

MAKINA ELEKTRIKOEN HISTORIA

ANDONI SAGARNA

1.- LEHENENGO SORGAILU ELEKTROSTATIKOAK

Agian lehenengo makina elektrikoa **Otto von Guericke** fisikari alemanak – Magdeburg-eko hemisferioen saiakuntza famatua egin zuenak berak – asmatutako sorgailu elektrostatikoa izango da. Zientzilari honek eriden zuen, gorputz elektrizatu batek ukitzeraino erakarritako gorputz arina, gero aldaratu egiten duela hark.

Elektrostatika-ikerketak egiten ari zela, 1650. urtearen inguruan, asmatu zuen sorgailu hori.

Makina honen oinarrizko osagaia biraka zebilen sufrezko bola bat zen. Eskuaz ala oihal batez marruskatzen zenean, karga elektrikoa sortzen zen

eta sufreak paper-zatitxoak, lumak eta horrelakoak erakartzen zituen.

XVIII. mendearen erdialdera, oso modan jarri ziren makina elektrikoak eta elektrizitateari buruzko ikerkuntzak.

Francis Hawksbeek 1709an makina elektrostatikoko berri bat egin zuen **Otto von Guericke**ren makinako sufrezko bolaren ordean beirazko zilindro bat ipiniz.

2.- ENERGIAREN BIHURKETA ELEKTROMEKANIKOAREN PRINTZIPIOAK

Faradayk azaldu zituen: 1821ean korrante elektriko batez lana lor daitekeela erakutsi zuen, modu egokian esekitako barra imandu baten

bidez, eta 1831an, higitzen ari den iman batek hurbil jarritako hari batean korrante elektrikoa induzi dezakeela azaldu zuen.

Korrante elektrikoak eremu magnetikoa sortzen duela frogatzeko, **Ampere**k bi eroale ipini zituen elkarren ondoan. Bi korranteek norantza bera zutenean elkar erakartzen zuten eta kontrako norantza zutenean, aldiz, elkar aldaratzen zuten.

Faraday-k lortu zuen lehenengo aldiz eroale bat iman baten inguruan biraraztea eta ardatz batean muntatutako iman bat hariaren inguruan biraraztea.

Faraday-k berak 1831. urteko abuztuaren 29an, elektroiman batek hurbil jarritako hari batean (momentu batean) korrantea induzitzen zuela ikusi zuen.

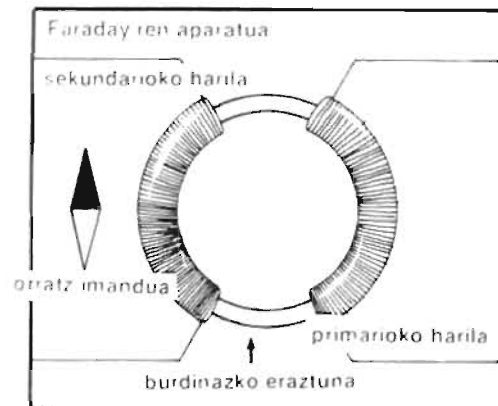
3.- TRANSFORMADOREAREN SORKUNTZA

Korrante batek beste korrante bat induzitzen duela frogatzeko Faraday-k erabili zuen aparatua, elkarrengandik isolatutako bi haril inguruan biribilkatuak zituen burdinazko eraztun bat zen.

Lehenengo harila *bateria voltaiko* bati konektatuta zegoen, bigarrenak orratz imandu bat zuen hurbil, bigarren honetan korranterik induzitzen baldin bazen detektatu ahal izateko. Lehenengo harilaren zir-

kuitua ixtean bigarrenetik korrantea pasatzen zen, orratz imanduaren momentu bateko desbidazioak iragarritzen zuen.

Sekundarioko korranteak indar hori eragiteak ez zuen harritzen Faraday, (horixe nahi bait zuen), baina beste gauza batek harritu zuen: primarioko zirkuitua irekitzen zutenean ere azaltzen zela horrelako efektu bat, alegia. Transformadorearen printzipioa aurkitu zuen horrela Faraday-k.



1. irudia

4.- LEHENENGO DINAMOAK

Gaur eguneko sorgailu elektrikoaren arbasoa Faraday-k eraiki zuen kobrezko diskoa izan zen.

Faraday-k indukzio elektromagnetikoaren deskribapena. **Royal Society**ri aurkeztu zionetik aurrera, printzipio horretan oinarritutako makina elektromagnetikoak agertzen hasi ziren han eta hemen. Ondoren etorri ziren aurrerapenek bi norabide

hartu zituzten: eremu magnetikoa sortzen duen induktorearen hobe-kuntza batetik eta induzituaren hobe-kuntza bestetik.

1832an baziren jadanik iman iraunkorrezko zenbait sorgailu. Faraday-k eta honen jarraitzaileek, iman iraunkorrak erabiltzen zituzten induktore bezala; baina hauen eremu magnetikoa ahultxo zen sorgailu ahaltsoak egiteko.

Ebazpidea **Wildek** aurkitu zuen. Honek 1863 eta 1865. urteen bitartean imana elektroiman batez ordezkatu zuen eta lehenengo aldiz aski eremu magnetiko indartsua lortu zuen sorgailuaren potentzia handitzeko.

Elektroimanak erabiltzeko, hari-lak korrontez elikatu behar ziren. Hasieran *pilak* erabili ziren, **Wildek** korrontea sortzeko makina elektromagnetiko txiki bat erabiltzea proposatu zuen arte. Eszitazio independente hau garestia eta praktikotasun eskasekoa zen. Elektroimana makinaren beraren korrontez elikatzeke soluzioa **Werner Siemens**ek (1816-1892) aurkitu zuen. Dinamo autoesztatua askoz egokiagoa zen. Dinamo autoesztatua asmakuntza ia aldeberean lortu zuten **Werner Siemens**ek Alemanian, **Charles Wheatstone**ek eta **Samuel Alfred Varley**ek Britainia Handian 1866-1867an. Halere, **Soren Hjorth** (1801-1870) injineru daniarrak marraztu zituen horrelako makina

baten lehen planoak eta 1854ean patentatu zuen.

Dena den, inor ez zen jabetu haren patenteaz eta Siemens eta Wheatstone-ren asmakuntzek lagundu zioten ideiaaren aplikazio praktikoari.

5.- LEHENENGO MOTORE ELEKTRIKOAK

Elektrotekniaren bigarren urrats handia, motore elektrikoaren asmakuntza izan zen. Garai hartan korronte zuzenez funtzionatuko zuen motore bat behar zen.

1834ean San Petersburgo-ko Akademiako partaide zen **Moritz Hermann von Jakob**ik (1801-1874) elektroimanen erakarpenean eta aldarapenean oinarritzen zen motore elektriko baten planoak marraztu zituen. Elektroimanen korronteturria bateria bat zen.

1838an Jakobiren motore hobetu bat instalatu zuten gurrpilez eragindako txalupa batean. Korrontea 320 elementuko bateria batek hornitzen zuen. Untzi hau dozena bat pertsonarekin itsas-korapilo terdiko abiaduraz higi zitekeen.

Errusiatik kanpora ezagutu zen esperimentu hau eta nahiz Europa nahiz Ameriketako ikertzaileak kilikatu zituen gertakari hark 1830 eta 1860a bitartean.

1860an **Antonio Pacinotti** (1841-1912) jakintsu italiarrak motore-mota berri bat asmatu zuen. Induzituak, eremu magnetikoan biratzen zuen eraztun baten forma zuen.

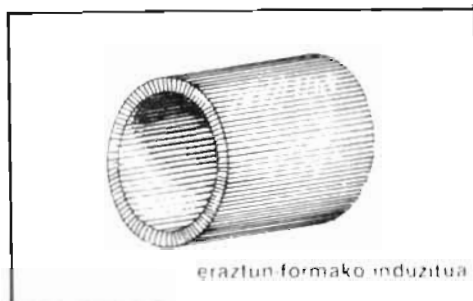
1870ean **Zénobe-Théophile Grammek** (1826-1901) dinamo auto-eszitatu berri baten patentea lortu zuen. Makina honek A. Pacinotti-k 1860an asmatutakoak bezala eraztun-formako induzitua zuen. **Grammeren** makinak dinamo moderno baten elementu guztiak zituen.

Induzituaren gorputza burdinsare batez osatua zen **Foucaulten** korronteen efektua txikiagotzeko. Halere akats bat bazuen, zeren harilen kanpoaldea bakarrik bait zegoen indukzioan murgildua. Eraztunaren barnealdeko hariak ez zituzten indar-lerroak ebakitzen eta horrek oso ahula egiten zuen indar elektroeragile induzitua.

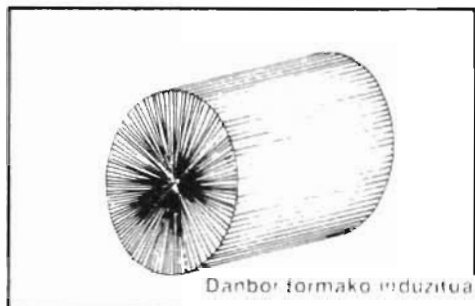
Ahultasun hau hein handi batean gaindituko zen 1872an **Friedrich von Hefner-Alteneck** (1845-1904) alemanak harilkatu osoa burdinazko zilindro baten azalaren gainean ipini zuenean, hots, danbor-formako induzitua asmatu zuenean.

Hefner-Altenecken asmakuntza sorgailuaren garapenak izan duen aurrerapenik handienetako bat izan da.

Gero **Edison**ek (1880an), **Maxim**ek (1890ean) eta beste zenbaitek



2. irudia



3. irudia

beste hobekuntza batzu lortu zituzten.

1870etik aurrera motore elektrikoaren garapenaren aro berri bati hasiera eman zitzaion.

Hippolyte Fontaine (1833-1910) frogatu zuen lehenengo aldiz (1873an) praktikan sorgailu batek motore bezala eta motore batek sorgailu bezala funtziona dezakeela. Wien-eko 1873ko Erakusketan Fontaine-k gasezko motore batek eragindako dinamo bat aurkeztu zuen. Honek kilometro bateko linea baten bitartez ponpa zentrifugo bati eraginez motore gisa lan egiten zuen era bereko beste makina bat elikatzen

zuen. Antzeko instalazio esperimentalak egin ziren 1880. urtearen inguruan Ingalaterran, Estatu Batuetan eta Alemanian

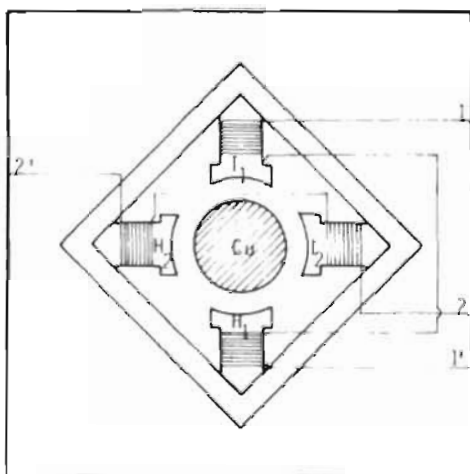
6.- KORRONTE ALTERNOKO MOTOREAK

D. A. Latchinov (1842-1902) elektrikari errusiarrak 1880an *Ekoizpen elektromekinakoa* titulua-rekin obra inportante bat argitaratu zuen. Bertan, makina elektrikoen funtzionamendua estudiatzen zuen, energia elektrikoaren transmisiorako tentsioa jasotzeak dituen abantailekin batera.

Egia esan, abantaila hauek ezin ziren behar bezala probetxatu sorgailuak korrante zuzenekoak ziren bitartean. Korrante alternokoez eta transformadoreez konpondu behar zen arazo hori.

7.- MOTORE BIFASIKOAK

Galileo Ferraris (1847-1897) fisikari italiarrak 90° desfasatutako tentsio-sistema, hots, sistema bifasiko batez eremu magnetiko birakari bat sor daitekeela esan zuen. Galileo Ferraris-ek, 1885ean Torino-ko Unibertsitatean fisika-irakasle zela, egin zuen motore honelakoa zen: Egitura honetara iristeko analogiaz arrazoitu zuen Ferraris-ek; bai bait zekien espazioan eta denboran koadraturan desfasatutako bi argizpi polarizatu laun polarizazio zirkularreko argizpi bat emateko konbinatzen direla. Horregatik pentsatu zuen bi eremu

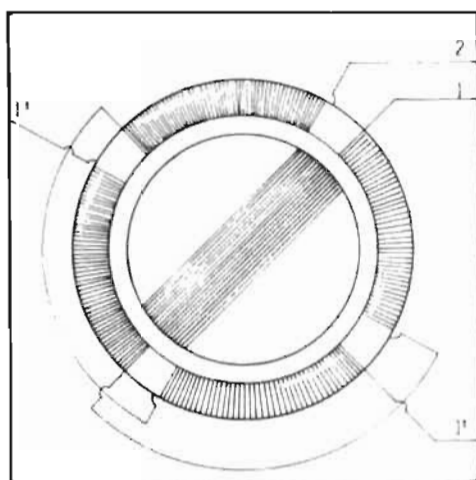


4. irudia

magnetiko alferno denboran eta espazioan 90° desfasatutako eremu magnetiko birakari bat emango zutela.

Beranduago Nikola Tesla (1856-1943) elektrikari kroaziarrak garatu eta aplikagarri bihurtu zuen ideia hau. Tesla, garai hartan *Westinghouse Electric and Manufacturing Company* rekin harremanetan zehilen eta pentsatu zuen eremu magnetiko birakari batek biraraziko ziola, ordurarte ezinbestekotzat jotzen ziren kolektore eta ikatzik gabe, harilkatu itxiko induzitu bati, korrantea indukzioz lortuz. Teslaren motoreak 1888ko maiatzaren 1eko Estatu Batuetako patente famatu batek zioenez 5. irudiko forma zuen.

Ferraris-en ideien lehen azalpena 1888ko Martxoaren 18ko argitalpen batean agertu zen, baina Teslaren patentea beranduxeago argitaratu bazen ere, auzia sortu zen eta eztabaidak urte asko iraun zuen. Teslaren



5. irudia

patentearen alde zegoen arrazoirik indartsuena zera zen: bera izan zela printzpioen garrantziaz lehenik ohartu zena eta hauer praktikotasuna eman ziena. Auzi luze hau zela eta txosten eta epai asko izan ziren. Aditu askok ziotenez harilkatu bakoitzak bere fluxua sortzen zuen eta gero denen konbinazioak fluxu ordezkaria sortzen zuen. Gaur egun badakigu gainjarpenaren teoria honek mugapen handiak dituela asetako zirkuitu magnetikoetan eta zuzenagoa dela indar magnetoeragile independente desberdinak konbinatzea eta hauen ordezkariak sortzen duela fluxu ordezkaria esatea.

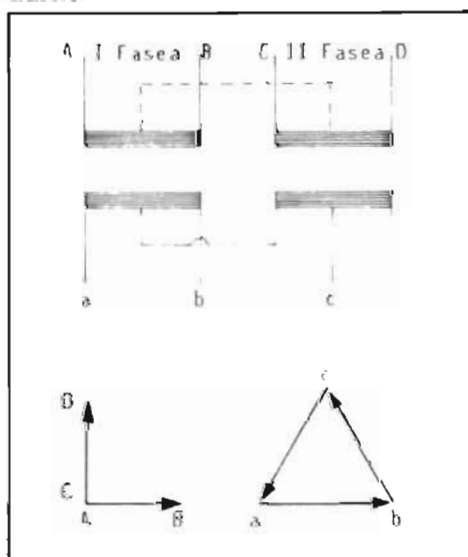
Teslak 1887an alternadore-fabrika bat jarri zuen New York-en eta bertan motore monofasiko asko eta oraindik motore bifasiko gehiago egin zituen.

8.- MOTORE TRIFASIKOAK

Korronte trifasikoaren asmatuntzak aurrerapen handia suposatu zuen.

Michael Dolivo-Dobrovolski (1862-1919) injeneru errusiarrak, lehenik teorikoki eta esperimentalki ondoren, korronte trifasikoaz ere, bifasikoaz bezalaxe, eremu birakariak lor daitezkeela frogatu zuen.

Frankfurt Main-en 1891an egin zen erakusketan Dolivo-Dobrovolski-k 175 km-ko linea batez korronte trifasikoazko lehen energi transmisioa egin zuen. Erakusketa horretantxe korronte trifasikoko motore bat aurkeztu zuen.



6. irudia

Charles F. Scottrek 1894ean bere izenaz ezagutzen den transformadore-konexioa asmatu zuen. (6 irudia).

Primarioa sistema bifasiko bati konektatzen bazaio, sekundarioan sistema trifasiko bat lortzen da.

Motore elektrikoa, ikusi dugun legez, XIX. mendearen bukaeran asmatua bazen ere, industrian erabiltzen hasteko XX. mendearen lehen laurdena etorri zen.

Estatu Batuetan, 1900. urtean, industrian erabili zen energiaren %5 besterik ez zuten eman motore elektrikoak Europan 1920tik aurrera hedatu ziren.

9.- MOTORE ELEKTRIKOEN HOBEKUNTZAK

Makineria elektrikoaren garapnaren ezaugarriarik interesgarrienetako bat, tamaina jakin bateko karkasa bati gero eta potentzia handiagoa atera izana da. Adibidez 1903an 10HP ematen zituen indukziozko motore baten karkasari berrogei urte beranduago lau bider potentzia handiagoa ateratzen zitzaion. Pisuari buruzko potentzi gehikuntza hau faktore desberdinak konbinatuz lortu zen. Hauetako inportanteenak altzaruzko xaffen ezaugarri magnetikoen hobekuntza, tenperatura handiagoak jasateko gai ziren material isolatzaileen lorpena, haizeztapenaren eta hozpenaren hobekuntza eta abiadura

handiagoak erdiesteko joera izan dira.

Urtetan zehar lortutako hobekuntzen artean abioko ezaugarriena aipatu behar da. Honetarako aurre-rapenik handienetako bat urtxintza-kaiola bikoitzeko motoreen asmakuntza izan zen. Diseinu-mota hau Dolivo Dobrovolski-k deskribatu zuen lehenengo aldiz 1893an, baina honen argitalpena ez zen aintzakotzak hartu. Geroago Boucherotek (1869-1943) garatu zuen era industrial batean eta horregatik gaur egun motore-mota honi Boucherot motorea deitzen zaio.

10.- KORRONTE ALTERNOKO MOTOREEN ABIADURAREN ERREGULAZIOA

Beste aurrerapen bat indukziozko motoreen abiadura etenik gabe aldatu ahal izatea izan da. Maurice Leblancek (1857-1923) asmatu zuen sistema hau. Makina erregulatzailerik, indukziozko motorearen eraztun irristarien ardatzarekin bat egingako maiztasun-aldagailu batek, ematen zuen aukera hori. Leblanc-en makinaren desabantaila, makina handientzako ezik, garestia izatean datza, baina, hasierako asmoa betetzeko balio izan ez badu ere, maiztasun-aldagailu bezala behintzat erabili izan da. Leblanc-en makinaren indusitua korronte zuzeneko makina batena bezalakoxea da, baina mutur batean kolektorea du eta bestean eraztun irristariak. Ikatzak 120° elektriko tartekatua ditu makina

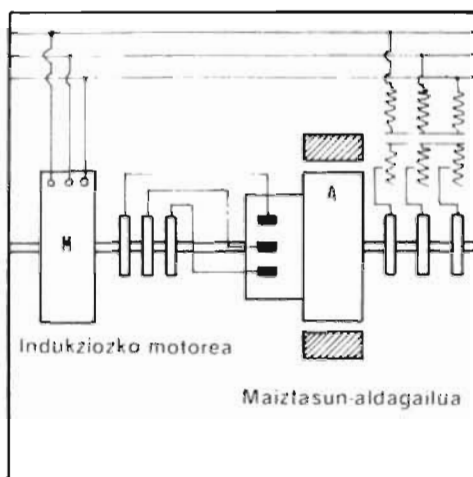
trifasikoa denean eta hiru ikatz ditu polo-pare bakoitzeko, Maiztasun-aldagailuaren eraztun irristariak hargune aldagarriko transformadoreen bidez f_1 maiztasunezko elikapen-linea nagusira konektatzen dira.

Maiztasun-aldagailuaren estatorearen karkasa, askotan, ijetzitako eraztun zilindriko bat izaten da eta ez du harilkaturik edukitzen. Hona hemen abiadura-erregulagailu horren eskema:

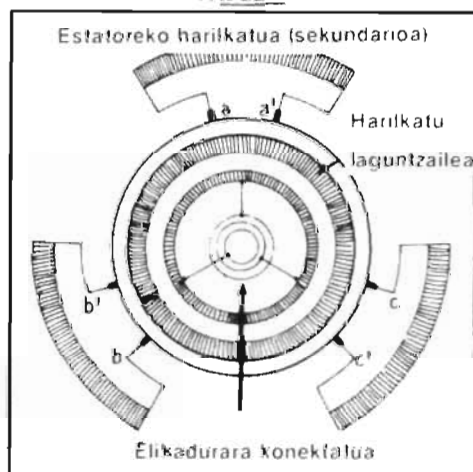
Leblanc-en makinaren bidez indukziozko motorearen errotorean tentsio aldagarri bat injekta daiteke eta gainera tentsio honek lerradura-maiztasun egokia du beti. Horretaz landa, tentsio horren fasea ere alda daiteke ikatzak desplazatuz. Tentsio horren balioaren aldaketak motorearen abiadura aldaraziko du. Tentsio laguntzailearen fasea erregulatuz indukziozko motorearen errotoreko korrontearen fasea erregulatu da eta horrela indukziozko motorearen abiadura ezezik potenzi faktorea ere erregulatu egiten da.

Abiadura aldagarriko motore txiki eta ertainen premiari erantzuteko, K. H. Schrage suediarrek ondoan deskribatuko dugun makina asmatu zuen. Bi poloko makina bati dagokio 8 irudian azaltzen den eskema.

Motore honetan elikapen-korrontea errotorean dagoen harilkatu primarioa eramaten da eraztun irristarien bidez eta sekundarioa



7. irudia



8. irudia: Schrage motore baten eskema

estatorean dago. Gainera errotoreko arteken kanpoaldean korrante zuzeneko induzitu arrunt baten harilkatuaren antzeko harilkatu erregulatzaile bat dago. Kolektoreak bi ikatz-sail desberdin ditu eta hauek nahiz alde batera nahiz bestera bigiaraz daitezke. Sail bakoitzeko ikatzak 120° elektriko tartekatuta eta sekundarioko harilkatu-muturrei

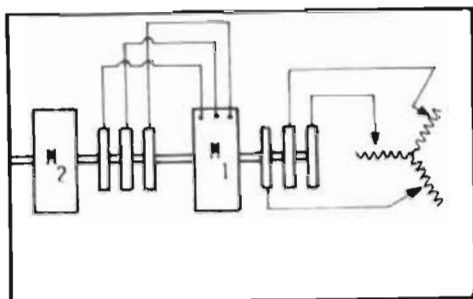
konektatuta daude. Beste saileko ikatzak sekundarioko faseetako harilkatuen beste muturrei konektatzen zaizkie. Primarioko korranteak sinkronismo-abiaduran biratzen den eremu magnetiko bat sortzen du tentsio txiki bat ezarritakoan. Abiokoan errotoea geldi dagoenez, eremu honek sekundarioan lineako maiztasuna duten korranteak induzitzen ditu. Abiadurak behar den balioa hartu duenean ezar dakie eraztunei tentsio osoa.

Ikatzak bananduta daudenean hauen artean dagoen harilkatu laguntzailearen zatian harilkatu sekundarioan induzitzen den maiztasun bereko tentsio bat induzitzen da. Sekundarioko tentsioa eta harilkatu laguntzailekoa batzen direnean abiadura handitu egiten da eta kontrako norantza dutenean txikiagotu.

Mende honen hasieran beste zenbait sistema ere diseinatu zen abiadura erregulatzeko: tandem sistema adibidez.

M_1 motorearen eraztun irristariak M_2 motorearen estatoreari konektatzen zaizkio eta honen eraztun irristariak erresistentzia trifasiko aldagarri bati. Hau abioan erabiltzen da eta abiadura aldatzeko ere bai. Abiadura erregulatzeko beste sistema bat, **B. J. Arnold**ek 1902an asmatutakoa dugu. Hona zertan datzan:

Indukziozko motore baten estatorea errotoaren inguruan bira-



9. irudia

tzeko moduan kojinetean gainean muntatzen baldin bada, errotoaren abiadura alda daiteke leunki aski muga zabalen artean estatorearen biraketa-abiadura eta -norantza erregulatuz gero.

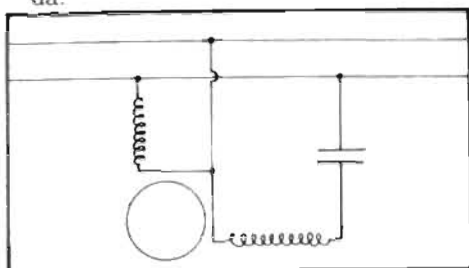
Arnold-ek sistema hau motore monofasikoz eragindako lokomotorak emeki azeleratu ahal izateko pentsatu zuen. Haren proiektuan estatoreei aire konprimatuzko motore batzuk eragin behar zieten. Suitzako *Oerlikon* etxeak egin izan ditu horrelako motoreak, baina estatorearen kanpoaldean urtxintxa-kaiola bat eta honen inguruan beste estatore bat ipiniz.

A. M. Rossmanek 1931n metodo honen beste bertsio bat projektatu zuen. Kasu honetan korrante alternoko motore nagusiaren karkasari uhalek bidez korrante zuzeneko motore batek eragiten dio. Korrante zuzeneko motore honen abiadura aldagarria da korrante alternoko motore batek eragindako eszitazio aldagarriko dinamoa batek elikatzen duelako.

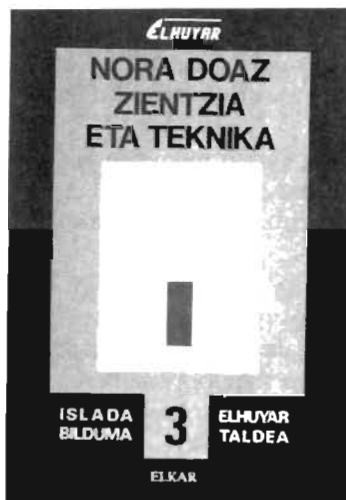
11.- MOTORE MONOFASIKOAK

Motore monofasikoen artean erabilienetakoa kondentsadore-dun motorea da. Motore hauek 1901ean hasi ziren fabrikatzen, baina ez ziren hedatu kondentsadore fidagarriak lortu ziren arte. Harilkatu nagusia lineari zuzenean konektatzeko kalkulatu dute eta harilkatu laguntzailea kondentsadorearekin seriean

konektatuta beti zirkuituan gelditzen da.



10. irudia



liburu berriak irakur!