \text{ W}} = 80,8 \text{ ZP}$$

- b) Gurpilei emandako potentzia:

$$\eta_{\text{osoa}} = \eta_{\text{termikoa}} \cdot \eta_{\text{mekanikoa}} = 0,3 \cdot 0,85 = 0,255 \rightarrow \% 25,5$$

$$\eta = \frac{P_{\text{eraginkorra}}}{P_{\text{xurgatua}}} \Rightarrow P_{\text{eraginkorra}} = \eta \cdot P_{\text{xurgatua}} = 0,255 \cdot 80,8 \text{ ZP} = 20,6 \text{ ZP}$$

- c) Indarra eta momentua, gurpiletan:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v$$

$$F = \frac{P}{v} = \frac{20,6 \text{ ZP} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ ZP}}}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{\text{km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}} = \frac{15.141 \text{ W}}{27,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{15.141 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{27,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 546,6 \text{ N}$$

Indarra bi gurpilen artean banatzen da; beraz:

$$F_{\text{gurpila}} = \frac{F_{\text{osoa}}}{2} = \frac{546,6 \text{ N}}{2} = 273,3 \text{ N}$$

$$M = F \cdot d = F \cdot r = 273,3 \text{ N} \cdot 0,325 \text{ m} = 88,82 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- d) Abiadura angeluarra:

$$100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{2 \pi \text{ rad}}{(2 \cdot \pi \cdot 0,325) \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 85,47 \text{ rad/s}$$

***Korronte zuzeneko
motorrak***

2

2.1. IMANAK ETA MAGNETISMOA

2.1.1. Imanak

Imana burdina eta bere deribatuak erakartzeko ahalmena duen gorputza da. Portaera horren oinarrian dagoen propietateari magnetismo esaten zaio. Imanaren magnetismoa nabaritzen den zonari eremu magnetiko deritza.

Imanek bi polo magnetiko dituzte: iparra eta hegoa. Iman bat bi zatitan apurtuz gero, bi iman berri sortuko dira, eta bakoitzak ipar eta hego polo bana izango ditu.

Zeinu bereko poloen artean (iparra-iparra, hegoa-hegoa) **aldaratze-indarrak** egoten dira; kontrako zeinuko poloen artean, berriz, **erakarpen-indarrak** sortzen dira. Iparrorratzari iman bat hurbilduz gero, **lerro magnetikoen** arabera orientatzen da tresna hura. Lerro magnetiko horiek ipar polotik ateratzen dira eta hego polotik sartzen; imanaren barnetik, berriz, hegotik iparrera doaz. Horrela, lerro horiek eratzen dutenari **eremu magnetikoa** esaten diogu. Eremu magnetikoak irudikatzeko, **indar lerroak** deritzen irudizko lerroak erabiltzen dira.

2.1.2. Elektromagnetismoa: elektroimanak

1820an, daniar fisikari Hans Christian Oersted zeraz ohartu zen: korrante elektrikoa zera-man eroale bati iman bat hurbiltzen zionean, imana desbideratu egiten zela; eta korrante elektrikoa etenez gero, berriz, imanak bere hartan zirauela.

Saiakuntza hark argi utzi zuen korrante elektrikoak eremu magnetiko bat indusitzen duela bere inguruan. Une hartan jaio zen elektromagnetismoa, korrante elektrikoaren eta eremu magnetikoen arteko erlazioa aztertzen duen zientziaren atala, hain zuzen ere.

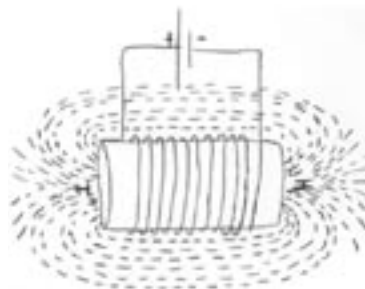
Sortutako indar-lerroen intentsitatea neurtu beharrak **indukzio magnetikoa (B)** izeneko magnitude bektoriala sortzea ekarri zuen. Magnitude hori Tesla-tan neurtzen da.

*Eremu magnetiko batek **Tesla bateko** indukzioa sortzen du, baldin eta haren eraginpean dagoen 1 m-ko luzera duen eroale batetik anpere bateko korrontea igarotzen bada, eta eroale hori eremuaren indar-lerroekiko perpendikularra bada. Gauzak hala, eremu magnetikoak 1N-eko indarra eragiten dio eroaleari.*

Tesla baino sarriago erabiltzen den beste unitate bat ere badugu: **fluxu magnetikoa (Φ)**. Azalera zehatz bat zeharkatzen duen indukzio magnetikoa adierazten du. Weber-etan neurtzen da.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

Haril moduan biribilkatutako eroaleak sortzen duen eremu magnetikoaren intentsitatea handiagoa da eroale zuzenak sortzen duena baino. Gainera, haril biribilkatuaren barruan burdina gozozko hagaxka bat jartzen badugu, eremu magnetikoa handiagotzea lortuko dugu. Horrela sortutako gailuari **elektro-imana** deritza.



2.2. MAKINA ELEKTRIKOAK ETA OINARRIZKO PRINTZPIOAK

2.2.1. Makina elektrikoak

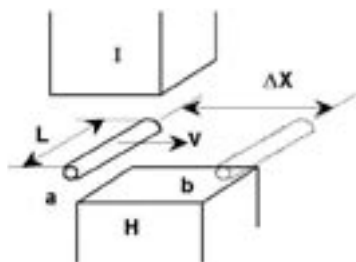
Makina elektrikoak da: energia elektrikoak sortu edo erabiltzen duen edozein makina. Hiru makina elektriko mota ditugu:

- **Sorgailuak:** energia mekanikoa energia elektriko bihurtzen dute. Korrante zuzena (kz) sortzen badute, **dinamoa** izena ematen diegu; eta korrante alternoa (ka) sortzen badute, **alternadorea** esaten diegu.
- **Transformadoreak:** ezaugarri zehatz batzuk dituen energia elektrikitik abiatuta, bestelako ezaugarriak dituen energia elektrikoak sortzen dute.
- **Motorrak:** energia elektrikoak energia mekaniko bihurtzen dute.

Makina elektrikoaren funtzionamenduan bi fenomeno nagusi daude: indukzio elektromagnetikoa eta indar elektromagnetikoa.

2.2.2. Indukzio elektromagnetikoa

Fenomeno horretan oinarritzen da sorgailu elektrikoaren funtzionamendua.



Eroaleak a-tik b-ra doanean, $S=L \cdot \Delta x$ azalera zeharkatuko du, eta $\Delta \Phi$ fluxu-aldaketa izango du Δt denboran.

Eroale bat eremu magnetiko baten barruan mugitzen bada (lerro magnetikoak etenda), eroale horretan korrante elektrikoak eta indar elektromagnetiko induzitua sortzen dira; hau da, eremu magnetiko batek eragindako tentsio elektrikoak sortzen da.

Efektu bera gertatzen da eroalea mugitu beharrean imana mugitzen badugu. Bata bestearekiko mugimenduan datza gakoa. Eroalea haril moduan bilduta, imana behin eta berriro sartu eta ateratzen badugu, korrante elektrikoak sortuko da.

Eta korrante elektrikoak eremu magnetiko baten barruan biraka ari den haril batetik pasatzen bada, posizioz aldatuz joango da indukzio magnetikoarekiko; hots, harila zeharkatzen duen fluxu magnetikoa aldatuko da. Horrela, **indar elektromagnetiko** edo **indar elektroeragilea** sortuko da.

$$E = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt};$$

E: Tentsioa (V)
N: espira kopurua
 Φ : Fluxua (Wb)
T: Denbora (t)

— ikurrak (minus) zera adierazten du: sortutako indar elektroeragileak bera sortzen duen fluxu magnetikoaren aldaketari kontra egiten diola. Aurreko ekuazioak honako ondorio honetara garamatza: fluxu magnetikoak zenbat eta arinago aldatu, orduan eta indar elektroeragile handiagoa sortzen du.

Ekuazio horrek beste forma hau ere har dezake:

$$\Phi = B \cdot A \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot \frac{(-dA)}{dt}$$

Espira eremu magnetiko baten barruan ω balioko abiadura angeluarrez biraka ari denean, fluxuak honako balio hau hartzen du:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \omega t \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot A \cdot \frac{(-d \cos \omega t)}{dt} = B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

Beraz :

$$E = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

Formula horretan ikus daiteke induzitutako indar elektroeragilea proportzionala dela espira kopuruarekiko (N), eremu magnetikoarekiko (B), espiraren azalerarekiko, eta biraketa-abiadurarekiko.

Espiraren ordezt, eroale zuzen bat izango bagenu, hau izango genuke:

$$E = l \cdot v \cdot B$$

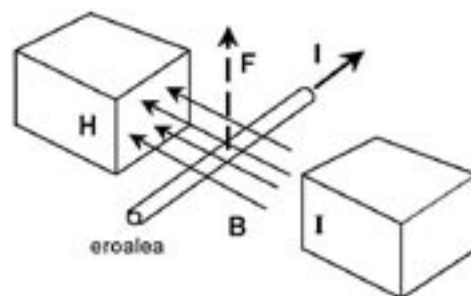
2.2.3. Indar elektromagnetikoa

Motorren funtzionamendua indar elektromagnetikoetan datza; hau da, eroale edo haril bati ezartzen zaizkien mota horretako indarretan dute oinarria.

Korronte elektrikoa duen eroale bat eremu magnetikoan sartzen bada, eroale horrek indar magnetikoa jasango du. Indar magnetiko horren balioa honako ekuazio honen bitartez kalkulatzen da:

$$F = i \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha;$$

$F \rightarrow$ indarra $i \rightarrow$ intentsitatea (A) $l \rightarrow$ eroalearen luzera (m) $B \rightarrow$ eremu magnetikoa (T)



Eroale bat erabili beharrean, espora edo harila erabiltzen badugu, indar-parea sortzen da; eta dagokion **momentua** honela kalkulatzen da:

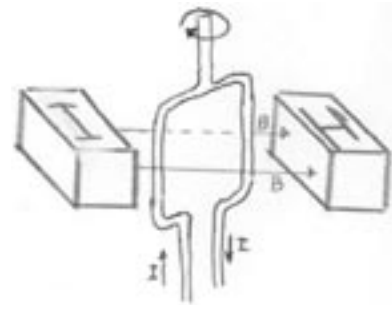
$$M = N \cdot i \cdot S \cdot B \cdot \sin \alpha;$$

edo baita

$$M = k \cdot \Phi \cdot I$$

$$\Phi = S \cdot B \cdot \sin \alpha$$

M	→	momentua (N)
N	→	espira kopurua
i	→	intentsitatea (A)
S	→	espiraren azalera (m ²)
B	→	eremu magnetikoa (T)
k	→	makinaren konstantea



Sortutako indarraren norantzakoa eta norabidea ezagutzeko, «ezkerreko eskuaren araua» erabiliko dugu:



2.3. ARIKETAK

1. Sorgailua. Selektibitateko ariketa (2005-II)

Haril karratu batek, 20 cm x 20 cm neurrikoak, 100 hari ditu. Haril ardatz bertikal baten inguruan biraka dabil, minutuko 1.500 bira eginez (ikusi irudia). Harilari eragiten dion Lurraren eremu magnetikoa 2×10^{-5} tesla-ko osagai horizontala du. Kalkulatu eremu magnetiko horrek harilean indusitzen duen indar elektroeragile maximoa.

Ebazpena

Hauxe da indar elektroeragile maximoa:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \omega t \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot A \cdot \frac{(-d \cos \omega t)}{dt} = B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

Beraz :

$$E = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t \xrightarrow{\sin \omega t = 1} E = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$$

$$E = 100 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot (0,2 \times 0,2) \text{ m}^2 \cdot 1.500 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,0126 \text{ V}$$

$$E = 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

2. Transformadoreak

Txirrin bat 6 V eta 0,4 A-rekin dabil. Transformadore batera konektatzen da; bere primarioak 2000 espira ditu, eta 120 V-ko tentsioa du. Kalkulatu:

- Sekundarioaren espira kopurua
- Intentsitatea primarioan

Ekuzazio nagusiak:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P};$$

p: primarioa
s: sekundarioa

Ebazpena

a) Sekundarioaren espira kopurua:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} \Rightarrow N_S = \frac{N_P \cdot V_S}{V_P} = \frac{2.000 \cdot 6 \text{ V}}{120 \text{ V}} = 100 \text{ espira}$$

b) Intentsitatea primarioan:

$$I_S \cdot V_S = I_P \cdot V_P \Rightarrow I_P = \frac{I_S \cdot V_S}{V_P} = \frac{0,4 \text{ A} \cdot 6 \text{ V}}{100} = 0,024 \text{ A}$$

3. Motorrak

Kalkula ezazu 4 A-ko korronte batek zeharkatzen duen 80 cm luzerako eroale zuzen baten gainean egiten den indarraren modulua, baldin eta 2 T-ko indukziozko eremu magnetiko baten barnean badago, honako bi kasuetan:

- Eroalea eremuaren indar-lerroekiko perpendikularra denean.
- Eroaleak eremuaren indar-lerroekin 60°-ko angelua osatzen duenean.

a)

$$F = i \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha \xrightarrow{\sin 90^\circ=1} F = 4 \text{ A} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 2 \text{ T} = 6,4 \text{ N}$$

b)

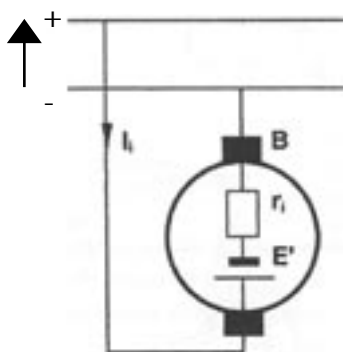
$$F = i \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha \xrightarrow{\sin 60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}} F = 4 \text{ A} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 2 \text{ T} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5,54 \text{ N}$$

2.4. KORRANTE ZUZENENKO MOTORRAK

2.4.1. Osaera

Korronte zuzeneko motorrak eta dinamoak osaera berbera dute. Dinamoak izena hartzen dute energia mekanikoa energia elektriko bihurtzen dutenek, eta motor esaten diegu alderantzizkoa egiten dutenei; hau da, energia elektrikoak energia mekaniko bihurtzen dutenei.

Korronte zuzeneko edozein motorren ordez —induktorearen zirkuitua kontuan hartu gabe—, sorgailu bat (E), sareko korrontearen kontra egingo duena, eta barne erresistentzia (r_i) bat jar ditzakegu. Horrela zirkuitu elektriko baliokidea eratuta.



Aplikaturako tentsioak eta indar kontraelektroeragileak oreka bat lortuko dute, eta horrek korronte intentsitate bat emango digu.

$$I_i = \frac{U - E}{r_i}$$

U: aplikaturako tentsioa
E: indar kontraelektroeragilea
 r_i : barne-erresistentzia

2.4.3. Korronte zuzeneko motor motak

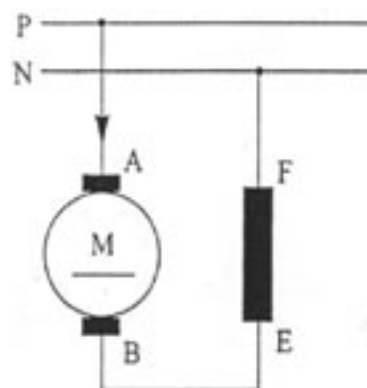
Induzitua eta induzitzailearen konexioa hainbat modutan egin daitekeenez, askotariko ezaugarriak dituzten korronte zuzeneko motorrak eraikitzen dira. Induzitzaileak egiten duen kitzikapen lanari erreparatuta, hainbat motor klase ditugu:

Serie-motorra

Motor mota horretan induzitua eta induzitzailea seriean konektatzen dira. Induktorearen harilari haril kitzikatzailea ere esaten zaio. Horregatik erabili ohi dugu «k» azpi-indizea haril horretaz jarduten dugunean.

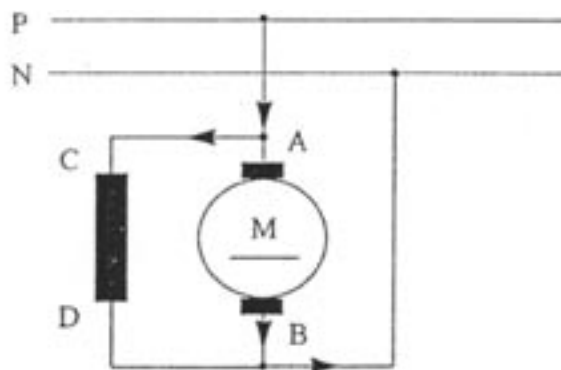
$$I = I_i = I_K = \frac{U - E}{r_i + r_k};$$

A-B → induzitua
E-F → induzitzailea
P → borne positiboa
N → borne negatiboa



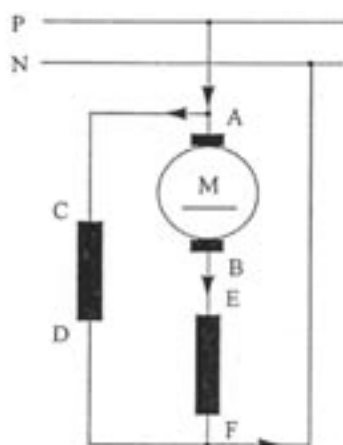
Deribazio-motorrak edo Shunt motorrak

Mota horretako motorretan, induzitua eta induzitzailea paraleloan konektatzen dira.



Compound motorra

Compound motakoa serie- eta deribazio-motorren konbinazioa da: induzitzaileak bi haril ditu, bata seriean konektatuta indusituarekin, eta bestea paraleloan.



2.4.4. Korrante zuzeneko motorren ezaugarriak

Motor bat abian jartzen dugunean, karga edo zama eraman behar du. Karga horrek motorren mugimenduaren kontra egingo du, eta, bestalde, motorren mekanismoaren inertiak ere abian jartzea oztopatuko du. Motorra abiarazteko unean, beraz, momentu eragilearen balioa handia izan beharko du, indar-bikote erresistentea gainditzeko. Praktikan, hasierako momentu horrek askoz handiagoa izan behar du momentu erresistentea baino.

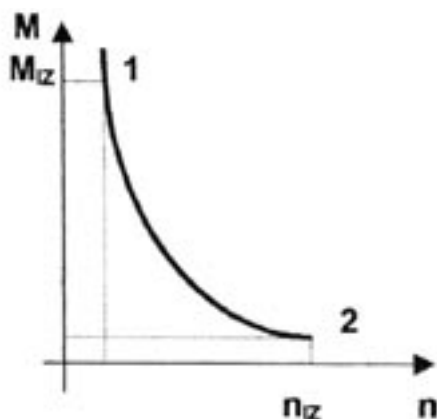
Motorra abian jarritakoan, azeleratu beharko dugu abiadura iraunkor batera heldu arte; eta horrela jarraituko dugu martxan dagoen bitartean. Hartara, motorra egoera iraunkorrean daukagu. Egoera iraunkor horretan, motorren momentua eta momentu erresistentea berdinak dira.

Korrante zuzeneko motor baten funtzionamenduaren ezaugarriak kitzikapen motaren araberak sailka daitezke, eta kurba bereizgarri bidez adierazten dira. Honako hauek dira kurbarik garrantzitsuenak:

- Abiadura (n) — Intentsitatea (I_f).
- Momentua (M) — Intentsitatea (I_f).
- Momentua (M) — Abiadura (I_f).

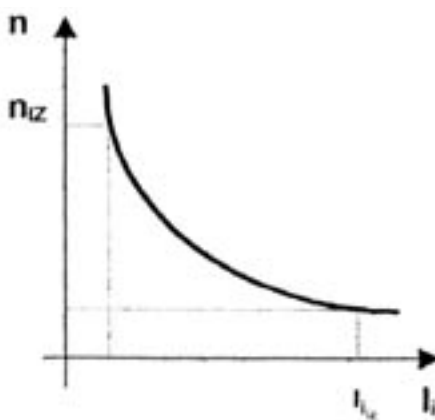
Momentu (M) — Abiadura (n) kurba

Edozein motorren ezaugarririk garrantzitsuen da.



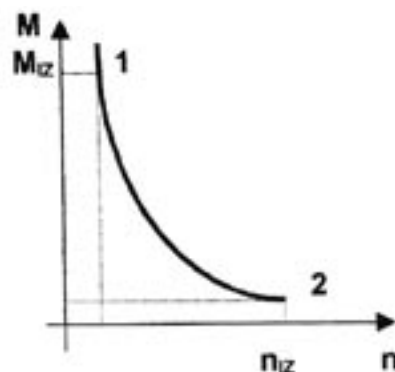
Abioan serie-motorrek momentu eragile handia dute, eta oso egokiak dira karga astunak dituzten motorretarako. Maiz erabiltzen dira tranbietan, trenetan ...

Deribazio-motorretan ez da lortzen seriekoetan bezain abio momentu handia.

Abiadura (n) — Korronte (I) kurba

Agerikoa denez, abiadurarik egonkorrena deribazio-motorrek ematen dute. Egokiak dira makina erremintetan erabiltzeko, hutsean zein kargarekin, abiadura handiegia hartzeko arriskurik ez dagoelako, eta abio-momentu handirik behar ez dutelako.

Karga txikiagotuz gero, serie-motorrak lastertasun handia har dezake xurgatutako intentsitatea txikiagotuta. Hori dela eta, hutsean —kargarik gabe, alegia—, modu arriskutsuan handitu liteke motorraren abiadura.

Momentu (M) — Korrante (I_i) kurba

Serie-motorretan karga handiagotuz gero, momentu eragileak oso balio handiak hartzen dituela ikus dezakegu (fluxu magnetikoa « Φ » konstante mantentzen den bitartean).

Deribazio-motorrek duten momentuak zuzeneko proportzionaltasuna gordetzen du induzitutako korrontearekiko (fluxu magnetikoa « Φ » konstante mantentzen den bitartean).

Compound motorrek serie- eta deribazio-motorren bitarteko ezaugarriak dituzte: Shunt motorrek baino momentu eragile handiagoa dute, baina serie-motorrek baino txikiagoa. Xurgatutako intentsitatea gutxiagotzen denean, ia ez da aldatzen bira-lastertasuna, eta hutsean ez dago abiadura handiegia hartzeko arriskurik. Compound motorra oso maiz erabiltzen da makina erremintetan eta trakzio elektrikoan.

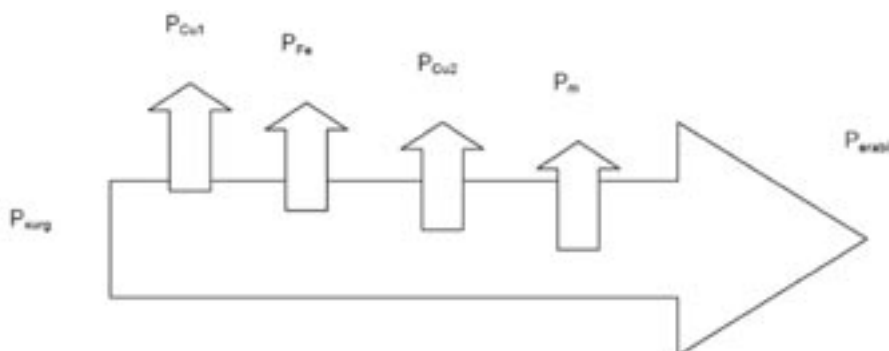
2.4.5. Potentzia-galerak

Motor batek xurgatzen duen potentzia erraz kakula daiteke:

$$P_{XUR} = V \cdot I_i$$

Makina guztiek dituzten galerak direla kausa, xurgatzen den potentzia guztia ezin da erabili. Errendimenduaren formula aplikatuz, xurgatutako potentziaren, potentzia izendatuaren eta potentzia erabilgarriaren arteko erlazioa kalkula dezakegu:

$$\eta = \frac{P_{erab}}{P_{xur}} = \frac{P_{iz}}{V \cdot I_i}$$



Xurgatutako potentzia osoa ez da bihurtuko potentzia erabilgarri, honako potentzia galera hauek gertatzen baitira:

- P_{Cu1} : haril induktorean bero moduan galdutako potentzia da.

$$P_{Cu1} = R_K \cdot I_K^2$$

- P_{Cu2} : haril induzituan ere xurgatutako potentziaren beste zati bat galtzen da.

$$P_{Cu2} = r_i \cdot I_i^2$$

- P_{ei} : xurgatutako potentziari bi hariletan galdutakoa kentzen badiogu, **barneko potentzia elektrikoa** izango dugu.

$$P_{ei} = E' \cdot I_i$$

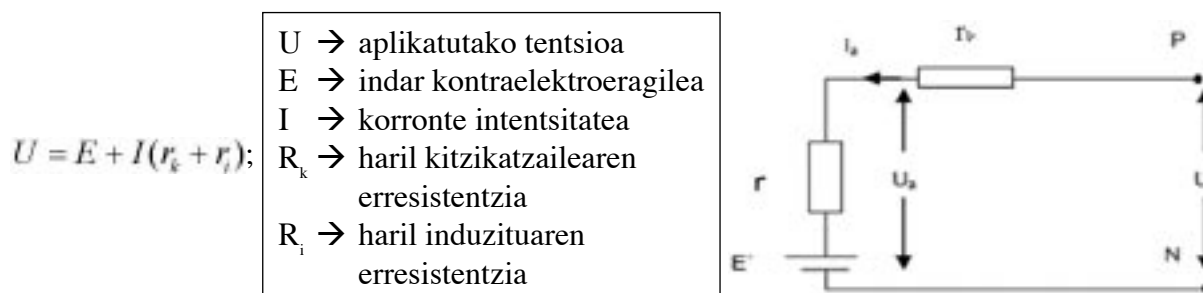
- P_{Fe} (burdinako galerak): motorretan gertatzen diren fluxu magnetiko aldakorrek direla eta, beroa sortzen da (energia galdua) makinaren zirkuitu magnetikoa osatzen duten ataletan.
- P_m (galera mekanikoak) : ardatzaren eta kojinetearen arteko marruskadurak sortzen dituen energia-galerak dira.

2.4.6. Zirkuitu baliokideak eta ekuazioak

Lehenago esan dugunez, haril induktorearen konexio motaren arabera, hainbat motor mota bereizten ditugu. Azter ditzagun, bada, motor mota bakoitzari dagozkion zirkuitu baliokideak eta ekuazioak.

Serie-motorrak

Dagokion eskema elektrikoa dugu beheko irudian. Motorraren orde, bere baliokide elektrikoa jarriko dugu: indar kontraelektroeragilea (E) eta barne erresistentzia (r_i).



Beste ekuazio batzuk:

- a) Korrontea, zirkuituan:

$$U = E + U_{ri} + U_{rk}$$

$$I = \frac{U - E}{r_i + r_k}$$

b) Potentzia-galera, hariletan:

$$P_{CU} = I^2 \cdot (r_i + r_k)$$

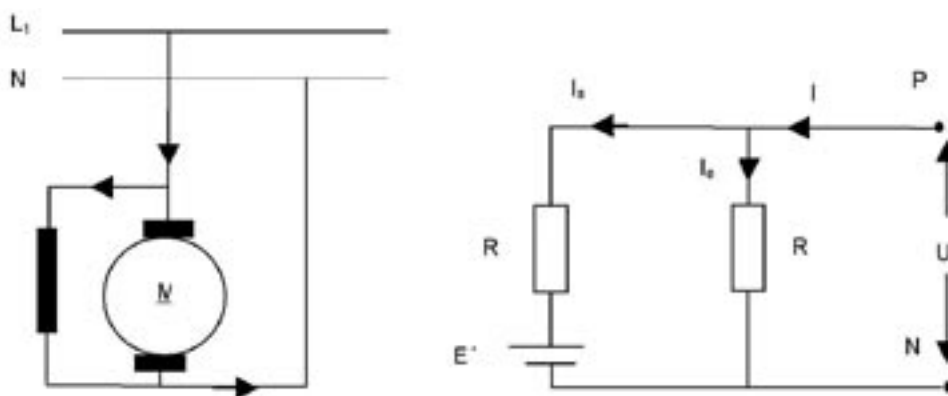
c) Xurgatutako potentzia:

$$P = U \cdot I$$

d) Burdinako galerak eta galera mekanikoak kontuan hartu gabe, honako errendimendu hau lortuko dugu:

$$\eta = 1 - \frac{P_{CU}}{P_{zur}} = 1 - \frac{I^2 \cdot (r_i + r_k)}{U \cdot I}$$

Shunt motorrak



a) Korrontea, haril indutitzailean:

$$I_K = \frac{U}{r_K}$$

b) Korrontea, haril indutituan:

$$I_i = \frac{U - E}{r_i}$$

c) Abiadura:

$$n = \frac{E}{k \cdot \Phi} = \frac{U \cdot I_i \cdot r_i}{k \cdot \Phi}$$

« $I_i \cdot r_i$ » biderketak oso balore txikia du ekuazioaren beste magnitudeekin konparatuta; beraz, U , E eta Φ balore konstanteak direla kontuan hartuta, esan dezakegu motorrak oso egonkorak izango direla bai abioan, bai eta karga osoarekin jardutean ere. Hori dela eta, abiadura autoerregulatuko motorra ere esaten diogu Shunt motakoari.

d) Potentzia:

$$P_{zur} = U \cdot (I_i \cdot I_k)$$

Burdinako galerak eta galera mekanikoak kontuan hartu gabe:

$$\eta = 1 - \frac{P_{cu}}{P_{zur}} = 1 - \frac{(I_i^2 \cdot r_i) + (I_k^2 \cdot r_k)}{U \cdot (I_i \cdot I_k)}$$

2.4.7. Abioa

Abian jartzeko, mugumenduari kontra egingo dion karga edo zama bat eraman beharko du motorrak. Bestalde, motorrak abioan egin behar duen momentuak momentu erresistentea baino handiagoa izan behar du.

$$M_{i_{abioa}} > M_{r_{abioa}}$$

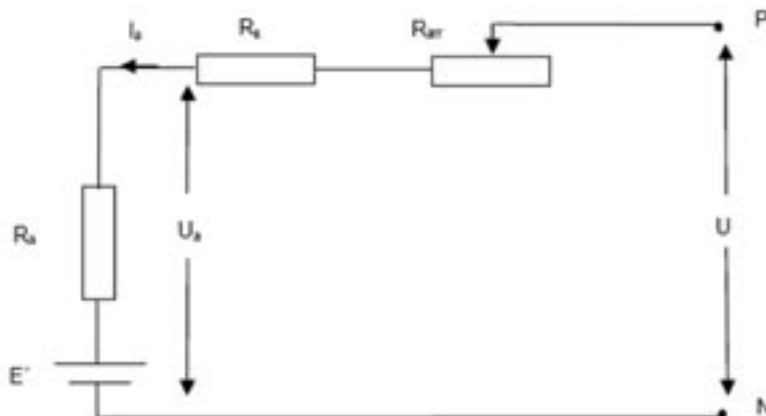
Induzituaren korrontea:

$$I_i = \frac{U - E}{r_i}$$

Hasieran motorra geldo dagoenez, $E = 0$ dugu. Beraz,

$$I_{i_{abioa}} = \frac{U}{r_i}$$

r_i -ren balioa txikia denez, korronte-intentsitateak balio handiak hartuko ditu abioan. Intentsitate horren gehieneko balioak legez araututa daude. Behe Tentsioko Araudi Elektroteknikoak ezartzen du abio-intentsitatearen gehieneko balioa 0,75 kW baino gehiagoko motorrentzat. Gehieneko balio hori mugatzeko, haril induzituarekiko seriean konektatuta, erreostato bat jartzen da: motorra azeleratuz joan ahala, E indar kontraelektroeragilea handituz joango da, eta korrontea gutxituz. Abioan erreostatoaren erresistentzia gutxituz joango da desagertu arte.

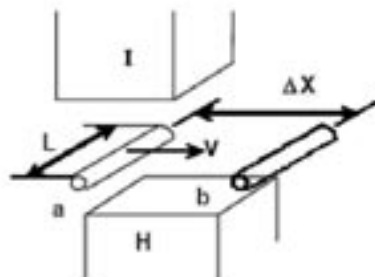


2.4.8. Biraketa-noranzkoaren aldaketa

Korronte zuzeneko motorrak bi noranzkotan bira daitezke. Horretarako, nahikoa da induzituaren konexioen polaritatea aldatzea. Motorraren noranzkoa indar-parearena izango da, eta hori eremu magnetikoaren eta induzituko korrontearen arabera izango da. Beraz, biraketa-noranzkoa aldatzeko, aski dugu induzituaren edo, bestela, induktorearen konexioak aldatzea.

2.5. KORRONTE ZUZENENKO MOTORRAK: ARIKETAK

1. Eroale bat 3 m/s-ko abiaduran higitzen da 1,2 T-ko eremu magnetiko finko baten barnean. Eroalea 1 m luze da, eta perpendikularki higitzen da indar-lerroekiko. Kalkula ezazu induzituriko indar elektroeragilea.



Eroaleak jasandako indarra I korronte eta B eremu magnetikoarekiko perpendikularra da, eta bere noranzkoa ezagutzeko, ezkerreko eskuaren araua erabiliko dugu. Horren arabera, hatz erakusleak eremu magnetikoaren noranzkoa adieraziko digu; hatz luzeak, berriz, I korrontearen dagokiona; eta, azkenik, hiru hatzak triedro bat osatzen dutela ipinita, erpuruak erakutsiko digu F indarraren noranzkoa.

$$e = B \cdot l \cdot \frac{dx}{dt} = B \cdot l \cdot v = 1,2 \text{ T} \cdot 1 \text{ m} \cdot 3,5 \text{ s} = 3,6 \text{ V}$$

2. Eremu magnetiko batek 1.000 T-ko indukzioa sortzen duela jakinda, kalkulatu honako bi kasuetan zenbateko fluxu magnetikoak zeharkatzen duen 25 cm^2 -ko gainazala:

- Eremua gainazalarekiko perpendikularra denean.
- Gainazalaren zuzenarekin 60° -ko angelua osatzen duenean.

Ebazpena

- $\Phi = B \cdot s = 1000 \text{ T} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,5 \text{ Wb}$
- $\Phi = B \cdot s \cdot \cos 60 = 1000 \text{ T} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ Wb}$

3. Dezimetro bateko diametroa duen harila, 500 espiraz osatutakoa, 0,05 T-ko indukzioa duen eremu magnetiko baten barruan dago, eta indar-lerroekiko perpendikularra da. Eremu magnetiko hori, abiadura konstante mantenduz, txikiagotuz doa 0,1 segundoan desagertu arte. Kalkula ezazu harilean induzitutako indar elektroeragilea.

Ebazpena

Hasierako fluxu magnetikoa:

$$\Phi_1 = N \cdot A \cdot B = N \cdot A \cdot B = 500 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,1 \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 0,05 \text{ T} = 0,196 \text{ Wb}$$

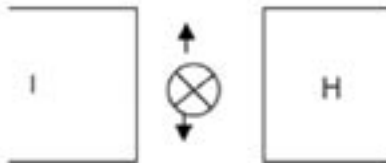
Bukaerako fluxu magnetikoa: $\Phi_2 = 0$

Fluxu aldaketa: $\Phi_1 - \Phi_2 = 0,196 - 0 = 0,196 \text{ Wb}$

Induzitutako indar elektroeragilea:

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,196}{0,1} = 1,96 \text{ V}$$

4. Irudian agertzen den eroalea 0,5 m luze da, eta 1,3 Teslako eremu baten barruan dago. Arrazoitu norantz mugituko den eroalea. Kalkulatu eroaleak jasaten duen indarra 10 Anpereko korronea pasatzen denean.

**Ebazpena**

- a) Eroaleak hartuko duen bidea jakiteko, ezkerreko eskuaren araua erabiliko dugu. Hatz lodiak erakutsiko digu momentuaren noranzkoa. Horretarako, erakuslea eremu magnetikoaren noranzkoan eta erdikoa korronearenean jarriko ditugu, hiru hatzekin triedro bat osatuta.

Oharra: indar hori bakarrik agertuko da eroalean korronterik egonez gero.

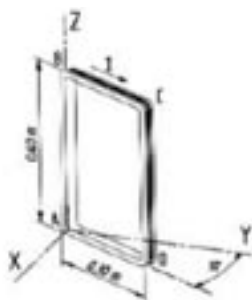
- b) $F = B \cdot l \cdot i = 1,3 \text{ T} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 10 \text{ A} = 6,5 \text{ N}$

5. Selektibitateko ariketa (2006-I)

ABCD marko laukizuzenak 0,4x0,3 m ditu neurriak, eta bertan kobrezko haria biribiltzen da 100 espirako harila eginda, espira guztiak bata bestearen ondoan daudela. Markoa Z ardatzaren inguruan bira daiteke (AB aldearekin bat dator). 0,8 Teslako B eremu magnetiko batek zeharkatuko du harila Y ardatzaren norabidean, markoa 1 irudiak erakusten duen posizioan dagoela; hau da, YZ planoarekin 30 ° -ko angelua eratuta.

- a) Zehaztu markoak jasaten duen biraketa- edo bihurdura-momentua (modulua, norabidea eta noranzkoa) haritik 1,2 A-ko korronea dabilenean, irudian agertzen den norabidean.

- b) Zenbateko angelua biratzen da markoa YZ planoarekiko, bihurtura momentu gehienekoa eta gutxienekoa izateko?. Zenbat balio dute gehieneko eta gutxieneko bihurtura-momentuek?



Ebazpena

a)

$$M = N \cdot i \cdot A \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$\Phi = A \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$M = N \cdot i \cdot A \cdot B \cdot \sin \alpha = 100 \cdot 1,2 \cdot A \cdot (0,4 \times 0,3) \, m^2 \cdot 0,8 T \cdot \sin 30 = 5,76 \, N \cdot m$$

- b) Gehieneko momentua harilak eta eremuak 90 °-ko angelua osatzen dutenean gertatuko da; beraz,

$$M = N \cdot i \cdot A \cdot B \cdot \sin \alpha = 100 \cdot 1,2 \cdot A \cdot (0,4 \times 0,3) \, m^2 \cdot 0,8 T \cdot \sin 90 = 11,52 \, N \cdot m$$

Eta gutxieneko momentua harilak eta eremu magnetikoak 0 °-ko angelua osatzen dutenean gertatuko da.

$$M = 0$$

6. Selektibitateko ariketa (2007-II)

Alternadore batek 250 hari ditu. Hari bakoitzeko $\Phi = (2,5 \times 10^{-4} \text{ Wb}) \cos(\omega t)$ -ko fluxu magnetikoa dugu, non ω alternadorearen abiadura angeluarra den. Alternadoreak 3.000 b/min-ko abiadura duela jakinda, kalkula itzazu honako hauek:

- a) Alternadorean indusitzen den iee-a, denboraren funtziopean
b) Alternadorearen iee-rik handiena.

Ebazpena

a)

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \omega t = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot \cos \omega t$$

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = N \cdot B \cdot A \cdot \frac{(-d \cos \omega t)}{dt} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$\omega = 3.000 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}} = 314,15 \text{ rad/s}$$

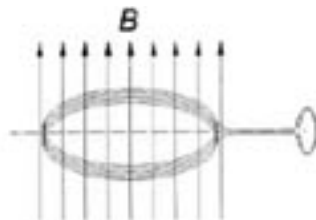
$$E = 250 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 314,15 \text{ rad/sg} \cdot \sin 314,15 \cdot t = 19,63 \cdot \sin 314 t \text{ V}$$

b) Alternadorearen iee-rik handiena $\sin \omega t = 1$ denean gertatuko da; beraz,

$$E = 250 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 314,15 \text{ rad/sg} = 19,63 \text{ V}.$$

7. Haril zirkular bat egiteko, kobrezko haria hartu eta 1.000 biratan biribilkatu dugu. Harilak $0,10 \text{ m}^2$ -ko azalera mugatzen du, eta 60 bira/s-ko abiaduran biratzen da. Bestalde, biraketa-ardatza perpendikularra da eremu magnetikoarekiko.

- Zenbatekoa da induzitutako tentsiorik handiena?
- Noiz jasotzen da tentsio induziturik handiena?
- Harilak 20Ω -eko erresistentzia duela jakinda, zenbatekoa da induzituriko intentsitaterik handiena?



Ebazpena

a) iee-rik handiena, $\sin \omega t = 1$ denean:

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = N \cdot B \cdot A \cdot \frac{(-d \cos \omega t)}{dt} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$E = 1.000 \cdot B \cdot 0,1 \text{ m}^2 \cdot 60 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sg}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}} = 200 \pi \cdot B \text{ V}$$

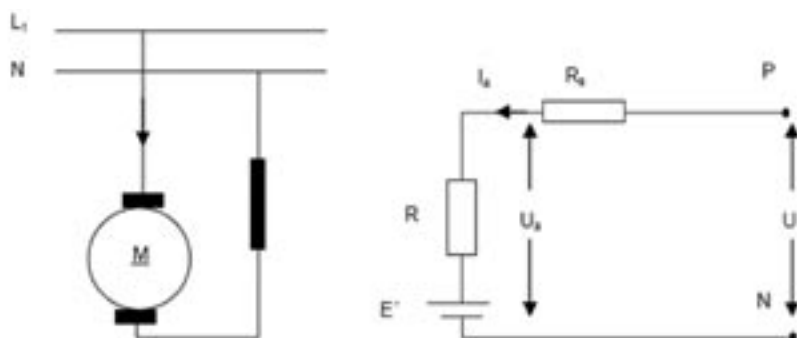
b) iee-rik handiena harilak eta eremu magnetikoak 90° -ko angelua eratzen dutenean gertatuko da.

$$\text{c) } I = \frac{V}{R} = \frac{200 \pi \cdot B}{20} = 31,41 \text{ A}$$

8. Selektibitateko ariketa (2005-I)

Motor bat 120 V-eko potentzial-diferentziarekin elikatuta dago. Harilek $10\ \Omega$ -eko erresistentzia dute. Motorra gehieneko abiaduran dabilenean, indar kontraelektroeragilea (i i eren kontrakoa) 70 V-ekoa da. Kalkulatu hariletatik doan korrante-intentsitatea, honako kasuetan:

- Abioan.
- Motorrak gehieneko abiadura lortzen duenean.



Oharra: ariketak ez du zehazten zein motor mota den; beraz, serie-motorra dela joko dugu.

Ebazpena

- Intentsitatea, abioan:

$$U - E = (R_i + R_k) \cdot I_a \Rightarrow I_a = \frac{U - E}{R_i + R_k} = \frac{120\text{ V}}{10\ \Omega} = 12\text{ A}$$

$$\text{Abioan} \rightarrow E = 0$$

- Intentsitatea, gehieneko abiaduran:

Gehieneko abiadura lortzen denean, sortutako indar elektroeragilea ere gehienekoa izango da.

$$U - E = (R_i + R_k) \cdot I_a \Rightarrow I_a = \frac{U - E}{R_i + R_k} = \frac{120\text{ V} - 70\text{ V}}{10\ \Omega} = 5\text{ A}$$

9. Deribazio-motor bat 200 V-era konektatuta dago. Indizituak $1\ \Omega$ -eko erresistentzia duela jakinda, kalkula ezazu 20 Anpereko korronteak indusizuan eragiten duen momentua, abiadura 1.500 rpm-koa denean.

Ebazpena

Deribazio-motorretan:

$$U = E + I \cdot r_i \Rightarrow E = U - I \cdot r_i = 200 - 20 \cdot 1 = 180\text{ V}$$

$$P_{ei} = M \cdot \omega$$

$$P_{ei} = E \cdot I_i$$

(Burdinako galerak eta galera mekanikoak kontuan hartu gabe).

$$M = \frac{E \cdot I_i}{\omega} = \frac{180 \text{ V} \cdot 20 \text{ A}}{1.500 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}}} = 22,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

10. Korrante zuzeneko serie-motor bat ($R_i = 0,1 \, \Omega$, $R_k = 0,1 \, \Omega$) 230 V-eko tentsiora konektatuta dago, eta, karga osoarekin, 115 A xurgatzen ditu sare elektrikotik 1.500 rpm-ko abiadura duenean. Burdinako galerak eta galera mekanikoak kobreko galeren herena direla jakinda, kalkulatu:

- Indar kontraelektroeragile izendatua.
- Errendimendua.
- Indar-pare erabilgarria.

Ebazpena

$$\text{a) } U - E = (r_i + r_k) \cdot I \Rightarrow E = U - (r_i + r_k) I = 230 - (0,1 + 0,1) 115 \text{ A} = 207 \text{ V}$$

b)

$$\eta = \frac{P_{erab}}{P_{xur}} ;$$

$$\eta = 1 - \frac{P_{cu}}{P_{xur}} = 1 - \frac{(I_i^2 \cdot r_i) + (I_k^2 \cdot r_k)}{U \cdot (I_i \cdot I_k)} \quad (\text{burdinako galerak eta galera mekanikorik gabe}).$$

$$\eta = 1 - \frac{P_{Fe} + P_m + P_{cu}}{P_{xur}}$$

$$P_{xur} = I \cdot V = 230 \text{ V} \cdot 115 \text{ A} = 26.450 \text{ W}$$

$$P_{Cu} = I^2 \cdot (R_i + R_k) = 115^2 \cdot (0,1 + 0,1) = 2.645 \text{ W}$$

$$P_{Fe} + P_m = \frac{P_{Cu}}{3} = \frac{2645 \text{ W}}{3} = 881,6 \text{ W}$$

$$\eta = 1 - \frac{P_{Fe} + P_m + P_{Cu}}{P_{xur}} = 1 - \frac{2.645 + 881,6}{26.450} = 0,86 \rightarrow \% 86$$

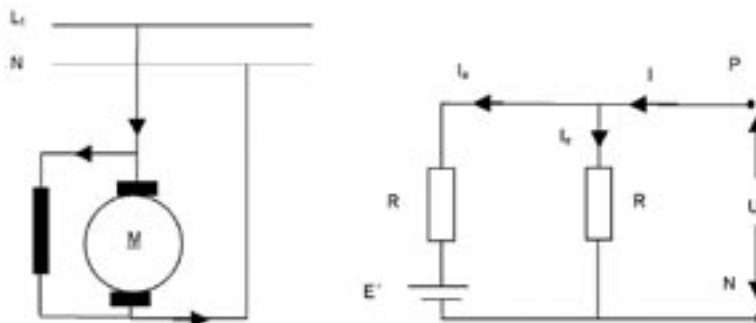
c)

$$P = M \cdot \omega$$

$$M = \frac{P_{erab}}{\omega} = \frac{P_{xur} - P_{galdia}}{\omega} = \frac{P_{xur} - (P_{Cu} + P_{Fe} + P_m)}{\omega} = \frac{26.450 - (2.645 + 881,6)}{1.500 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 145,93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

11. Korrante zuzeneko Shunt motor batek $0,1\Omega$ -eko erresistentzia du induzituan. 230V-eko tentsiora konektatuta dago, eta 1.150 rpm-ko abiadura darama. Bestalde, intentsitate izendatua induzituan 100 A-koa da. Marraztu konexio-eskema, eta kalkula itzazu kontraelektroeragilea (ikee), potentzia eta indar-parea.

a)



b) $U - E = r_i \cdot I_i \Rightarrow E = U - r_i \cdot I_i = 230 \text{ V} - 0,1 \Omega \cdot 100 \text{ A} = 220 \text{ V}$

c) Potentzia:

Ariketak ematen dituen datuak ikusita, bakarrik kalkula dezakegu induzituak xurgatutako potentzia; beraz, horri ekingo diogu:

$$P_{xur} = U \cdot I_i = 230 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} = 23.000 \text{ W}$$

$$P_{erab} = P_{xur} - (P_{Cu} + P_{Fe} + P_m)$$

$$P_{Cu} = r_i \cdot I_i^2 = 0,1 \cdot 100^2 = 1.000 \text{ W}$$

Burdinako galerak eta galera mekanikoak kontuan hartu gabe:

$$P_{erab} = P_{xur} - P_{Cu} = 23.000 - 1.000 = 22.000 \text{ W}$$

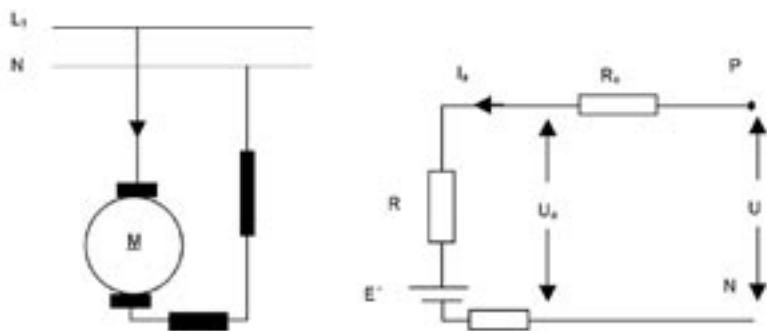
d) Momentua:

$$M = \frac{22.000}{1.150 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 182,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

12. Serie-motor batek, 230 V-era konektatutakoak, 1.200 bira/min-ko abiadura du. Induzituko erresistentziaren balioa $0,3 \, \Omega$ -ekoa da, kitzikapenarena $0,2 \, \Omega$ -ekoa, kommutazioko polo osagarriarena $0,02 \, \Omega$ -ekoa eta indar kontraelektroeragilearena 220 V-ekoa. Kalkulatu:

- Zenbatekoa izango den abioko korrontea.
- Lineako korronte izendatuaren balioa.
- Zenbateko potentzia xurgatuko duen motorrak.
- Galdutako potentziaren balioa.
- Makinaren errendimendu elektrikoa.

Ebazpena



- Abio-intentsitatea:

$$U - E = (R_i + R_k + R_{ap})I; R_{ap}: \text{polo osagarrien erresistentzia.}$$

Abioan ez dago indar kontraelektroeragilerik; beraz, $E = 0$

$$I = \frac{U}{R_i + R_k} = \frac{230 \text{ v}}{0,3 + 0,2 + 0,02} = 442,3 \text{ A}$$

- Intentsitate izendatua:

Oharra: «izendatua» terminoa erabiltzeak motorrak karga osoarekin diharduela gogorarazten digu.

$$I_{iz} = \frac{U - E}{R_i + R_k + R_{ap}} = \frac{230 - 220}{0,3 + 0,2 + 0,02} = 19,23 \text{ A}$$

- Xurgatutako potentzia: $P_{xur} = V \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 19,23 \text{ A} = 4.422,9 \text{ W}$

- Galdutako potentzia:

$$P_{galdua} = P_{Cu} + P_m + P_{Fe}$$

Bakarrik kalkula dezakegu Joule efektuarengatik galdutako potentzia:

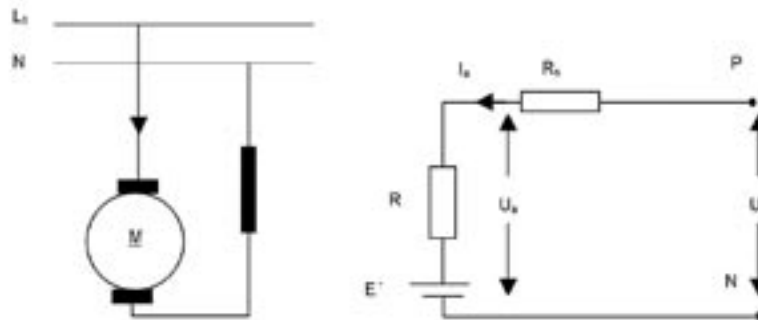
$$P_{gal} = (R_i + R_k + R_{ap}) \cdot I^2 = (0,2 + 0,3 + 0,02) \cdot 19,23^2 = 192,29 \text{ watt}$$

e) Errendimendu elektrikoa:

$$\eta = \frac{P_{erab}}{P_{xur}} = \frac{P_{xur} - P_{gal}}{P_{xur}} = 1 - \frac{P_{gal}}{P_{xur}} = 1 - \frac{192,29}{4.422,9} = 0,95,6 \rightarrow \% 95,6$$

13. Serie-motor batek $0,2\Omega$ -eko erresistentzia du indusiz. Kitzikapen harileko erresistentziak $0,1\Omega$ balio du. Lineako tentsioa 220 V-ekoa dela, eta indar kontraelektroeragilea 215 V-ekoa dela jakinda, kalkulatu honako datu hauek beherago zehazten diren A eta B egoeretarako:

- Abio-intentsitatea
 - Intentsitate izendatua
 - Konektatu behar den erresistentziaren balioa, abio-intentsitatea intentsitate izendaturen bikoitzera murrizteko.
- Eskuiletako tentsio-galera kontuan hartu gabe.
 - Eskuiletako tentsio-galerak kontuan hartuta.



- Eskuiletako tentsio-galera kontuan hartu gabe:

a) Abio-intentsitatea:

$$U - E = (R_i + R_k)I \Rightarrow \text{Abioan} \rightarrow E = 0$$

b) Intentsitate izendatua :

$$U - E = (R_i + R_k)I$$

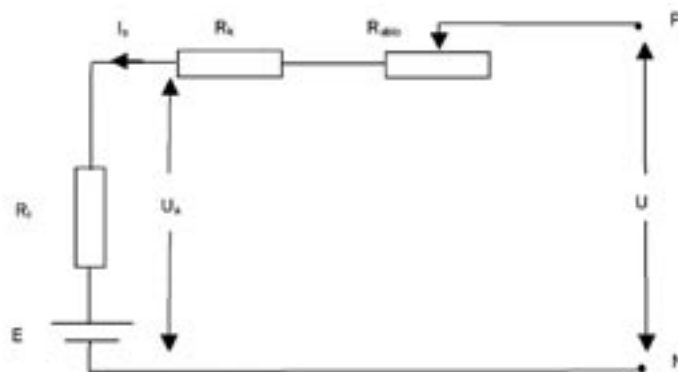
$$I_{iz} = \frac{U - E}{R_i + R_k} = \frac{220 - 215}{0,1 + 0,2} = 16,66 \text{ A}$$

c) Abio-intentsitatea intentsitate izendatuaren bikoitzera murrizteko konektatu behar den erresistentziaren balioa:

Abio intentsitatea gutxitzeko, abio-erreostato bat jarriko dugu:

$$I_{abioa} = 2 \cdot I_{iz} = \frac{U - E}{R_i + R_k + R_{abio}} \Rightarrow R_{abio} = \frac{U - 0}{2 \cdot I_{iz}} - (R_i + R_k) = \frac{220}{2 \cdot 16,66} - (0,1 + 0,2) = 6,3 \text{ A}$$

Erreostatoa kortozikuitatuz joango da gutxika, 0Ω -eko balioraino.



2. Eskuiletako potentzial-diferentzia kontuan hartuta:

a) Abio-intentsitatea:

Erabili beharreko eskema elektrikoak berdinak dira, baina kasu honetan kontuan izan beharko genuke eskuiletan zenbat tentsio jausten den. Tentsio horren balioa 2 v-ekoa izaten da, 1 volt eskuila bakoitzeko. Orain, induzituko erresistentziari R_i deituko diogu, aurreko kasuko R_a -tik bereizteko.

$$U - E - 2 \cdot V_{kol} = (R_i + R_k)I \quad I_a = \frac{220 - 0 - 2 \cdot 1}{0,1 + 0,2} = 726,66 \text{ A}$$

b) Intentsitate izendatua :

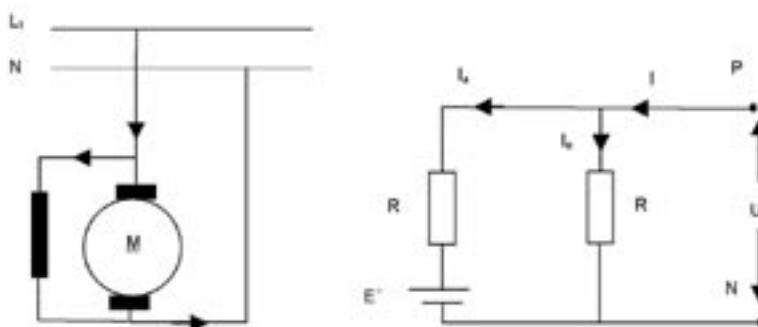
$$U - E - 2 \cdot V_{kol} = (R_i + R_k) \cdot I \Rightarrow I_{iz} = \frac{220 - 215 - 2}{0,1 + 0,2} = 10 \text{ A}$$

c) R_{abioa}

$$I_{abioa} = 2 \cdot I_{iz} = \frac{U - E - 2 \cdot V_{kol}}{R_i + R_k + R_{abioa}} \Rightarrow R_{abioa} = \frac{U - 2 \cdot V_{kol}}{2 \cdot I_{iz}} - (R_i + R_k) = \frac{220 - 2}{2 \cdot 10} - (0,1 + 0,2) = 10,6 \Omega$$

14. Shunt motor bat 120 V-eko elikatze-iturri batera konektatua dago, eta 3,6 kW xurgatzen ditu saretik, 1.000 rpm-ko abiadura daramanean. Haril kitziatzailearen erresistentzia 30Ω -ekoa da, eta errendimendua % 80. Kalkula itzazu honako hauek:

- Induzituaren erresistentzia
- Indar kontraelektroeragilea
- Momentu angeluarra edo emandako indar-parea



Ebazpena

a) Induzituaren erresistentzia:

$$P_{xur} = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P_{xur}}{U} = \frac{3.600 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 30 \text{ A} \quad \begin{aligned} I &= I_i + I_k \Rightarrow I_i = I - I_k \Rightarrow \\ I_i &= 30 - 4 = 26 \text{ A} \end{aligned}$$

$$U = I_k \cdot R_k \Rightarrow I_k = \frac{U}{R_k} = \frac{120}{30} = 4 \text{ A}$$

$$U - E = I_i \cdot R_i \Rightarrow R_i = \frac{U - E}{I_i} = \frac{120 - 110,76}{26} = 0,35 \Omega$$

b) Indar kontraelektroeragilea:

Errendimendutik abiatuko gara indar kontraelektroeragilea kalkulatzeko. Ariketak ez galera mekanikorik ez burdinako galerarik aipatzen ez duenez, ez ditugu kontuan hartuko.

$$\eta = \frac{P_{erab}}{P_{xur}} \Rightarrow P_{erab} = \eta \cdot P_{xur} = 0,8 \cdot 3.600 \text{ W} = 2.880 \text{ W}$$

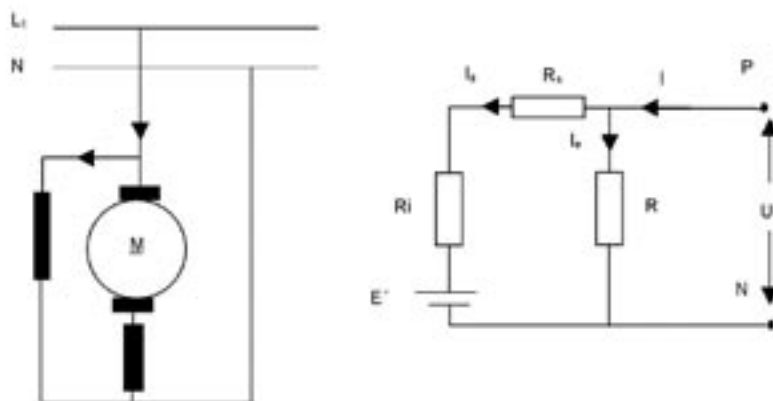
$$P_{erab} = E \cdot I_i \Rightarrow E = \frac{P_{erab}}{I_i} = \frac{2880 \text{ W}}{26 \text{ A}} = 110,76 \text{ V}$$

c) Momentua:

$$P_{erab} = M \cdot \omega \Rightarrow M = \frac{P_{erab}}{\omega} = \frac{2.880 \text{ W}}{1.000 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}}} = 27,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

15. Compound (kitzikapen konposatu luzea) motor batek honako ezaugarri hauek ditu:

- Induzituaren erresistentzia (R_i): 0,1 ohm
- Indar kontraelektroeragilea (E): 230 V.
- Serie-kitzikapen erresistentzia(R_s): 0,1 ohm
- Deribazio-kitzikapenaren erresistentzia (R_d): 40 ohm



240 V-eko elikatze-iturri batera konektatuz gero, kalkulatu:

— Haril bakoitzeko korrontea eta:

1. Emandako potentzia mekanikoa (P_{erab}), saretik hartutako potentzia (P_{xur}) eta Joule efektuaren ondorioz galdutako potentzia.
2. Indar-parea ($\text{N} \cdot \text{m}$), motorrak 1.000 rpm-ko abiadura daramanean.

Ebazpena

— Haril bakoitzeko korrontea:

$$U - E = (R_i + R_s) \cdot I_a \Rightarrow I_a = \frac{U - E}{R_i + R_s} = \frac{240 - 230}{0,1 + 0,1} = 50 \text{ A}$$

$$U = I_k \cdot R_d \Rightarrow I_k \equiv I_e = \frac{U}{R_d} = \frac{240}{40} = 6 \text{ A}$$

$$1. P_{\text{xur}} = U \cdot I = 240 \text{ V} \cdot (50 + 6) = 13.440 \text{ W} = 13,44 \text{ kW}$$

Galdutako potentzia:

$$P_{\text{galdua}} = I_a^2 \cdot (R_i + R_s) + I_k^2 \cdot R_d = 50^2 (0,1 + 0,1) + 6^2 \cdot 40 = 1.940 \text{ W}$$

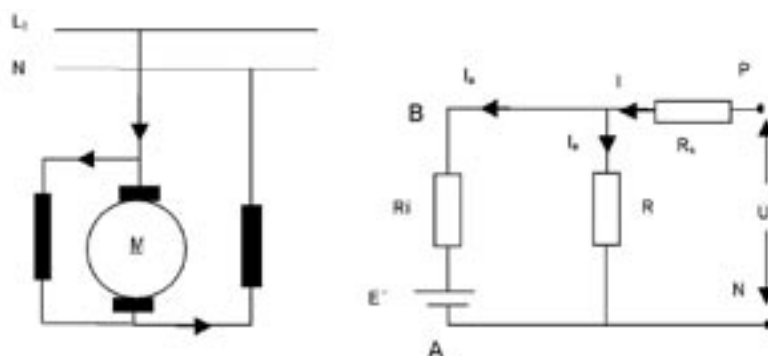
Potentzia erabilgarria (burdinako galerak eta galera mekanikoak kontuan hartu gabe):

$$P_{\text{erab}} = P_{\text{xur}} - P_{\text{gal}} = 13.440 \text{ W} - 1.940 \text{ W} = 11.500 \text{ W}$$

$$2. P = M \cdot \omega \Rightarrow M = \frac{P}{\omega} = \frac{11.500 \text{ W}}{1.000 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}}} = 109,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

16. Kitzikapen konposatu luzeko motor bat 150 V-eko elikatze-iturrira konekatuta dago. Erresistentziaren balioak honako hauek dira: $R_d=20\Omega$; $R_a=R_i=0,1\Omega$. Motorrak, bestalde, 1.000 rpmko abiadura daramanean, 120V-eko indar kontraelektroeragilea sortuko du, eta 4.800 W-eko potentzia mekanikoa emango. Kalkulatu:

- a) Korrontea, hariletan
- b) Serie-kitzikapenaren erresistentziaren balioa
- c) Indar-parea eta errendimendua



Ebazpena

a) Korrontea, hariletan:

Potentzia elektromagnetikoaren ekuazioaren bidez, induzitutako intentsitatea kalkulatu ahal dugu:

$$P_{ei} = E \cdot I_a \Rightarrow I_a = \frac{P_{ei}}{E} = \frac{4.800 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 40 \text{ A}$$

Oharra: galera mekanikoak eta burdinako galerak ez ditugu kontuan hartu.

$$U_{AB} - E = I_a \cdot R_i \Rightarrow U_{AB} = 120 + 40 \cdot 0,1 = 124 \text{ V}$$

$$U_{AB} = R_d \cdot I_e \Rightarrow I_e = \frac{U_{AB}}{R_d} = \frac{124}{20} = 6,2 \text{ A}$$

$$I = I_a + I_e = 40 + 6,2 = 46,2 \text{ A}$$

b)

$$U_{AB} + U_S = U \Rightarrow U_S = 150 - 124 = 26 \text{ V}$$

$$U_S = I \cdot R_S \Rightarrow R_S = \frac{U_S}{I} = \frac{26}{46,2} = 0,56 \Omega$$

c) Indar-parea:

$$M = \frac{P_{erab}}{\omega} = \frac{4.800 \text{ W}}{1.000 \frac{\text{bira}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}}} = 45,83 \text{ N} \cdot \text{m}$$

***Korronte alternoko
motorrak***

3

3.1. SARRERA

Korronte alternoko makinak hiru taldetan sailka daitezke: transformadoreak, makina sinkronoak eta makina asinkronoak. Makina sinkronoak abiadura uniforme biratzen dira; alternadore gisa funtziona dezakete, energia mekanikoa energia elektriko bihurtuz, edo motor moduan, korronte elektrikoa energia mekaniko bihurtzen dutela. Gehienbat, dena dela, alternadore gisa erabili ohi dira.

Makina asinkronoak motor gisa erabiltzen dira, gehienetan. Horietatik, errorea «urtxintxa-kaiola» erara jarriak erabiltzen dira sarrien, eta, horiexek aztertuko ditugu ongien hurrengo lerroetan.

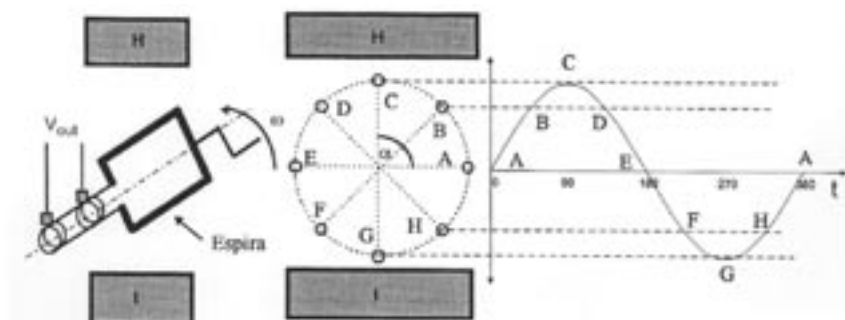
3.2. KORRONTE ALTERNOA INDUSTRIAN

Korronte alternoa sinusoide formako korronte mota bat da, 100 Hertz baino gutxiagoko maiztasuna duena. Espainian, mota horretako korronteek 50 Hz-eko maiztasuna dute.

Korronte horiek zentral elektrikoetan sortu, eta sare elektrikoaren bidez banatzen dira. Industrietara, korronte alterno trifasiko moduan heltzen dira, 220/230 V-eko tentsio elektrikoarekin.

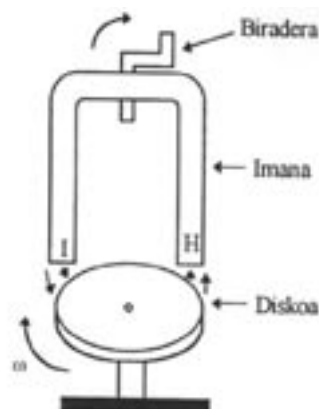
Korronte alterno horretan hiru fase bereizten dira: R, S eta T (edo L_1 , L_2 eta L_3), eta bata bestetik $2\pi/3$ edo 120° desfasatuta daude. Egia esateko, hiru sorgailuk sortutako korronteaz elikatzen diren hiru zirkuituz osatuta daude.

Makina batek fase bakarra eta neutroa erabiltzen badu, korronte alternoko makina monofasikoa dela esango dugu. Korronte zuzeneko sorgailuetan gertatzen zen bezala, hemen ere harila eremu magnetiko baten barruan birarazten badugu, indar elektroeragile indusitua sortuko da. Ezberdintasun bakarra eskuilen forman datza: hemen ez da konmutaziorik izaten, eta korrontea —korronte alternoa, hain zuzen ere— bi eraztun independenteren bidez jasotzen da.



3.3. EREMU MAGNETIKO BIRAKARIAK

Korronte alternoko motorrak nola dabilzan jakiteko, eremu magnetiko birakariak zer diren azalduko dugu. Eman dezagun ferra formako iman bat zintzilik dugula metalezko disko baten gainean, eta imanari bira eragiten diogula.



Mugimenduaren eraginez sortutako eremu magnetikoaren aldaketak korrante indusituak sortuko ditu diskoan. Korrante horiek, aldi berean, beste eremu magnetiko batzuk sortuko dituzte, hasierako eremu magnetikoari kontra egingo diotena; beraz, diskoa biraraziko duen indar-parea agertuko da.

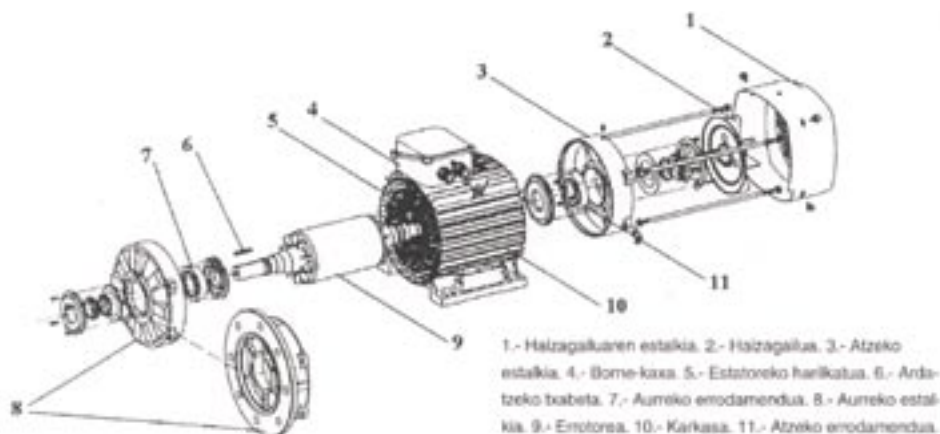
Motor batean, haril indusitzaileak korrante alferno trifasikora konektatuz gero, eremu magnetiko birakari bat sortuko da korrantearen desfaseak eraginda; hau da, imana biratzean sortutako efektu bera sortuko da.

Motorrek pare bat polo magnetiko (iparra-hegoa) behar dute fase bakoitzeko, baina fase bakoitzeko bi polo pare (12 polo guztira) dituzten motorrak ere badira. Azken horietan abiadura erditara jaisten da.

3.4. MOTOR ASINKRONO TRIFASIKOAK

Gehien erabiltzen den motorra da. Estatorean harilkatu trifasiko indusitzailea jartzen da. Horretarako, magnetizatutako eta elkarrengandik isolatutako xafla barrutik artekatuak erabiltzen dira. Artekak harila jartzeko erabiliko ditugu. Hiru harilkatu hauek izar edo triangelu eran konekta daitezke.

Errotorea, elkarrengandik isolatutako eta kanpotik artekatutako xafla magnetikoz osatuta dago. Xafla horiek barra itxura hartzen badute eta muturretan zirkuitulaburtuta badago, «urtxintxa-kaiola» izeneko errotorea dugu. Gehien erabiltzen den errotore mota da, eta bere itxurari zor dio daukan izen bitxia.



Korronte trifasikoak estatoreko harilkatuak zeharkatzen dituenean, eremu magnetiko bi-rakaria sortzen du. Eremu magnetiko horrek errotorea zeharkatu eta indar elektroeragilea induzitzen du. Indar horrek, aldi berean, beste eremu magnetiko bat sortzen du, hasierakoari kontra egiten diona. Horiek horrela, errotorea mugiarazteko gai den indar-parea lortzen dugu.

3.5. EREMU MAGNETIKOAREN ABIADURA ETA IRRISTADURA

Martxan dagoen motor asinkrono trifasikoan bi abiadura mota bereizten dira: eremu magnetikoarena eta errotorearena.

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

n_1	→ eremu magnetikoaren abiadura, b/min-tan
n_2	→ errotorearen abiadura, bira/min-tan
F	→ korronte alternoaren maiztasuna, Hz-etan
p	→ motorraren polopareen kopurua

Errotorearen abiadura (n_2) ezin da eremu magnetikoarena (n_1) bezainbestekoa izan. Hala balitz, errotorearen eroaleetan ez litzateke korronte induziturik sortuko; indar elektromagnetikoez ez lukete eroale horiengan eragingo, eta, horrenbestez, motorrak ez luke funtzionatuko. Horregatik, errotorearen abiadura eta eremu magnetikoarena berdinak ez direlako, deitzen zaio *asinkrono* motor mota horri. Bi abiadura horien aldeari irristadura (S) deritzagu. Hona hemen irristadura kalkulatzeko ekuazioa:

$$S = n_1 - n_2$$

Bestalde, irristadura erlatiboa honela kalkulaten da:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100$$

3.6. MOMENTUA

Harilkatu bakoitzean induzitutako i.e.e-an, eta bera zeharkatzen duen korrontearen artean φ_{rot} desfasea dago, errotoreko erresistentzia, erreaktantzia eta lerraduraren bidez zehazten dena. Motorrak sortzen duen momentu eragilearen balioa honako ekuazio honekin kalkulaten da:

$$M_{rot} = K \cdot \Phi \cdot I_i \cdot \cos \varphi_{rot}$$

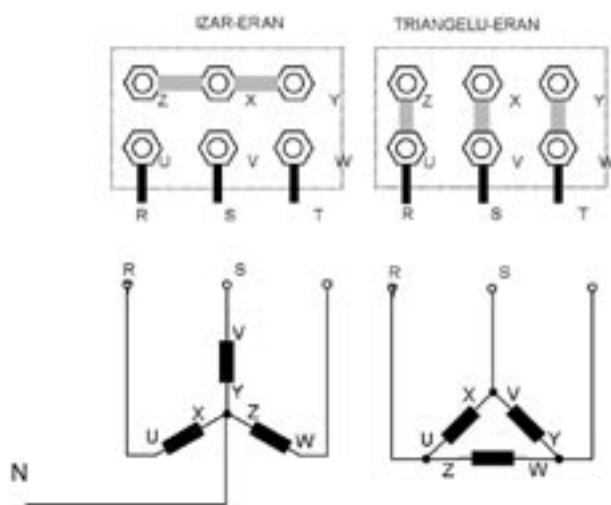
3.7. MOTOR TRIFASIKO ASINKRONOEN EZAUGARRI TEKNIKO AIPAGARRIENAK

- Sipleak, sendoak, merkeak eta erraz mantentzeko moduko motorrak dira.
- Bete-beteko kargarekin abia daitezke motor hauek, une horretan, karga osoarekin jarduten dutenean oso momentu handia garatzen baitute. Motor asinkronoa zuzenean abiatu ezean, momentuaren balioa txikiagotzen da.
- Momentu eragilea abio-momentua baino handiagoa dute.

- Abio zuzenean, motorra zuzenean sare elektrikora konektatzen denean, intentsitate handia xurgatzen dute motor asinkronoek, intentsitate izendatua baino sei-zortzi hainko, hain zuzen ere. Intentsitate hori txikiagotzeko, zeharka abiarazi behar dira motor hauek, aurrerago azalduko dugun eran.
- Errendimendu ona dute.
- Potentzia handia behar duten instalazioetan erabiltzen dira.

3.8. KONEXIO MOTAK

Motor asinkronen plakak sei borne edo konexio mota ditu. Motorra abiarazteko, harilak elkarri lotu eta sarera konektatu behar dira. Konexio hori bi eratakoa izan daiteke: *izar-konexioa* edo *triangelu-konexioa*.



Laukizuzenek harilkatuak irudikatzen dituzte, eta honako balio hauek agertzen dira:

U_L lineako tentsioa $\rightarrow$ L1, L2 edo L3-ren arteko balioak

I_L lineako korrontea $\rightarrow$ Linea arteko korrontea

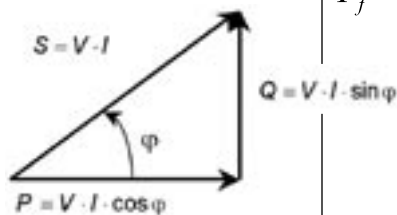
U_f faseko tentsioa $\rightarrow$ harilkatu bakoitzaren muturretan dagoen tentsioa

I_f faseko korrontea $\rightarrow$ harilkatu bakoitza zeharkatzen duen korrontea

Izar erako konexioetan

$$U_f = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_L = I_f$$



$$P_{zur} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

edo

$$P_{zur} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

Triangelu erako konexioetan

$$U_f = U_L$$

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$P_{zur} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

edo

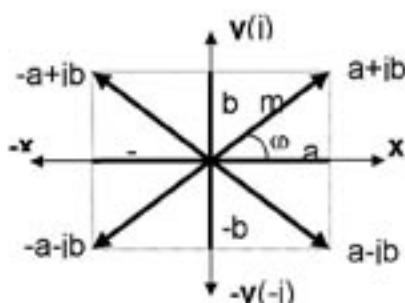
$$P_{zur} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

3.9. POTENTZIEN TRIANGELUA

Korronte alternokan hiru potentzia mota ditugu: Itxurazko potentzia (saretik xurgatutakoa), potentzia aktiboa (lan erabilgarria) eta potentzia erreaktiboa (estatoreko harilak xurgatutakoa).

Potentzia aktiboa, lan erabilgarri bihurtuko dena, kalkulatzeko erabilitako formulatan ikusten denez, $\cos \varphi$ faktorea erabiltzen dugu. $\cos \varphi$ -ri potentzia-faktorea esaten zaio, 0 eta 1 bitarteko balioak har ditzake.

U_L eta I_L -ren arteko biderketa eginez, balio konplexu bat duen zenbakia lortuko dugu, bi osagai dituen; bata ardatz errealean eta bestea irudizko ardatzean kokatua. Lortutako potentzia osoaren balioari **itxurazko potentziab (S)** esaten zaio, eta *volt-ampere*tan (VA) neurtzen da.



Algebraikotik polarrera

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a}$$

Polarretik algebrakora

$$a = m \cdot \cos \varphi$$

Potentzia zenbaki konplexuen bidez adierazten da ($P = a \pm bj$), eta bi osagai ditu: a osagai erreala, benetan erabiliko dugun potentzia adierazten duena, eta jb osagai imajinarioa, aprobeztatuko ez dugun potentzia adierazten diguna. Zenbaki konplexu horiek bektore moduan ere adieraz daitezke, honako eredu honen arabera:

Grafikoaren azalpena:

- X ardatzak «P» potentzia aktiboa adierazten du eta wattetan neurtzen da.
- Y ardatzak «Q» potentzia erreaktiboa edo erabilgarria ez den potentzia adierazten du; volt-ampere erreaktibotan (VA_r) neurtzen da.
- Bi bektoreen baturak «S», itxurazko potentzia, emango du, eta VA-tan neurtzen da.
- $\cos \varphi$ -k edo «potentzia-faktoreak» bi bektoreen arteko angelua adieraziko du; edo, beste era batera esanda, zenbatekoa izango den potentzia aktiboa eta zenbatekoa erreaktiboa.

$\cos \varphi = 1$ bada, potentzia guztia aktiboa litzateke.

$\cos \varphi = 0$ bada, potentzia guztia erreaktiboa litzateke.

Adibidea

50 ZP-ko motor elektriko trifasiko bat izar erara 380 volteko sarera konektatuta dago, bere errendimendua % 90ekoa da eta potentzia-faktorea 0,8. Kalkulatu lerroko intentsitatea, faseko intentsitatea eta potentzien triangelua.

Lehenengo eta behin, saretik xurgatutako potentzia kalkulatu dugu errendimenduaren datua erabiliz:

$$P_{xur} = \frac{50 \text{ ZP} \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ ZP}}}{0,9} = 40.888 \text{ W}$$

Izar erara konektatuta dagoenez,

$$I_f = I_L = \frac{P_{XUR}}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{40.888 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 0,8} = 77,65 \text{ A}$$

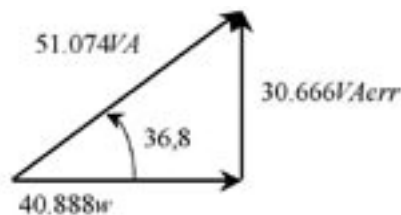
$$\varphi = \arccos 0,8 = 36,86^\circ$$

Potentzia erreaktiboa:

$$Q = P_{\square\square\square\square} \cdot \tan \varphi = 40.888 \cdot \tan 36,86 = 30.666 \text{ VA}_r$$

Eta itxurazko potentzia:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 77,65 = 51.074 \text{ VA}$$



3.10. POTENTZIA-BALANTZEA ETA ERRENDIMENDUA

Motorra sarera konektatzen dugunean, potentzia aktibo bat eta potentzia erreaktibo bat xurgatzen ditu:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi (\text{W})$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi (\text{VA}_r)$$

Bektore-batuketa eginez gero, itxurazko potentzia lortuko dugu:

$$\vec{S} = \vec{P} + j\vec{Q} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L (\text{VA})$$

$\cos \varphi$ -k motorraren potentzia-faktorea adieraziko digu.

Potentzia aktiboa bakarrik kontuan hartuz gero, motor trifasikoetan, korrante zuzeneko motorrekin gertatzen zen bezala, galerak gertatzen dira; honako hauek, hain zuzen ere:

$P_{Cu1} \rightarrow$ estatorearen harileko galerak: $P_{Cu1} = 3 \cdot R_1 \cdot I_1^2 (W)$
 $P_{Cu2} \rightarrow$ errotoreko galerak: $P_{Cu2} = 3 \cdot R_f \cdot I_2^2 (W)$
 $P_{fe} \rightarrow$ burdinako galerak
 $P_m \rightarrow$ galera mekanikoak

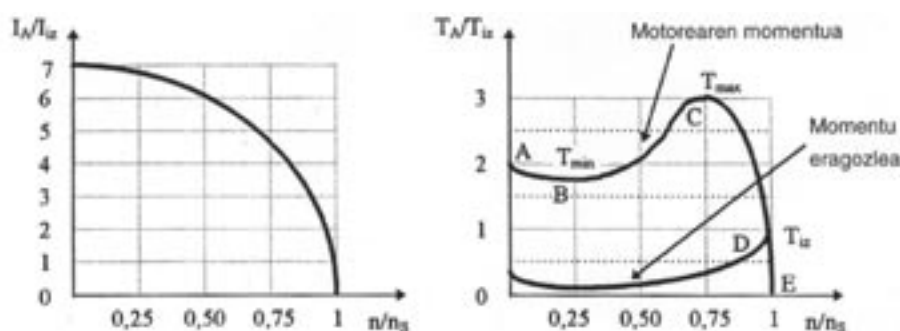
Kobreko galerak histeresia eta Foucaulten korronteak direla eta gertatzen dira

Dakigunez, potentzia erabilgarriaren eta xurgatutako potentziaren arteko erlazioari errendimendua deitzen diogu:

$$\eta = \frac{P_{erab}}{P} \cdot 100$$

3.11. KURBA BEREIZGARRIAK

Ezaugarri mekanikoaren kurba:



Grafikoaren puntu ezaugarrienak hauek dira:

- «O» puntua (funtzionamendua sinkronismoan): puntu hau muga bat da errealitatean ez dagoena. Hori ulertzeko, kontuan izan behar dugu errotoreak ematen duen momentua zero dela ($M = 0$) eta, beraz, motorra ez litzatekeela gai izango marruskadura ere gainditzeko.
- «A» puntua (erregimen nominala): sinkronismoa baino % 3- % 8 gutxiagoko abiadura angeluarra du errotoreak.
- «C» puntua (momentu maximoa): errotorean momentu maximoa lortzen da. Hori gertatzen da lerradura erlatiboa % 15- % 30 denean.
- «D» puntua (abio-erregimena): errotorearen abiadura angeluarra 0 da, eta momentuaren balioa abio-momentua da.

Kurbak bi alde nagusi ditu:

- Alde egonkorra: abiadura handitzean momentua gutxitu egiten da. Abiadura nahiko konstante mantentzen da maldak balio negatibo handia duelako (nahiz eta momentua asko aldatu, abiadura gutxi aldatzen da).
- Alde ez egonkorra: momentua handitu egiten da abiadura handitzean; malda positiboa da.

Beste alde batetik, gogoan hartu behar dugu sareko fusibleak, elementu magneto- termikoak eta abar honda ez daitezen, abio-intentsitatea ez dela oso handia izan behar. Indarrean dagoen araudiak gehieneko balio hauek zein diren esaten du:

	0.75-1,5 kW	1,5-5kW	5-15kW	>15kW
Abio-intentsitatea	$4.5 \cdot I_z$	$3 \cdot I_z$	$2 \cdot I_z$	$1.5 \cdot I_z$

$I_z \rightarrow$ Korrontearen balio izendatua.

Abiorako hainbat metodo erabil daitezke:

- Abio zuzena. Motorra sare elektrikora zuzenean konektatzen da. Bakarrik potentzia txikiko motorrekin egin ahal da.
- Izar-triangelu abioa. Hasieran izar eran konektatuko dugu motorra ($I_L = I_f$). Segundo batzuk pasatu eta gero, triangelu eran konektatzen da motorraren funtzionamendu iraunkorrerako.
- Autotransformatore bidezko abioa. Autotransformatore baten bidez tentsioa gutxitzen da abioan. Motorrak azeleratu ahala, tentsioa handituz doa. Metodo garestia da.
- Estatoreko erresistentzien bidezko abioa. Motorraren fase bakoitzean erresistentzia bat jartzen da, eta, abiadura handitu ahala, beren balioa txikitzen da.
- Abio elektronikoa. Potentziako elektronikaren atalari dagokio. Antiparaleloan jarritako bi tiristorez osatuta dago, fase bakoitzarekin seriean muntatuta.

3.14. ABIADURAREN ERREGULAZIOA

Bi modu daude motor asinkrono trifasikoak erregulatzeko: motorrak dituen polo kopuruak aldatu ala maiztasuna aldatu.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Polo kopurua handitzen badugu bitik laura, esate baterako, motorraren abiadura n -tik $n/2$ -ra gutxituko da. Dalhander motorraren harilkatuan konexioa bi erara egin daiteke: lehenengo konexioan, estatoreko haril kopuru zehatz bat konektatzen da; bestean, berriz, polo kopuru bikoitza erabiliko dugu. Motor hauek bi abiadura eskainiko dute, bata bestearen bikoitza, eta oso merkeak dira.

Korronte elektrikoaren maiztasuna aldatzeko zirkuitu elektronikoak erabiltzen dira. Hori bai, indar-pareak ezin du aldaketarik izan; horregatik, maiztasunarekin batera tentsioak ere jaitsi egin beharko du.

3.15. MOTOR MONOFASIKOAK

Kasu askotan bakarrik erabili ahal ditugu motor monofasikoak, era horretan eskaintzen baita energia elektrikoa. Bi motor klase aztertuko dugu: motor monofasiko unibertsala eta indukziozko motor monofasikoa.

3.15.1. Motor unibertsala

Korronte zuzenarekin zein korronte alternoarekin dabil. Induktoreko eta induzituko hari-lak seriean konektatuta daude. Sare elektrikora konektatzean sortzen diren indar magnetikoek errotorearen mugimendua eragiten dute. Korronte alternoaren noranzkoa 50 aldiz aldatzen da segundoko; induktorean ere hala gertatuko da.

Noranzko-aldaketek eremu magnetikoaren noranzkoaren aldaketa ekarriko dute; aldaketa hori batera gertatzen da bi harilkatueta; beraz, ondoriozko momentuak aldaketa baino lehen zegoen noranzko berbera izango du.

Aldaketa horien ondorioz, eremu magnetikoa ez da jarraia, eta indar-parea ere aldakorra da. Motorra saltoka ibiliko da. Benetako orduan, motorraren inertziak aldaketa horiek xurgatu egiten ditu.

3.15.2. Indukziozko motor monofasikoa

Asko erabiltzen da hainbat elektrotresnatan, batez ere karga astunik ez badaukate. Eraikitzen erraza eta merkea da.

Estatorearen arteketan bi harilkatu daude. Lehenengoa, harilkatu nagusia da eta arteken bi herenak okupatuko ditu, eta bestea harilkatu laguntzailea izango da.

Korronteak sortutako eremu magnetikoa (I_k) aldakorra izango da korrontea ere aldakorra delako. Baina aldaketok poloek sortzen duten ardatzaren noranzkoan izango dira. Beraz, kasu honetan ez dugu eremu magnetiko birakaririk, eta motorra ez da mugituko.

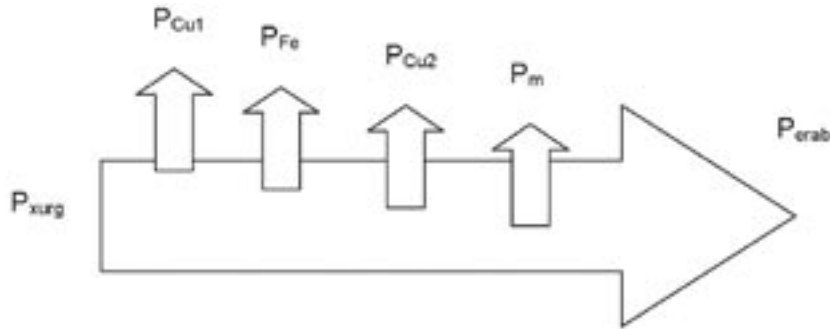
Abioan motorra eskuz mugitu beharko da. Behin mugitzen hasita, eremu magnetiko bat sortuko du induzitan. Bi eremu magnetikoen elkar-ekintzak eremu magnetiko birakaria sortuko du, eta motorra mugiaraziko.

Praktikan, abioan eremu magnetiko birakaria sortzeko polo laguntzaileak erabiltzen dira, eta nahikoa izango da motorra martxan jartzeko. Hala gerta dadin, bi poloek 90°-ra egon behar dute desfasatuta, korronteak ere 90° desfasatuta egon dadin.

Ariketak

1. 220 V / 50 Hz-eko motor monofasiko baten ezaugarri nagusiak honako hauek dira: 5 ZP; $\cos \varphi = 0,8$; $\eta = \% 70$; estatoreko erresistentzia: $1,2 \Omega$. Bestalde, 100 wattekoak dira burdinako galerak (Foucault-en efektua eta histeresi-efektua direla eta). Kalkulatu:

- Zenbateko potentzia xurgatzen duen.
- Zenbateko korrontea xurgatzen duen.
- Zenbateko potentzia galtzen den estatoreko kobreak.
- Zenbatekoa den potentzia elektromagnetikoa.
- Zenbatekoa den galera osoa: mekanikoa eta errotoreko kobreak gertatzen dena.
- Zenbateko potentzia galtzen den guztira.



$$P_{xurg} = P_{Cu1} + P_{Fe} + P_{Cu2} + P_m + P_{erab}$$

a) Xurgatutako potentzia aktiboa:

$$P_{erab} = 5 \text{ ZP} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ ZP}} = 3.680 \text{ W}$$

$$P_{xur} = \frac{P_{erab}}{\eta} = \frac{3.680}{0,7} = 5.257 \text{ W}$$

b) Korrontea:

$$P_{xur} = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_{xur}}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{5.257 \text{ W}}{220 \text{ V} \cdot 0,8} = 29,87 \text{ A}$$

c) Kobreko galerak P_{Cu1} :

$$P_{Cu1} = I^2 \cdot R = 29,87^2 \cdot 1,2 = 1.070 \text{ W}$$

d) Potentzia elektromagnetikoa:

$$P_e = P_{xur} - (P_{Cu1} + P_{FE}) = 5.257 \text{ W} - (1.070 \text{ W} + 100 \text{ W}) = 4.086 \text{ W}$$

e) Erroreko galerak eta galera mekanikoak:

$$P_e = P_{erab} + P_{Cu2} + P_m$$

$$P_{Cu2} + P_m = P_e - P_{erab} = 4.086 \text{ W} - 3.680 \text{ W} = 406 \text{ W}$$

f) Galera osoa:

$$P_{Cu1} + P_{FE} + P_{Cu2} + P_m = 1.070 + 100 + 406 = 1.576 \text{ W}$$

edo

$$P_{galdua} = P_{xur} - P_{erab} = 5.257 \text{ W} - 3.680 \text{ W} = 1.577 \text{ W}$$

2. 50 Hz-ean elikatzen den korronte alternoko motor trifasiko bat, zama osoarekin lanean diharduenean, 981 b/min-ko abiadura biratzen da. Motorra sei poloko urtxintxa-kaiola erakoa da. Kalkulatu:

- a) Zenbateko abiadura sinkronoa izango duen (n_s).
- b) Irristadura orokorraren balioa (S_a).
- c) Irristadura erlatiboaren balioa (S).
- d) Irristadura erlatiboa ehunekotan (% S).

Ebazteari ekin aurretik, ekar ditzagun gogora zenbait kontzeptu:

Indukzioko motor trifasiko batean, errotorea biraraziko duen korrantea indultzeko, errotorearen abiadurak sinkronismokoa (estatorean sortutako fluxu birakorraren abiadura) baino txikiagoa izan behar du. Motor mota horiei *motor asinkrono* deitzen zaie, haien abiadura sinkronismokoa baino txikiagoa izaten baita. *Irristadura* deitzen zaio errotorearen eta sinkronismoko abiaduraren arteko kendurari.

- a) Abiadura sinkronoa:

f: maiztasuna.

p: motorraren polo pareen kopurua.

n_s : sinkronismoko abiadura (eremu magnetikoaren abiadura), b/min-tan.

Gure kasuan, motorrak 6 polo ditu; hortaz, 3 polo pare ($p = 3$).

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} \Rightarrow n_s = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{3} = 1.000 \text{ rpm}$$

- b) Irristadura orokorraren balioa (S_a):

Sinkronismoko abiaduraren eta motorraren abiaduraren arteko kendura da irristadura orokorra. Kondizio izendatueta, motorraren abiadura ia sinkronismokoa izaten da; beraz, irristadura orokorraren balioa oso txikia izango da.

$$S_a = n_s - n = 1.000 \text{ rpm} - 981 \text{ rpm} = 19 \text{ rpm}$$

- c) Irristadura erlatiboaren balioa (S) eta ehunekoa:

Irristadura orokorraren eta motorraren sinkronismoko abiaduraren arteko zatidurari deitzen zaio *irristadura erlatiboa*.

$$S = \frac{n_s - n}{n} = \frac{1.000 - 981}{981} = 0,019 \Rightarrow \% 1,9$$

3. Indukzioko motor trifasiko bat 208 V/50 Hz-eko korrantearekin elikatzen da. 10 ZP ditu, eta, zama osoarekin, izar eran konektatzen denean, % 5eko irristadura du. Kalkulatu:

- a) Sinkronismo-abiadura.
- b) Errotorearen abiadura, zama izendatuarekin eta irristadura osoarekin.
- c) Zenbateko pareia izango duen motorrak ardatzean, zama izendatuarekin.

- a) Sinkronismo-abiadura:

Eremu magnetikoaren abiadura eta sinkronismokoa berdinak dira. Beherago azaltzen den formula aplikatuz kalkulatzen da sinkronismoko abiadura. 4 polo dituen, bi polo-pare izango ditu.

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60}$$

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1.500 \text{ bira/min}$$

b) Errotorearen abiadura (n), zama izendatuarekin eta irristadura osoarekin:

Balio izendatuarekin irristadura erlatiboaren ehunekoa ezagutuz gero, errotorearen abiadura kalkula dezakegu.

$$S_{(\%) } = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100$$

$$n = n_s - \frac{S_{(\%) } \cdot n_s}{100} = 1.500 - \frac{5 \cdot 1.500}{100} = 1.425 \text{ bira/min}$$

$$S_{osoa} = n_s - n = 1.500 - 1.425 = 75 \text{ bira/min}$$

c) Indar-parea:

Parea kalkulatzeko, joko dugu potentzia mekanikoa eta elektrikoa berdinak direla.

$$P_{iz} = 10 \text{ HP} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 7360 \text{ W}$$

$$P_{iz} = M \cdot \omega \Rightarrow M = \frac{P_{iz}}{\omega}$$

$$M = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_n}{n} = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{7.360}{1.425} = 49,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4. Hona hemen korronte alternoko motor trifasiko bati dagozkion datu batzuk: 1.500 W; 220 V; 50 Hz; $\cos\varphi = 0,7$; eta errendimendua, % 75. Harilkatuak izar eran konektatuta dituela jakinik:

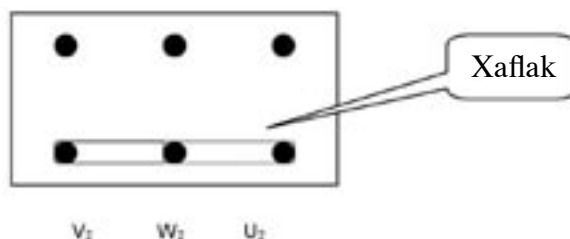
- Azaldu motor trifasikoen konexioa.
- Kalkulatu zenbat korronte xurgatuko den lineatik.
- Kalkulatu estatoreko harilkatua zeharkatuko duen korrontea.
- Kalkulatu zenbateko tentsioa izango duen borneetan estatoreko harilkatu bakoitzak.
- Kalkulatu potentzia aktiboa, erreaktiboa eta itxurazkoa, lineako eta faseko balioen arabera.

a) Motor trifasikoen konexioa:

Motor trifasiko baten hiru harilkatuak bi eratara konekta daitezke: triangelu eran edo izar eran. Dagokigun kasuan, izar eran konektatuta dagoela esaten digute.

Izar erako konexioa hiru harilkatuen azken muturrak konektatzean oinarritzen da (U_2, V_2, W_2); horrela, puntu bakarra lortuko dugu. Aske geratzen diren hiru muturrak (U_1, V_1, W_1) sare trifasikora konektatzen dira.

Motorraren borneen
plakatxoa izar eran



b) Lineatik xurgatzen duen korrontea:

$$\eta(\%) = \frac{P_{erab}}{P_{xur}} \cdot 100 \Rightarrow P_{xur} = \frac{P_{erab}}{\eta} \cdot 100 = \frac{1.500}{75} \cdot 100 = 2.000 \text{ W}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_L \cdot \cos \varphi \Rightarrow I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{2.000}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,7} = 7,5 \text{ A}$$

c) Estatoreko harilkatua zeharkatzen duen korrontea:

Harilkatu bakoitza zeharkatzen duen korrontea eta lineakoa berdinak dira, motorraren harilkatuak izar eran konektatuta daude eta.

$$I_f = I_L = 7,5 \text{ A}$$

d) Harilkatu bakoitzeko tentsioa:

Izar erako konexioan, harilkatu bakoitzaren borneetan agertzen da faseko tentsioa.

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F \Rightarrow U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ V}$$

f) Potentzia aktiboa, erreaktiboa eta itxurazkoa:

Lineako balioak erabiliz gero, zera dugu:

— Potentzia aktiboa (P) = 2.000 W

— Potentzia erreaktiboa:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 7,5 \cdot 0,71 = 2.029,1 \text{ V Ar}$$

$$\cos \varphi = 0,7 \Rightarrow \varphi = 45,57^\circ \Rightarrow \sin \varphi = 0,71$$

— Itxurazko potentzia:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 7,5 = 2.857,88 \text{ V A}$$

Faseko balioak erabiliz gero, honako hauek ditugu:

— Potentzia aktiboa:

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = 3 \cdot 127 \cdot 7,5 \cdot 0,7 = 2.000 \text{ W}$$

— Potentzia erreaktiboa:

$$Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = 3 \cdot 127 \cdot 7,5 \cdot 0,71 = 2.029 \text{ V Ar}$$

— Itxurazko potentzia:

$$S = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 \cdot 127 \cdot 7,5 = 2.857,5 \text{ V A}$$

Bibliografia

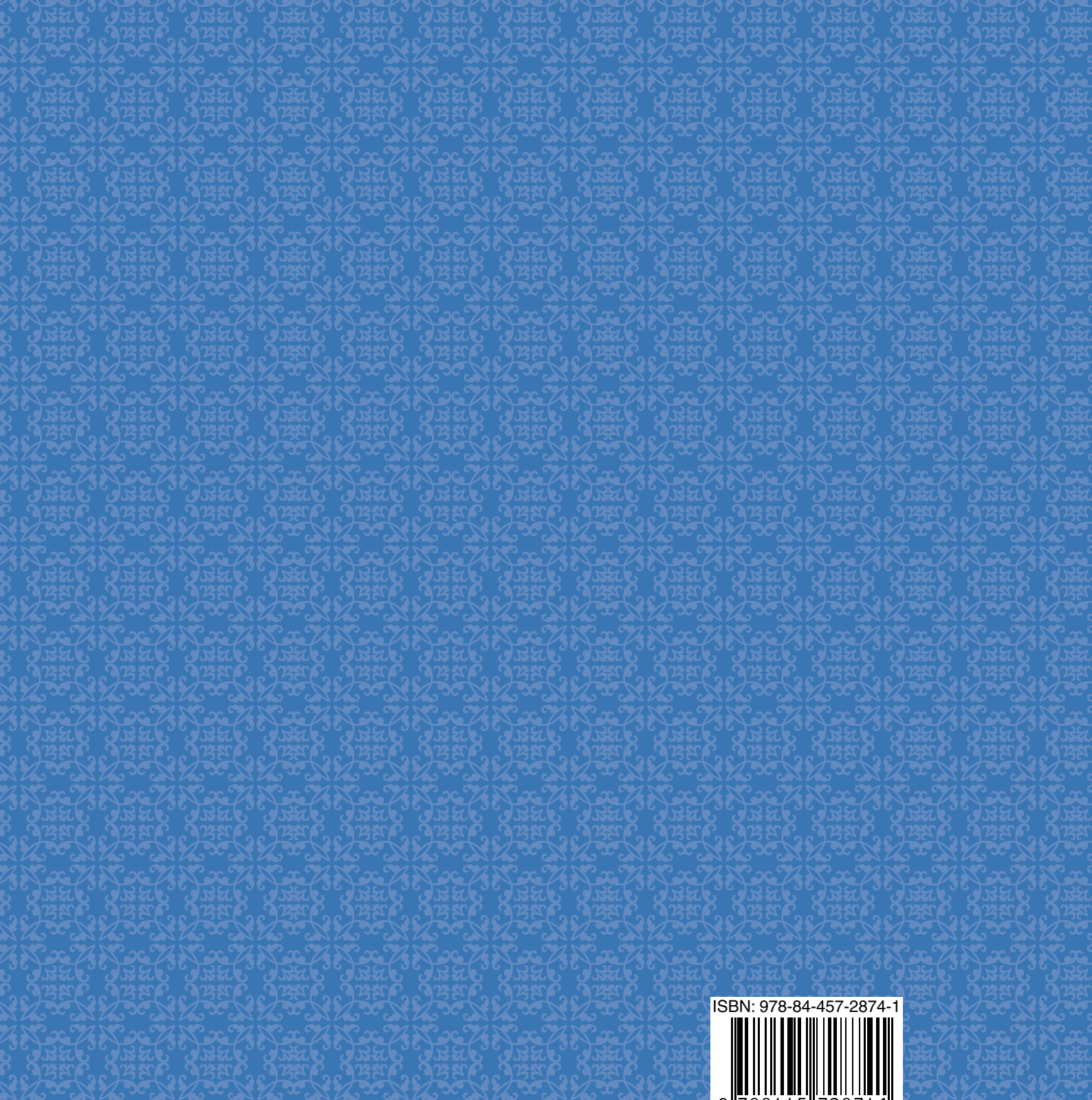
4

ZENBAITEN ARTEAN: *Industria tecnologia 2*, Editorial MG-Gil.

—— *Industri teknologia 2*, Editorial Donostiarra.

—— *Industria teknologia 2*, Gintza-Edebe argitaletxea.

—— *Problemas de tecnologia industrial*, Cim ediciones.



Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

ISBN: 978-84-457-2874-1



9 788445 728741

Salneurria: 14 €