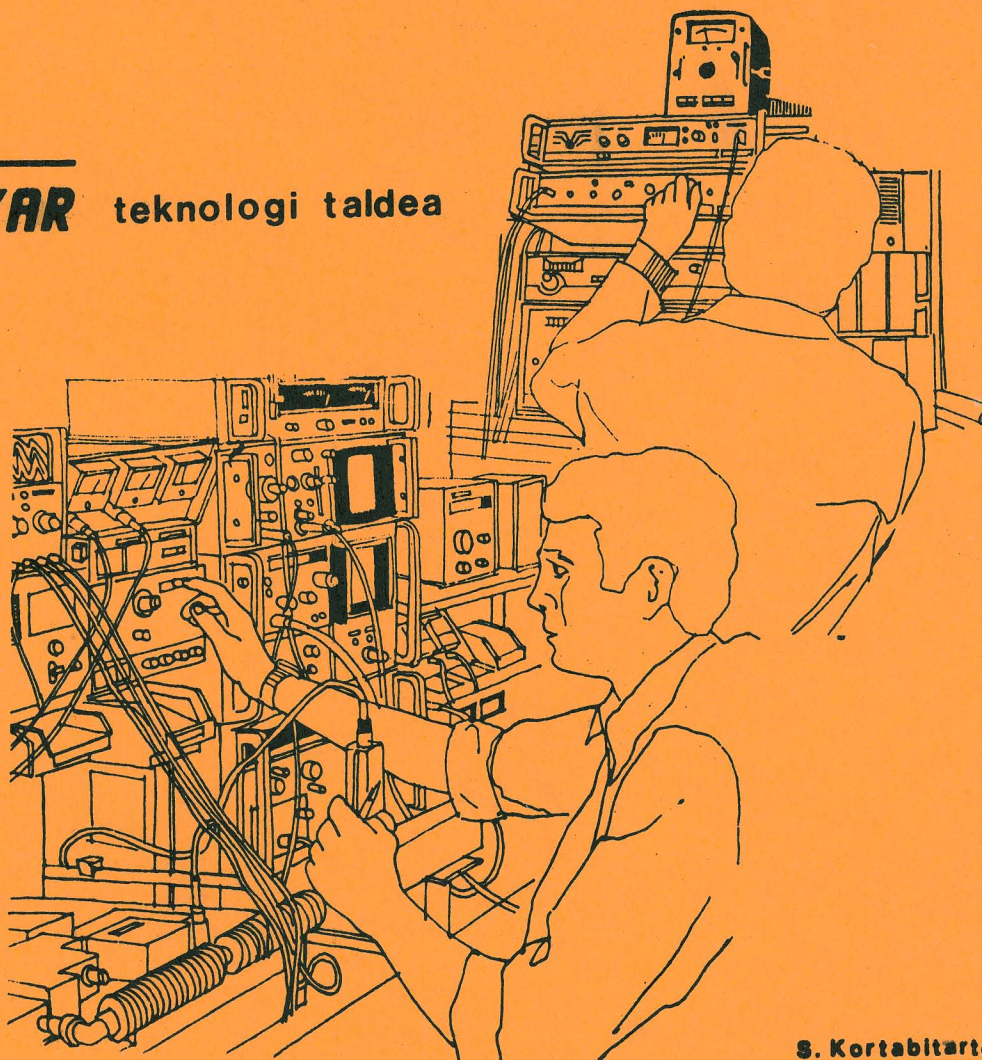


MAKINA ELEKTRIKOAK

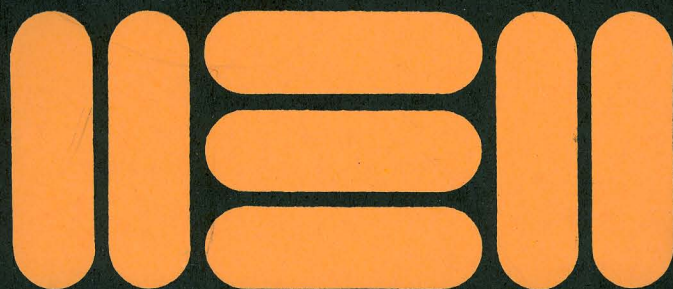
laborategiko ariketak

ELHUYAR

teknologi taldea



S. Kortabitarte



udako
euskal
unibertsitatea



Aurrerki Kutxa Municipalak

Babestutako argitarapena

Edición patrocinada por la

*Caja de Ahorro Municipal
de San Sebastián*

(C) Copyright : ELHUYAR Kultur Elkartea

ISBN: 84.86158-24-9

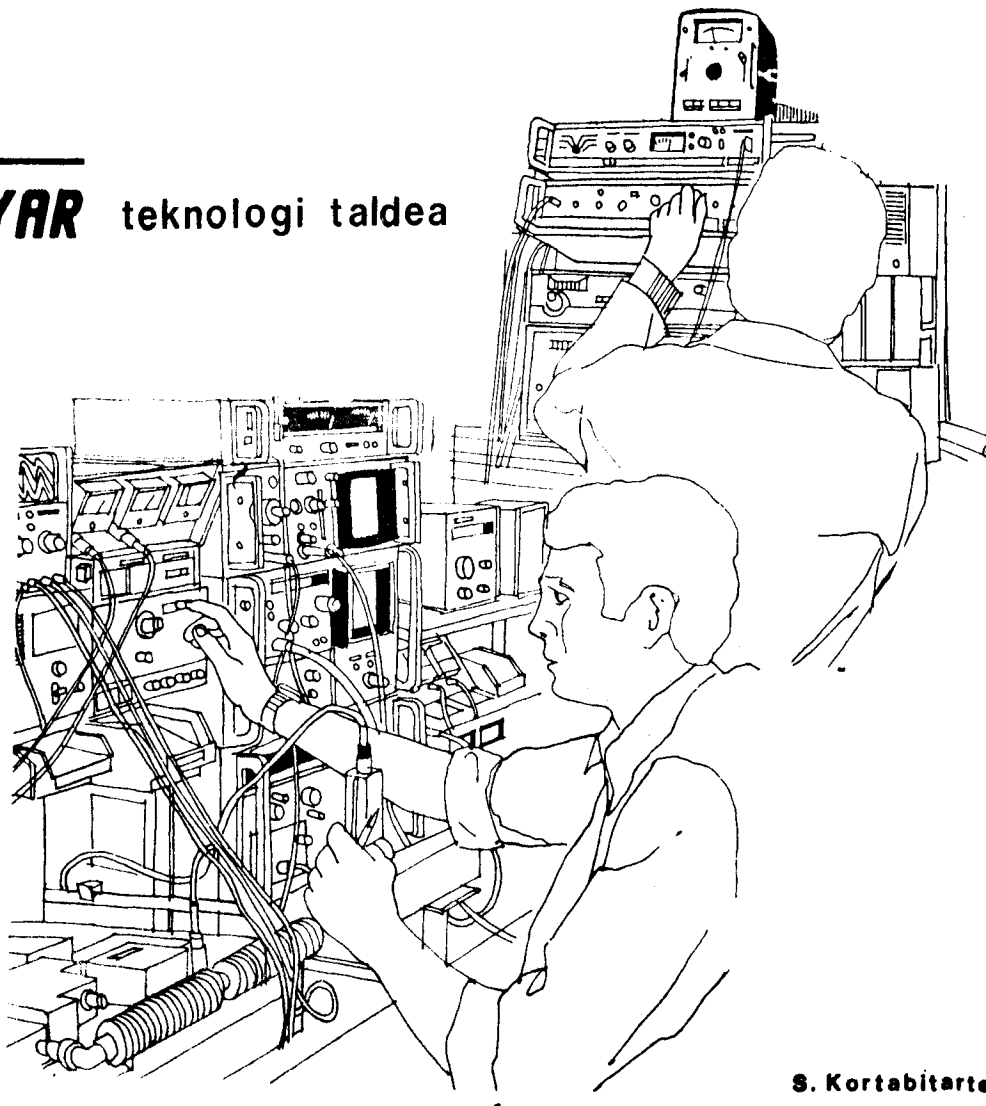
Lege Gordailua: SS-511-84

Inprimategia: Donosti Aurrezki Kutxa- Donostia

MAKINA ELEKTRIKOAK

laborategiko ariketak

ELHUYAR teknologi taldea



S. Kortabitarte

2. ARGITARAPENA

MAKINA ELEKTRIKOAK

LABORATEGIKO ARIKETAK

2

2. eta 3. mailak

ELHUYAR

S. Kortabitarte



EDUKINA

AUTOMATIZAZIO BEREZIAK

	<u>Orr.</u>
T1.- Igongailu baten instalazioa.	9
T2.- Korronte alternoko motoreen balaztaketa. . . .	10
T3.- Errotore harilkatuko motoreen abioa.	11
T4.- Bi harilkatu independenteko motoreak	12
T5.- "Dahlander" sistemako motoreak	13
T6.- "Dahlander" motorearen norantz aldaketa. . . .	14
T7.- Bi motore trifasikoren funtzionamendua,errepikatzen den ziklo baten arabera.. . . .	15

EXZITAZIO INDEPENDENTEKO DINAMOAK

T8.- Dinamoaren abioa	19
T9.- Korronte-norantzaren aldaketa.	20
T10.- Dinamoaren tentsio-aldaketa.	21
T11.- Dinamoaren "hutseko ezaugarria".	22
T12.- Dinamoaren "kargako ezaugarria".	24
T13.- Induzituaren ezaugarria.	26

DINAMO AUTOEXZITATUAK

T14.- Teoria eta saiakuntza.	29
T15.- Shunt dinamoaren kargako ezaugarria.	33
T16.- Serie dinamo.	37
T17.- Serie dinamoaren hutseko ezaugarria.	41
T18.- Serie dinamoaren kargako ezaugarria.	42

KORRONTE ZUZENeko MOTOREAK

	<u>Orr.</u>
Shunt motorea: hastapenak.	47
T19.- Shunt motorearen abioa.	49
T20.- Konmutazio txarra duen motore baten funtziona- mendua.	51
T21.- Shunt motorearen norantz aldaketa	53
T22.- Exzitazio independenteko motorearen funtziona- mendua: Abioa eta balaztaketa	54
T23.- Korrante zuzeneko makinaren potentzi galera me- kanikoak.	55
T24.- Abiadura/induzituko korrante ezaugarria	57
T25.- Abiadura/korrante induktorea ezaugarria	60
T26.- Ward-Leonard grupoa	63
T27.- Serie motorearen abiatze-prozesua	65
T28.- Abiadura/intentsitate ezaugarria.	66
T29.- Momentu/kargako korrante ezaugarria	68

ALTERNADOREAK

T30.- Exzitazio independenteko alternadore trifasi- koaren funtzionamendua.	72
T31.- Alternadore autoexzitatua.	74
T32.- Alternadoreen akoplamendua.	76
T33.- Alternadorearen hutseko ezaugarria.	78
T34.- Alternadorearen zirkuitulaburreko ezaugarria.	80
T35.- Inpedantzia sinkronoa	82
T36.- Alternadore baten kargako ezaugarria.	85
T37.- Alternadore trifasikoaren kargako ezaugarria.	91

MOTORE SINKRONOAK

T38.- Teoria.	95
Ariketa	99
T39.- Motore sinkronoaren abioa motore asinkrono ba- tez lagundurik.	100
T40.- Makina sinkronoaren ezaugarriak: Mordey-ren kur- bak	102

MOTORE ASINKRONOAK

	<u>Orr.</u>
Teoria: Hastapenak.	109
T41.- Motore asinkronoaren abiadura-aldaketa.	118
T42.- Motore asinkronoaren hutseko ezaugarriak.	119
T43.- Motore asinkronoaren kargako ezaugarriak.	121
T44.- Errotore harilkatuko motore asinkronoen abioa . .	124
T45.- Maiztasun-bihurtzaileak	125
T46.- Errotore harilkatuko motore asinkronoen hutseko saiakuntza.	128
T47.- Errotore harilkatuko motore asinkronoaren ezau- garriak kargan.	129

MOTORE ASINKRONO MONOFASIKOAK

Teoria: Hastapenak.	135
T48.- Motore asinkrono monofasikoaren abioa	140
T49.- Motore monofasikoaren biraketa-norantzaren alda- keta.	141
T50.- Motore monofasikoaren hutseko ezaugarriak	142
T51.- Motore monofasikoaren kargako ezaugarriak	143

SISTEMA MONOFASIKO BATEZ ELIKATUTAKO MOTORE TRIFASIKOAK

T52.- Kargako saiakuntza.	151
-----------------------------------	-----

TRANSFORMADORE ESTATIKOAK

Teoria: Hastapenak.	155
T53.- Transformadorearen hutseko ezaugarria	165
T54.- Zirkuitulaburreko saiakuntza.	167
T55.- Transformadorearen kargako saiakuntza	170
T56.- Transformadorearen barneko tentsio galerak.Kapp- en diagrama	172
T57.- Transformadorearen errendimendua.	175

A U T O M A T I Z A Z I O

B E R E Z I A K

TAILERREKO TEORIA ETA ARIKETAK

L.H.2 - 2E eta 3E

AUTOMATIZAZIO BEREZIAK.

- T1.- Lau oineko etxe bateko igogailuaren instalazioa. Eskema ateratzerakoan segurtasun-sistema guztiak kontuan izango dira: Ateen segurtasun-sistemak; balaztatze-sistemak, alar-mak; hersturatako iltzadurak, etab.

T2.- Korrante alternoko motore baten balaztatze-sistemak. Ariketa honetan motore hauek balaztatzeko erabiltzen diren sistema desberdinen zirkuituak diseinatu eta frogatu: balaztaketak bizkorra, progresiboak, etab.

T3.- Induzitu harilkatuko motore trifasiko baten abio automatikoa. Pultsadore bat zanpatuz, motoreak astiro abiatzen da, pixkanaka bere abiadura gehituz izendatura iritxi arte.

T4.- Bi harilkatu independente dituen, bi abiadurako motore baten funtzionamendu automatikoa.

Jarraian azaltzen den ziklo honen arabera funtzionatu behar du:

- 1.- P1 pultsadoreari eraginez gero motoreak abiatu egingo da eta abiadura txikian ibiliko da 20 segundotan.
- 2.- Denbora hori pasa ondoren, beste 10 segundotan gelditu egingo da.
- 3.- Ondoren beste 20 segundotan abiadura azkarrean ibiliko da.
- 4.- Gero beste 10 segundo gelditu.
- 5.- Azkenean berriro ziklo guztia errepikatuko da horrela jarraituz P2 pultsadorearen bitartez gelditu arte.

OHARRA: Bi tenporizagailu bakarrik erabili daitezke.

T5.- Bi abiadurako DAHLANDER motore trifasikoaren funtzionamendua.

- 1.- P1 pultsadoreari eraginez abiadura azkarrean ibiltzen da.
- 2.- P2 pultsadoreari eraginez abiadura txikian.
- 3.- P3 pultsadoreari eraginez gelditu egingo da.
- 4.- Abiadura batetik bestera zuzenean pasa daiteke, aldezturritik gelditu beharrik gabe.

T6.- Bi abiadurako Dahlander motore trifasiko baten biraketa-no-rantzaren aldaketa.

Baldintza nauen arabera funtzionatu behar du:

- 1.- P1 pultsadoreari eraginez, eskuinetara astiro.
- 2.- P2 pultsadoreari eraginez, eskuinetara azkar.
- 3.- P3 pultsadoreaz ezkerretara astiro.
- 4.- P4 pultsadoreaz ezkerretara azkar.
- 5.- P5 pultsadoreari eraginez gelditu egingo da.

T7.- Bi motore trifasikoren funtzionamendua, errepikatzen den ziklo baten arabera.

1.- "A" motoreak abiadura bat du eta "errotore zirkuitula-burtu" edo "urtxintxa-kaiola" duten horietakoa da.

2.- "B" motoreak bi abiadurako "DAHLANDER" motakoa da.

3.- P1 pultsadoreari eraginez "A" motoreak "izarrean" abiatu ko da 5 segundoren buruan "triangelu"ra pasatzeko.

4.- Beste 10 segundo pasa ondoren, "A" motoreak gelditu eta "B" motoreak, abiadura txikian hasten da.

5.- Abiadura txikian 15 segundo egin ondoren, abiadura azkarrean pasatzen da.

6.- Abiadura azkarrean 20 segundo egin dituenean, berriro zikloaren lehen urratsera bihurtzen da, prozesu guztia errepikatuz.

7.- P2 pultsadoreari eraginez gero, edozein mementutan zikloa eten daiteke, "B" motoreak abiadura azkarrean dabilenean izan ezik.

EXZITAZIO INDEPENDENTEKO

DINAMOAK

T8.- EXZITAZIO INDEPENDENTEKO DINAMO BATEN ABIOA-ARIKETAREN
ZEHAZTASUNAK:

- 1.- Korrante alternoko motore batek arrastatuko du dinamoa-
ren ardatza.
- 2.- M1 pultsadoreari eraginez, motorea abiatu egiten da. Mo-
torearen zirkuituak, onizko segurtasun-sistemak izango
ditu.
- 3.- M2 pultsadoreari eraginez, dinamoaren induktorea
elikatuko da.
- 4.- M3 pultsadoreari eraginez dena geldituko da.
- 7.- Voltmetro batez dinamoaren bornetako i.e.e. (indar elek-
troeragilea) neurtu.
- 8.- Osziloskopio batez tentsio horren forma ikusi eta ondo-
rioak atera.

T9.- DINAMO BATEK EMATEN DUEN KORRONTEAREN NORANTZ ALDAKETA.AZAL-
PENA.

Dinamo batek ematen duen korrontearen norantza aldatzeko bi bide daudela kontuan izanik, biak posible egingo dituen zirkuituaren eskema prestatu.

ARIKETA.-

- 1.- M1 eta M2 pultsadoreen bidez aukeratzen da motorearen biraketa-norantza
- 2.- M3 eta M4 pultsadoreen bitartez aldatuko da induktoreak sortzen duen fluxuaren norantza.
- 3.- Voltmetro eta osziloskopio baten bitartez ikusi eta neurtu dinamoak ematen duen korrontearen norantza eta balioa.

T10.- DINAMO BATEK EMATEN DUEN TENTSIOAREN ALDAKETA.

AZALPENA.- Dinamo batean sortzen den indar elektroeragilearen balioa ematen digun formula, $E=K.n.\varnothing$ kontuan izanik, bi faktoreok aldatzea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu eta muntatu.

ARIKETA.-

- 1.- Dinamoaren indusitua arrastatzeko korrante zuzeneko motore bat erabiliko da.
- 2.- Dinamoaren bornetan jarritako voltmetro baten bitartez, ikusi V_b tentsioaren aldakuntzak "n" eta $\varnothing$ aldatzean.

ONDORIOAK.-

- 1.- Hondar-magnetismoaren eraginak zenbat balio du?
- 2.- Zenbat "ampere-bira" behar da hondar-magnetismoaren eragin hori deuseztatzeko?
- 3.- Motorearen potentzia iragartzen duen watmetroak ematen duen balioak zer azaltzen digu? Non enplegatzen da potentzia hori? Ba al du zerikusirik korrante induktorearekin?

T12.- DINAMOAREN KARGAKO EZAUGARRIA.

AZALPENA.-

Saiakuntza honetan makinaren bornetako tentsioaren (V_b) eta Ik kargako intentsitatearen arteko erlazioa aztertzen da, abiadura eta korrante inductorearen balioak izendatuak izanik.

Kontuan izan saiakuntza hau egiterakoan, dinamo baten bornetako tentsioa adierazten digun ekuazio orokorra honako hau dela:

$$V_b = E - (r \cdot I_k + \epsilon)$$

non " ϵ " = erreakzio-fluxuaren ondorioz sortzen den barne tentsioaren galera bait den.

Beraz, barne tentsioaren galera orokorra honako hau izango da:

$$\underline{\Delta U = r \cdot I_k + \epsilon}$$

ARIKETA

- 1.- T11, ariketan egindako zirkuitu berberari karga aldakor bat ezarri eta voltmetro eta anperometro batez V_b eta I_k neurtu.
- 2.- Dinamoaren ezaugarri-plakak jartzen dituen abiadura eta korrante inductorearen balio izendatuak lortu eta kontrolatu.
- 3.- 2.puntuan aipatzen diren balio izendatuok kostante mantenduz, karga erregulatu, 2.Taulan ematen diren I_k korrantearen balioak lortzeko, eta kargako korrante horren arabera taulan eskatzen diren beste datuak atera eta taulan bertan jarri.
- 4.- Taula horretan jarritako datu guztiak 2.Grafikoan kurba bidez adierazi.

T13.- INDUZITUAREN EZAUGARRIA.

AZALPENA.-

Ariketa honen helburua zera da: I_{ex}. korronte induktorearen balioak, I_i induzituko korrontearen funtziotan ateratzea, V_b bornetako tentsioa beti konstantea izan dadin.

Makinaren bornetako tentsioa ematen digun formula hau kontu an izanik:

$$V_b = E - (r \cdot I_i + \varepsilon),$$

I_i handitzerakoan, dinamoaren barneko tentsio-galerak ere ugaltu egingo dira. Beraz V_b konstante zaindu nahi baldin badugu, beharrezkoa izango zaigu galtzen den proportzio berdinean E ugaltzea.

Bestalde E indar elektroeragilearen gehitzea, fluxuaren ugaltzeaz lor genezake eta horretarako beharrezkoa izango da I_{ex}. exzitazio-korrontea gehitzea.

ARIKETA.-

- 1.- Ariketa nau egiteko behar den zirkuitua prestatu.
- 2.- Eremu magnetikoaren erregulaziorako erreostatoa higieraziz, makinaren bornetako tentsioa 150 V.etan ezarri.
- 3.- Karga-erresistentzia erregulatuz 3.Taulan ematen diren I_i korrontearen balioak lortu; beti ere bornetako tentsioa konstante mantenduz, eta horretarako kargako intentsitate bakoitzari dagokion exzitazio-korrontearen balioa taulan idatziz.
- 4.- 3.Taulan jarritako datuen arabera, induzituaren ezaugarria adierazten duen kurba atera.

3.TAULA

I _i	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
I _{ex} .										

AZKEN ONDORIOAK:

D I N A M O

A U T O E X Z I T A T U A K

T14.- DINAMO AUTOEXZITATUAK.

AZALPENA:

Teknologi ikasgaietan aski aztertua dago autoexzitazioaren teoria.

Nolanahi ere, nondar-magnetismoaren ondorioz sortzen den i.e. e.a oso txikia da eta beraz dinamo autoexzitate baten funtzionamendurako nahitaezko baldintza batzu bete behar dira.

Baldintza norietako bat induktorearen erresistentzia da (R_{ex})

Beraz korrante induktorearen balioa ondoko formula honen arabera emango zaigu makina abiarazteko mementuan:

$$I_{ex.} = \frac{V_{hon.}}{R_{ex.}}$$

Formula honen arabera makina abiatzerakoan gerta daitekeena zera da:

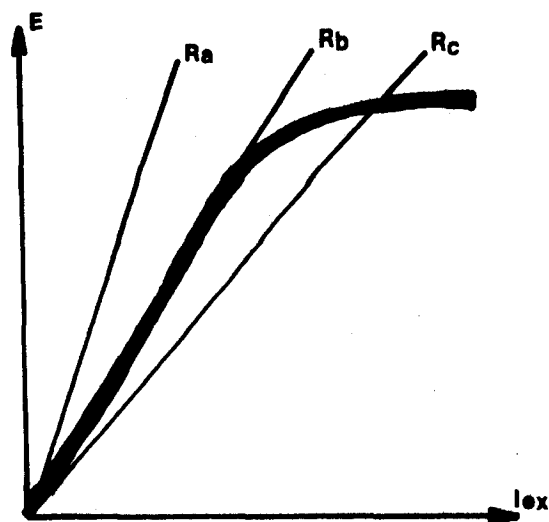
$V_{hon.}$ berez txikia izanik, $R_{ex.}$ handia izanez gero, $I_{ex.}$ oso txikia izango litzateke eta beraz makinaren autoexzitazioa ez litzateke posible izango.

Beraz, V_{hon} eta R_{ex} dira autoexzitazio-intentsitatea mugatzen dutenak eta makinaren autoexzitazioa baldintzatzen dutenak. Horregatik, bi balio horien artean erlazio jakin bat egon beharko du makinaren autoexzitazioa posible izango bada.

Erlazio hau diferentzia izango da makinaren abiadura diferententzat; zeren, V_{hon} nolabait makinaren abiadurak baldintzatzen bait du.

Beraz, gerta daiteke abiadura batean ondo autoexzitatzen den makina bat beste batean ez autoexzitatzea.

Dena dela, 1. irudiari jarraituz azalduko dugu abiadura zehatz bakoitzean dinamoaren autoexzitazioa posible izan dadin R_{ex} induktorearen erresistentziak izan lezakeen baliorik garaiena edo "erresistentzia kritikoa" deritzanaren teoria,



1. Irudia

Irudi honetan marra lodiz agertzen zaigun kurbak, dinamoak abiadura jakin batean eta karga gabe duen ezaugarria azaltzen digu.

Beraz, makinari ematen zaion abiadura bakoitzarentzat kurba berezi bat aterako zaigu.

Kasu honetan aztertzen ari garen makina, 2. Irudian agertzen den "shunt" dinamo delako suposatuz, autoexzitatzeke mementuan induktoretik pasatzen den korrontearen balioa emango digun formula honako hau da:

$$I_{ex} = \frac{V_{hon}}{R_{ex}} = \frac{E_{hon}}{R_{ex} + r} \quad \text{non,}$$

V_{hon} = Hondar-magnetismoaren eraginez, dinamoak bornera ateratzen duen tentsioa.

E_{hon} = Hondar-magnetismoaren eraginez dinamoak bere barnean sortzen duen indar elektroeragilea.

R_{ex} = Induktorearen erresistentzia

r = Induzituaren barne-erresistentzia.

Beraz, 1. Irudian agertzen diren R_a, R_b, R_c erresistentziek, makinaren erresistentzia osoaren kasu diferenteak adierazten dituzte; hau da, $R_{ex} + r$ erresistentzia osoak izan ditzakeen balio diferenteak.

Horrela izanik, aurreko formula beste era honetan ere jar daiteke:

$$I_{ex_a} = \frac{E_{hon}}{R_a} ; I_{ex_b} = \frac{E_{hon}}{R_b} ; I_{ex_c} = \frac{E_{hon}}{R_c}$$

eta nauetatik erresistentziaren balioa askatuz,

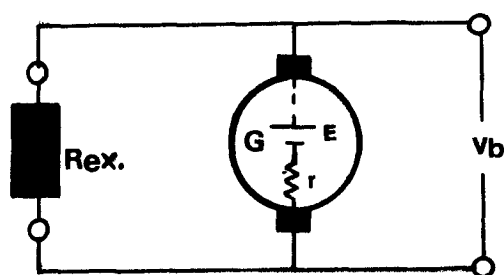
$$R_a = \frac{E_{hon}}{I_{ex_a}} ; R_b = \frac{E_{hon}}{I_{ex_b}} \text{ eta } R_c = \frac{E_{hon}}{I_{ex_c}}$$

Nolanahi ere, dinamoak autoexzitatzeke eskatzen duen I_{ex} korronte induktore minimoaren balioa denez, 1. Irudia aztertuz honako ondorio honetara iritxiko ginateke:

R_a erresistentziarekin autoexzitatzeke, dinamoak, ezaugarria atera zaion abiadura horretan, eman dezakeen E baino handiagoa eskatzen zaiola eta beraz abiadura horretan R_a erresistentziarekin autoexzitatzea ez dela posible.

R_b erresistentziarekin ozta-oztan ibiliko litzateke eta beraz erresistentzia horren balioari "erresistentzia kritikoa" deitzen zaio.

R_c erresistentziarekin erabat segurua dugu dinamoaren autoexzitazioa; zeren, dinamoak ematen duen ezaugarriaren barnean sartzen bait da.



2. Irudia

Beraz, azalpen honen ondorio bezala ikusten duguna zera da:

$$R_b = R_{kri} = \frac{E_{hon}}{I_{ex}} = tg.a$$

Horrela bada, dinamoak abiadura zehatz batean ematen duen hutseko ezaugarria marratzuz gero, erresistentzia kritikoa-
ren zuzena atera eta α angeluaren tangentearen bidez, grafi-
koki aterako genuke erresistentzia kritikoa balioa.

ARIKETA.-

- 1.- Azaldutako teoria hori praktikan aztertzea posible egin
go duen zirkuitua prestatu.
- 2.- Korrante alternoko motore batez higieraziko da dinamo
- 3.- M1 pultsadoreari eraginez 1.500 b/min-ko motore
- 4.- Motorearentzat ohizkoak diren segurtasun-sistemak jarri
ko dira.
- 5.- Eremu magnetikoaren erregulazio-erreostatoa bere balio
minimoan jarri.
- 6.- M2 pultsadoreari eraginez induktorea elikatu eta dina-
moa autoexzitatzen ez baldin bada Iex. korrante indukto
rearen norantza aldatu.
- 7.- Erreostatoaren balioa pixkanaka igo "puntu kritiko"ra
iritxi arte, makinaren desexzitazioa lortuz.
- 8.- Saiakuntza egiterakoan, Iex eta exzitazio-zirkuituaren
Rex_o erresistentzia osoaren balio erlatiboak 4.Taulan
jarri, eta erresistentzia kritikoaren balioa atera.
- 9.- Experimentalki ateratako erresistentzia kritikoaren ba-
liao eta tangentearen bidez ateratakoa elkarrekin konpa-
ratu.
- 10.- 4.Taulan jarritako datuez baliatuz, Autoexzitazio-kurba
marraztu paper milimetratu batean.

4. TAULA

Iex.									
Rex _o									

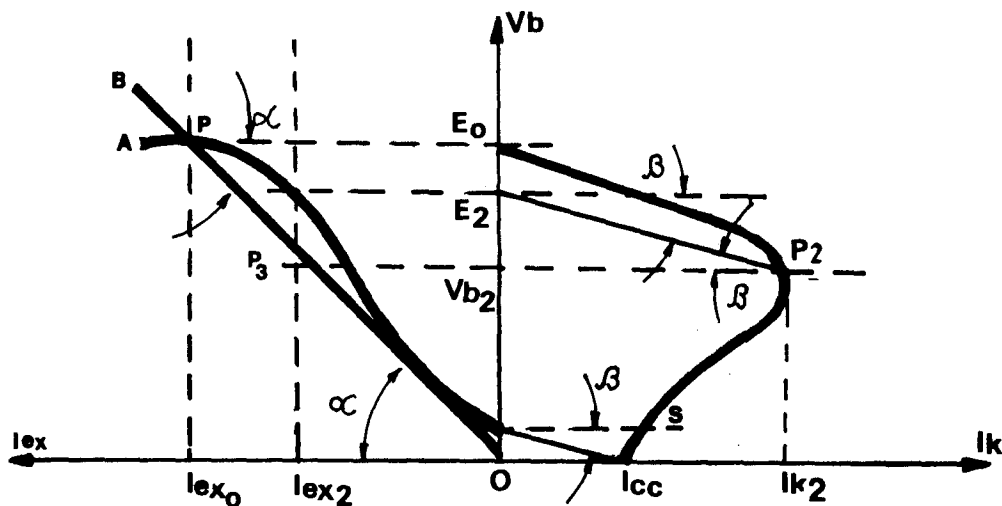
T15.- "SHUNT" DINAMOAREN KARGAKO EZAUGARRIA.

AZALPENA:

Ezaugarri hau ateratzeko bideak eta metodoak 3.Irudian oinarrituz azalduko ditugu:

Dinamoak kargari ematen dion korrontea izendatua baino txikiagoa baldin bada, erreakzio-fluxuaren eragina "komutazio-polo" edo polo laguntzaileen bidez deuseztatzen da eta beraz fenomeno norren kausaz galtzen den tentsioa " ϵ " zero da.

3.Irudiari gagozkiolarik, OA kurbak, dinamoak abiadura izendatuan eta kargarik gabe ematen duen ezaugarria adierazten digu.



3.Irudia

OB zuzenak, V_b bornetako tentsioaren eta I_{ex} exzitazio-korrontearen arteko erlazioa ezartzen du; non,

$$\operatorname{tg} . \alpha = \frac{V_b}{I_{ex}} = R_{ex}$$

Beraz, OB zuzena marrazterakoan, lehenengo egin behar dena zera da: α angeluaren balioa atera tangentearen arabera eta angelu horrekin OB marraztu.

Zuzen hori eta OA kurba elkarrekin gurutzatzen diren P puntuak emango digu dinamoak hutsean eta Rex jakin horrekin bere barnean sortzen duen E_0 indar elektroeragilearen balioa.

Orain pasa gaitezen "SHUNT" dinamoak karga bat ezartzekoan eskainiko duen ezaugarria nola ateratzen den azaltzera:

.- Karga bat ezartzekoan Ik karga-korrontea azaltzen da eta beraz dinamoaren barnean tentsio-galera bat agertuko da. Hori dela eta Vb bornetako tentsioa gutxitu egingo da eta ondorio bezala Iex exzitazio-korrontea ere makaldu.

.- Karga ezartzekoan, dinamoaren bornetan suposatzen dugun V_{b2} tentsio zehatzari dagozkio I_{ex2} korronte indukto_{rea} eta E_2 indar elektroeragilea.

.- Beraz, kasu horretan $E_2 - V_{b2} = r \cdot I_{k2}$

.- E2 puntutik eta β angeluarekin zuzen bat marrazten badugu V_{b2} ordenatua ebaki arte, E_2, P_2, V_{b2} triangeluan E_2-P_2 zuzenak β angeluaren tangentea adierazten du; non,

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{E_2 - V_{b2}}{I_{k2}} \quad \text{eta hori hain zuzen ere induzituaren barne-erresistentzia da. Beraz, } \operatorname{tg} \beta = r.$$

.- P2 puntuak adierazten diguna zera da: dinamo horrek egonkortasuna galdu gabe eman dezakeen karga-korrontearen balio garaiena. Hain zuzen ere, P2 puntu hau V_{b2} tentsioarekin erlazionaturik aurkitzen da.

.- V_{b2} puntuaren projekzio bat, makinak hutsean duen ezaugarrian ezarriz, P3 puntua aterako zaigu. Puntu horri tokatzen zaio hain zuzen bere barne-tentsioaren galerarik (E-Vb) handiena. Hau guztiz logikoa da, Ik handienari barneko tentsio-galerarik handiena tokatzen bait zaio.

.- Icc puntuak zirkuitulaburrean makinak emango duen korrontearen balioa adierazten digu.

Beraz, E2 puntutik P2 puntura, makina egonkorra izango da. Ikus daitekeenez, bitarte horretan kargako korrontea handitzean, bornetako tentsioa txikiagotu egiten da.

Bestalde, P2 puntutik S puntura ez-egonkorra izango da, Ik txikiagotzean bornetako tentsioa ere txikiagotu egiten bait da.

Makinak ezaugarri egonkorrez lan egin dezan nahi baldin badugu, Vb2-tik E0 bitarteko tentsio-balioez lan egin beharko du.

ARIKETA:

- 1.- Azaldutako ezaugarria ateratzeko saiakuntza egiteko behar den zirkuitua prestatu.
- 2.- Dinamoari eragiteko 1.500 b/min-ko motore bat erabili.
- 3.- "SHUNT" dinamo autoexzitatze beharrezkoak diren konexioak egin.
- 4.- 5.Taulan agertzen diren Ik kargako korrontearen balioen arabera beste magnitudeen balioak atera.

E tentsioaren balioak, dinamoak hutsean duen ezaugarria ri dagozkionak dira eta beraz T11 ariketan ateratakoak.
- 5.- Paper milimetratu batean eta ariketa honen azalpenean agertu den erara, 5.Taulan ateratako datuei dagozkien grafikoak marraz itzazu.
- 6.- Dinamoaren funtzionamendu egokiari dagokion "P" puntua atera ezazu.

T16.- "SERIE" DINAMOA

AZALPENA

Ariketa hau egin baino lehen beharrezkoa da zenbait teoria azaltzea "SERIE" dinamoari buruz.

4.irudian ikus dezakegunez, "Serie" dinamoan induktorea eta induzitua elkarren jarraian daude eta beraz dinamoaren zirkuituan karga bat konektatzen denean honako ekuazio hau betetzen da; "serie" dinamoaren ekuazioa deitzen zaiona hain zuzen ere:

$$V_b = E - (R_t \cdot I_k + \epsilon) ; \text{non,}$$

$R_t = r + R_{ex}$ = dinamoaren barne-erresistentzia orokorra

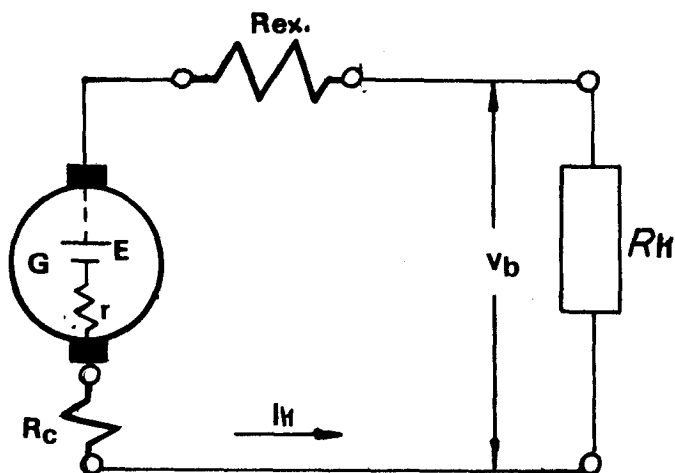
ϵ = Erreakzio-fluxuaren eraginez sortzen den makinaren barneko tentsio-galera bait dira.

Horrela bada, makinaren barneko tentsio-galera orokorra honako formula honek emango liguke:

$$\Delta U = E - V_b = R_t \cdot I_k + \epsilon$$

Bestalde, erreakzio-fluxuaren eraginez galtzen den tentsioaren balioa formula honen arabera lortuko dugu:

$$\epsilon = \Delta U - R_t \cdot I_k$$



4.Irudia

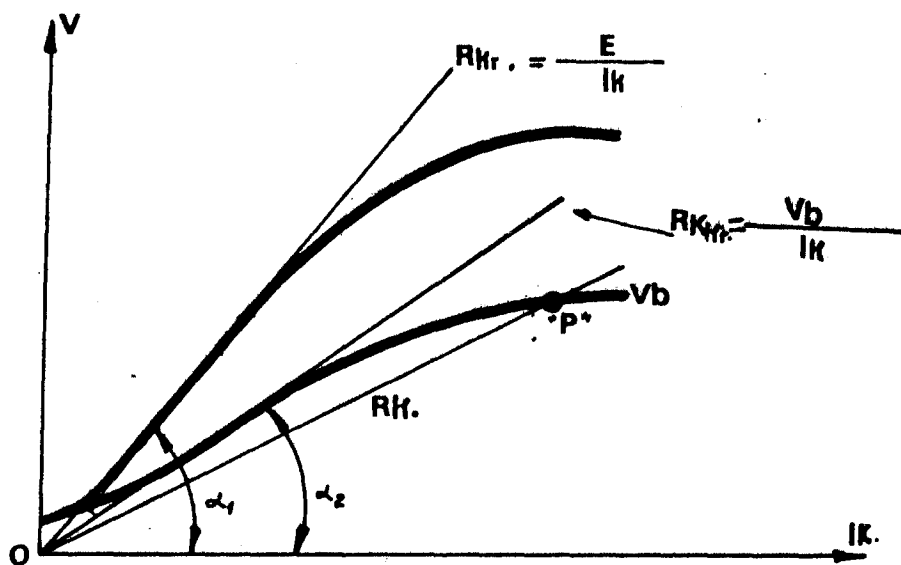
"SERIE" dinamoa abiatzerakoan kontutan eduki behar duguna zera da: Ik karga-korrontearen norantzak hondar-magnetismoa indartzeko erakoa izan beharko duela. Bestela konexioak aldatu beharko lirateke.

Autoexitzazioa posible izan dadin, abiatzeko momentuan, berrak zirkuitulaburrean jartzea mesedegarri izan ohi da. Bestalde kontuan izan behar da erresistentzia kritikoaren azpitik lan egin beharko dela makinaren autoexitzazioa posible izango bada.

Funtzionamendu-puntua.-

"SERIE" dinamoaren funtzionamendua bi zirkuituk baldintzatzen dute:

- a) Makinaren barne-zirkuituak: "r" induzituaren erresistentzia; "Re" konmutazio-poloen erresistentzia eta Rex, induktorearen erresistentzia. Guzti hauen artean osatuko dute makinaren barne-erresistentzia. Zirkuitu honen ezaugarria dinamoaren Kargako ezaugarriak emango digu eta 5. Irudian OP kurban azaltzen da $V_b = f(I_k)$ ezaugarri hori.
- b) Makinaz kanpoko zirkuituak; hau da, karga-erresistentzia osatzen dutenak.



5. Irudia

"SERIE" dinamoan ere "SHUNT"ean bezala, autoexzitazioa posi
ble izango bada, I_{ex} ekzitazio-korronte minimo bat nahitaez
koa da.

Beraz "serie" dinamoaren kasuan,

$$I_{ex} = I_k = \frac{E}{r+R_c+R_{ex}+R_k} = \frac{E}{R_{kr}} \quad \text{eta beraz}$$

$$R_{kr} = \frac{E}{I_k} = \operatorname{tg} \alpha_1$$

R_{kr} = Erresistentzia kritikoaren balioa

Ikusten denez α_1 angeluaren tangentea izango da dinamoaren
autoexzitaziorako muga ezartzen duen R_{kr} erresistentzia kri
tikoaren balioa emango diguna; non,

$$R_{kr} = r+R_c+R_{ex}+R_k \quad \text{bait da.}$$

Halere, r, R_c eta R_{ex} konstanteak dira makina jakin batean
eta beraz R_{kr} karga-erresistentzia kritikoa izango da
makinaren autoexzitazioa baldintzatzen duena. Horrela bada,

$$R_{k_{kr}} = \frac{V_b}{I_k} = \operatorname{tg} \alpha_2$$

Beraz, α_2 angeluaren tangenteak emango digu makina jakin
horrek bornetan, autoexzitatzekeo posibilitatea galdu gabe
jar genezakeen karga-erresistentziaren balio maximoa.

5. Irudian ikus daitekeenez, $R_{k_{kr}}$ karga-erresistentzia kri-
tikoaren azpitik dauden balioekin makinaren autoexzitazioa
garantizaturik legoke, adibidez R_{k_1} .

"P" puntuak adierazten digu makina horrek R_{k_1} karga-erre-
sistentziarekin izango lukeen lan-puntu ideala.

ARIKETA.-

- 1.- Azaldutako teoria frogatzea posible egingo duen zirkui-
tua diseinatu eta muntatu.

- 2.- Korrante alternoko motore batez 1.500 b/min-tan arrastatu dinamoa.
- 3.- Erregulazio-erreostatoa bere maximoan jarri.
- 4.- Erreostatoaren balioa gutxituz joan makina autoexzitate arte.
- 5.- Inolaz ere Ik ez dadila pasa makinak eskatzen duen balio izendatutik.
- 6.- Saiakuntzan ateratako datuez 6.taula bete T14.ariketan egin den bezala eta haien arabera autoexzitazio-kurba marraztu paper milimetratuan.
- 7.- Experimentalki ateratako erresistentzia kritikoa eta tangentearen bidez ateratakoa elkarrekin konparatu.

6. TAULA

[illegible]

T18.- "SERIE" DINAMOAREN KARGAKO EZAUGARRIAK.

AZALPENA:

Ezaugarri honek $V_b = f(I_k)$ adierazten digu; hau da, makinaren bornetako tentsioaren balioak I_k karga-korrontearen araberak.

7. Irudian OP kurbak agertzen digu funtzio hau.

Irudi horretan bertan OE kurbak, makinak hutsean duen ezaugarria adierazten digu, eta OA zuzenak dinamoaren barneko tentsio-galera erresistiboa; hau da,

$$I_k(R_{ex} + R_c + r)$$

Bestalde OB kurbak, erreakzio fluxuaren ondorioz sortzen den barneko tentsio-galera adierazten du; hau da,

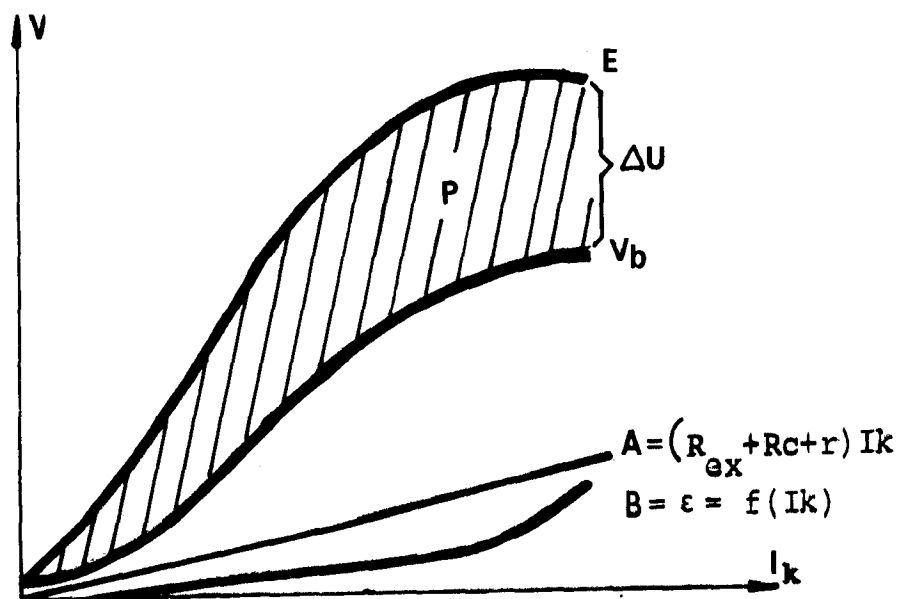
$$\epsilon = f(I_k)$$

Beraz dinamoaren barneko tentsio-galera oso honako hau izango da:

$$\Delta U = (R_{ex} + R_c + r) I_k + \epsilon$$

Bestalde, $E = \Delta U + V_b$; beraz, hori kontuan izanik erraza zaigu makina horren karga-ezaugarria ateratzea.

7. Irudian ikus daitekeenez, instant bakoitzean OE ezaugarriari OB ezaugarriaren balioa kenduz gero OP Karga ezaugarria aterako zaigu.



7. Irudia

ARIKETA:

- 1.- Aurreko ariketan nutseko ezaugarria ateratzeko erabili den makina berbera erabili oraingoan ere.
- 2.- Dinamoa arrastatzeko korrante zuzeneko motore bat erabili eta dinamoareen abiadura balio izendaturaino eraman R_1 erreostatoaren bidez.
- 3.- R_3 kargako erreostatoa bere balio maximoan jarri eta abiarazi. Ondoren karga gutxituz joan dinamoa autoexzitatu arte.
- 4.- 8. Taulan jartzen diren I_k intentsitatearen balioen arabera, taula horretan agertzen diren beste balioak atera. Taula horretan agertzen diren E indar elektroeragilearen balioak aurreko ariketan ateratakoak dira.
- 5.- Atera paper milimetratuan taulan agertzen diren funtzioei dagozkien kurbak.

OHARRA: Nanitaezkoa da ariketa honetan dinamoareen abiadura bere balio izendatuan konstante mantentzea. Beraz, karga aldatzerakoan, abiadura aldatzen baldin bada, R_1 erreostatoaren bidez bere puntura eraman.

8. TAULA

I_k	0,25	0,50	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2	2,25	2,50	2,75	3
V_b												
E												
ΔU												
$(R_{ex}+R_c+r) I_k$												
$\varepsilon = f(I_k)$												
μ												

AZKEN ONDORIOAK:

K O R R O N T E Z U Z E N E K O

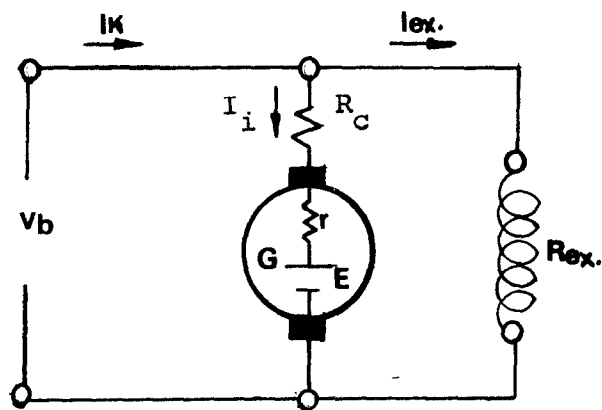
M O T O R E A K

KORRONTE ZUZENEKO MOTOREAK

"SHUNT" MOTOREA: HASTAPENAK.-

Hurrengo saiakuntzetara pasa baino lehen behar beharrezkoa da "Shunt" motoreari buruz zenbait adierazpen ematea.

8. Irudian ikus dezakegunez, Shunt motorean indusitua eta induktorea zirkuitu independenteak dira eta beraz I_{ex} korronte induktorea eta I_i indusituko korrontea ere erabat independenteak izango dira.



8. Irudia

Beraz, Shunt motoreak lineatik irensten duen I_k korronte orokorraren balioa honako formula honen bidez emango zaigu:

$$I_k = I_i + I_{ex} \quad \text{non,} \quad I_i = \frac{V_b - E'}{r_i + R_c}; \quad I_{ex} = \frac{V_b}{R_{ex}}$$

Bestalde, motoreak kontsumitzen duen potentziaren balioa honako hau litzateke

$$P_{el} = V_b \cdot I_k$$

Motorearen potentzi galera mekanikoak gutxietsiz gero, motoreak bere ardatzean emango duen potentzia mekanikoaren balioa eta potentzia elektriko erabilgarriaren balioa berdinak direnez, honako formula honek emango dizkigu:

$$P_{mek} = E' \cdot I_k = (V_b - (r_i + R_c) I_i) I_k$$

Motorearen induzituan sortzen den E' indar kontraelektroeragileari bagagozkio berriz, bere balioa, dinamoetan bezala abiaduraren eta fluxuaren funtziotan emango da honako formula honek adierazten duen bezala:

$$E' = K \cdot n \cdot \phi = V_b - (r_i + R_c) I_i$$

Motorearen abiadura, E' i.k.e.e.-ren eta ϕ fluxuaren funtziotan egongo da ondoko formulatan agertzen den bezala:

$$n = \frac{E'}{K \cdot \phi} = \frac{V_b - (r_i + R_c) I_i}{K \cdot \phi}$$

MOMENTU ERAGILEA.-

Abiatuz gero, motoreak bere ardatzean emango digun momentuaren balioa formula hauen bidez azaltzen zaigu:

$$T = \frac{P_{mek}}{2 \pi \frac{n}{60}} = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{E' \cdot I_i \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{K \cdot \phi \cdot n \cdot I_i \cdot 60}{2 \pi n}$$

$$T = \frac{K \cdot \phi \cdot I_i \cdot 60}{2 \pi}$$

$$\text{non, } n = \text{bmin}^{-1}$$

$$T = \text{Nm}$$

MAKINAREN ERRENDIMENDU ELEKTRIKOA.-

Makinaren errendimendu elektrikoa makinak bere induzituan sortzen duen potentzia elektriko erabilgarriaren eta lineatik irensten duen potentziaren arteko erlazioak ematen digu ondoko formulatan azaltzen den bezala.

$$\eta_e = \frac{P_{e. \text{erabilg.}}}{P_e} = \frac{E' \cdot I_i}{V_b \cdot I_k} = \frac{E' \cdot I_i}{(E' + (r_i + R_c) I_i) I_k}$$

Bestalde, kontuan izanik I_{ex} oso txikia izaten dela I_i induzituko korrontearekin konparatuz, huts handirik gabe jar genezake:

$$I_k \simeq I_i \quad \text{nondik, errendimenduaren formula:}$$

$$M_e = \frac{E' \cdot I_i}{V_b \cdot I_k} \approx \frac{E' \cdot I_k}{V_b \cdot I_k} \approx \frac{E'}{V_b}$$

MOTOREA ABIATZERAKOAN KONTUAN IZAN BEHAR DENA.-

Korronte zuzeneko motoreak abiatzerakoan, behar-beharrezkoa zaigu honako formula honetatik ateratzen diren ondorioak kontutan hartzea:

$$I_i = \frac{V_b - E'}{r_i + R_c} = \frac{V_b - K \cdot \phi \cdot n}{r_i + R_c}$$

Beraz, aurreko formula horren arabera, bi kasu aipagarri eman daitezke:

- 1.- Induktorea konektatu gabe edota ebakita egotea: Kasu horretan fluxua zero izango denez, indusitua egoera horretan konektatzen badugu, I_i indusituko korronteak balio handia izango du eta beraz makinaren bizia arriskuan jarriko da. Horregatik komenigarria litzateke motorea abiarazi baino lehen zirkuitu induktoreak nola funtzionatzen duen ikustea.
- 2.- Makinaren abiadura zero izatea; hau da, $n = 0$: Kasu hau motorearen abioan ematen da eta aurreko formulari oinarrituz argi dakusagu mementu honetan I_i indusituko korronteak oso balio handia hartuko duela eta motorearen bizia arriskuan jarriko dela. Horregatik motorearen abioan behar-beharrezkoa da intentsitate hori nola-hala mugatzea. Horretarako, kasurik gehien tan, erreostato bat jarriko da indusituarekin serien eta motorea abiatzen denean erreostato hori anulatu egingo da.

Normalean I_a abio intentsitatea I_i izendatua baino 1,5 edo 2 aldiz handiagoa izan daitekeela onartzen da.

T19.- SHUNT MOTOREAREN ABIOA

ARIKETA:

- 1.- Motorea abiarazteko beharrezko den zirkuituaren eskema prestatu eta muntatu.

- 2.- M1 pultsadoreari eraginez induktorea konektatuko da, bai na nori posible izango bada R1 abioko erreostatoak bere balio maximoan egon beharko du.
- 3.- M2 pultsadoreari eraginez induzitua elikatuko da, baina hori posible izateko beharrezkoa izango da aurretik induktorea konektaturik egotea.
- 4.- P2 pultsadoreari eraginez induzitua deskonektatuko da.
- 5.- P1 pultsadoreari eraginez induktorea deskonektatuko da, baina horretarako beharrezkoa izango da aurretik induzitua deskonektaturik egotea.

T20.- KONMUTAZIO TXARRA DUEN MOTORE BATEN FUNTZIONAMENDUA.-

AZALPENA:

Motore batek konmutazio txarra baldin badu, oso nabaria izaten da fenomeno hori, ikatzen eta kolektorearen artean txinpart handiak agertzen bait dira.

Bi arrazoi desberdinengatik izan daiteke konmutazio txar hori:

- a) Ikatzak gaizki lerrokaturik daudelako.
- b) Polo laguntzaileak nahiz konpentsazio-poloak gaizki konektaturik ala konektatu gabe daudelako.

IKATZAK BERE PUNTUAN JARTZEKO METODOA:

Motorea geldi dagoela eta makinarentzako inolako arriskurik gabe, ikatzak bere lekuan jartzeko metodo bat ondorengo hau litzateke: induktorea korrante alerno batez elikatzen da. Beraz, egoera horretan induktoreak eta induzituak transformadore baten primarioak eta sekundarioak bezala jokatzen dute eta induzitan korrante bat induzituko da. Halere, ikatzak ardatz neutroan jarrita badaude, heuren arteko tentsioa zero izango da. Beraz ikatzen artean voltmetro bat jarritz, ikatzak mugituko dira voltmetroak zero markatu arte.

ARIKETA:

- 1.- Teoria hori frogatzea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu eta muntatu.
- 2.- Zirkuitu horretan saiakuntza egin.
- 3.- Motorea martxan jarri eta ikatzak batera eta bestera mugitu eta puntutik aldatzen direnean txinpar handiak nola agertzen diren ikusi.
- 4.- Ondoren motorea gelditu, induktorean korrante alernoak konektatu eta azaldutako metodoaren bidez ikatzak bere puntuan jarri.

OHARRA: 3.puntuari agertzen den saiakuntza kontu handiz egitekoa da, baldintza desegokiak bait dira makinaren funtzionamendurako.

T21.- SHUNT MOTOREAREN NORANTZ ALDAKETA.-

AZALPENA:

Korronte zuzeneko edozein makina-motatan, motorearen norantz aldaketa egin nahi baldin bada, induzituari nahiz induktoreari korrontearen norantza aldatu beharko da. Bietan batera aldatzen baldin bada ez da norantz aldaketarik lortuko.

ARIKETA:

- 1.- Norantz aldaketa hori posible egingo duen zirkuituaren eskema atera eta muntaia egin.
- 2.- Induzitua konektatu ahal izateko, aldeez aurretik, induktoreak konektaturik egon behar du.
- 3.- Alderanzketa egin behar den bakoitzean erregulazio-erregulatzailea bere balio maximoan jarri beharko da; bestela ez da alderanzketa posible izango.
- 4.- Honelako zirkuituetan ohizkoak diren segurtasun-sistemak jarri beharko dira.

T22.- EXZITAZIO INDEPENDENTEKO MOTOREAREN FUNTZIONAMENDUA.-

ERRESISTENTZIA BIDEZKO ABIOA ETA BALAZTAKETA

AZALPENA:

Aurreko ariketetan azaldu den bezala, abiatzerakoan, lehenengo induktorea konektatuko da eta gero Ii mugatuko duen erreostato baten bidez indusitua elikatuko da. Abiatzerakoan erreostatoak bere balio maximoan egon beharko du.

Gelditzerakoan, motoreak dinamo bezala lan egingo du eta no rrela motorearen balaztaketa automatikoa lortuko da. Horretarako beraz indusitua lineatik deskonektatu egingo da eta abioan erabili den erreostatoa bera karga bezala konektatuko.

Horrela indusitutik pasatzen den korrontearen norantza aldatu egingo da eta energia hori erreostatoan deskargatzen duen arabera motoreak balaztatzen joango da. Motorea gelditzen denean, induktorea deskonektatzen da.

ARIKETA:

- 1.- Azaldutako teoria frogatzea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu eta muntaia egin.
- 2.- Beharrezkoak diren segurtasun-sistema guztiak kontuan izan.
- 3.- Motoreak era normalean eta beste era honetan gelditzeko behar dituen denborak konparatu.

T23.- KORRONTE ZUZENeko MAKINAREN POTENTZI GALERA MEKANIKOAK.-

AZALPENA:

Makina elektrikoen potentzi galerak bi eratakoak izan ohi dira: Potentzi galera mekanikoak eta Potentzi galera elektrikoak.

Potentzi galera elektrikoak ez dira konstanteak izaten, Ik karga-korrontearen arabera aldatzen bait dira. Potentzi galera mekanikoak aldiz, ez dira aldakorrak, konstanteak baizik. Beraz, ez dute karga-korrontearekin inolako zerikusirik.

Potentzi galera mekanikook makinaren errodamendu eta airez-tapen-sisteman sortzen dira batez ere eta makinaren abiadurarekin zerikusi handia dute.

Motorea kargarik gabe funtzionatzen ari denean, ez du potentzia mekaniko erabilgarriarik ematen eta beraz kontsumitzen duen korrontea oso txikia da. Beraz, kasu horretan potentzia gutxietsi egiten dira.

Horrela bada, makinak egoera horretan kontsumitzen duen potentzia, potentzi galera mekaniko edo konstanteei dagokiena dela esan dezakegu huts handirik gabe.

ARIKETA:

- 1.- Korronte zuzeneko makinen instalazioetan ohizkoak diren segurtasun-sistemak kontuan izanik, abiaduraren balio diferenteentzat potentzi galera mekanikoak neurtzea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu eta muntatu.
- 2.- R1 erregulazio-erreostatoa bere balio maximotik zerora mugituz, 9.Taulan agertzen diren "n" abiaduraren balioen funtziotan beste parametro guztiak atera eta taulan jarri.
- 3.- Taulan agertzen diren balioen arabera, paper milimetretuan $Pg_m = f(n)$ funtzioa marraztu.

9. TAULA

[illegible]

T24.- ABIADURA/INDUZITUKO KORRONTE EZAUGARRIA ... $n = f(I_i)$

SHUNT ETA EXZITAZIO INDEPENDENTENKO MOTOREETAN.-

AZALPENA:

Korronte zuzeneko makinen portaera, kurba ezaugarrien bi dez azaldu ohi da normalki. Kurba horiek makinaren parametro diferenteen arteko erlazioa adierazten dute. Hala ere, parametro asko direnean, bi parametroren arteko erlazioa azaltzen duten grafikoak egin ohi dira, parametro horiek aldagaitzat hartuz eta besteak konstante mantenduz.

Korronte zuzeneko makina baten ezaugarriak adierazteko kurbarik interesgarrienak hauek dirateke:

- .- Abiaduraren ezaugarria... $n = f(I_i)$; fluxua konstante mantenduz.
- .- Momentuaren ezaugarria : $T = f(I_i)$
- .- Ezaugarri mekanikoa : $T = f(n)$

Bestalde, I_i induzituko korrontea eta " n " motorearen abiadura elkarrekin erlazionatzen dituen ekuazioa, erreakzio-fluxuaren eragina gutxietsiz, honako hau litzateke:

$$n = \frac{V_b - (r_i + R_c) I_i}{K. \phi}$$

Shunt exzitazioko makinetan $K. \phi$ konstantea da eta beraz, aurreko ekuazioaren arabera, makinaren ezaugarria alda lezaketen edo baldintzatzen duten faktore bakarrak V_b bornetako tentsioa eta I_i induzituko korrontea lirateke.

ARIKETA:

- 1.- ALECOOP etxearen AL-506 motorea erabiliko da saiakuntza honetan korronte zuzeneko motore bezala.

2.- Motore horren karga bezala, etxe beraren AL-406 alternadorea erabiliko da.

3.- Korrante zuzeneko motorea R1 abio-erreostatoaren bi dez 1.500 b/min-tan jarri.

4.- Alternadoreak R3 karga trifasikoa elikatuko du.
Erreostato horrek bere balio maximoan egon behar du motorea abiatzerakoan.

5.- Poliki-poliki alternadoreari karga gehituz joan, ho rretarako R3 erreostatoaren balioa gutxituz.

Horrela alternadoreak motoreari ezartzen dion momentu eragozlea aldatuz joango da.

Horrela, motoreak lineatik kontsumitzen duen potentzia orokorra $P_t = V_b \cdot I_k$ hiru zatitan banatzen da:

.- P_{gm} = Motorearen potentzi galera konstante edo mekanikoak.

.- P_{ge} = Motorearen potentzi galera aldakor edo elektrikoak

$$P_{ge} = R_{ex} \cdot I_{ex}^2 + (r_i + R_c) I_i^2$$

.- P_e = Motoreak alternadoreari bere ardatzean ematen dion potentzia erabilgarria.

$$\text{Beraz, } P_e = P_g - P_{gm} - P_{he}$$

6.- 10.Taulan agertzen diren I_i indusituko korrantearen balioen arabera beste balio guztiak atera.

7.- T momentuaren balioa kalkulatu kasu bakoitzean eta baita ere balazta magnetiko eta N.m neurgailuaren bidez zuzenean neurtu eta datuak elkarrekin konparatu.

8.- Taulan ateratako balioen arabera, paper milimetratuan ondorengo grafikoak marraztu:

.- $n = f(I_i)$ Abiadura/indusituko korrontea

.- $T = f(I_i)$ Momentua/Indusituko korrontea

.- $T = f(n)$ Momentua/abiadura

T25.- ABIADURA/KORRONTE INDUKTOREA EZAUGARRIA.

AZALPENA:

Kontutan izan behar da ezaugarri hau ateratzeko, motoreak exzitazio independentez lan egin behar duela.

Dakigunez, korrante zuzeneko motore baten barnean sortzen den indar kontraelektroeragilearen balioa honako formula honen arabera azaltzen zaigu:

$$E' = K.\phi.n = V_b - (r_i + R_c)I_i; \text{ beraz,}$$

$$n = \frac{E'}{K.\phi} = \boxed{\frac{V_b - (r_i + R_c)I_i}{K.\phi}}$$

Beraz, fluxua I_{ex} . korrante induktorearen funtziotan dagoenez, korrante hau aldatuz gero fluxua aldatuko da eta era berean motorearen abiadura.

Bestalde, aurreko ariketan ikusi dugunez, motoreak ematen duen T momentuaren balioa honako formula honi dagokiona dugu:

$$T = \frac{P_e.60}{2\pi n}$$

Motoreak sortzen duen potentzia erabilgarriaren balioa $P_u = E'.I_i$ dela kontuan izanik, aurreko formula horren orde bestea hau erabil daiteke:

$$T = \frac{E'.I_i.60}{2\pi n}; \text{ baina, } E' = \frac{K.\phi.n}{60} \text{ eta beraz,}$$

$$T = \frac{K.\phi.n.I_i.60}{2\pi n.60} = \boxed{\frac{K.\phi.I_i}{2\pi}} \quad \underline{n = b/\text{min}}$$

Aurreko formula horri lehen begirada bat emanez, argi eta garbi ikusten dena zera da: korrante induktorea eta beraz fluxua aldatzen denean, motoreak ematen duen momentua ere aldatu egiten dela.

Bestalde, nabaria da halaber, fluxuarekin motorearen abiadura aldatzen dela eta honekin motoreari ezartzen zaion momentu eragozlearen balioa eta ondorio bezala Ii motorearen induzituko korrontea.

Beraz, ariketa honetan azaltzen ari garen $n = f(I_{ex})$ ezau garria ondo atera nahi baldin badugu, behar-beharrezkoa zaigu Ii konstante mantentzea.

Horretarako, motorearen karga bezala sorgailu bat jarriko da eta sorgailuaren karga erregulatuz, motoreari ezartzen zaion momentu eragozlea kontrolatzea posible izango zaigu eta beraz Ii konstante mantentzea saiakuntza guztian zehar.

ARIKETA:

- 1.- Saiakuntza hau egiteko ALECOOP etxearen Al506 motorea erabiliko da.
 - 2.- Motorearen potentzia eta beraz Ii konstante mantendu ahal izateko, Al 406 alternadorea erabiliko da karga bezala. Alternadorearen borneretan R3 erreostato trifasikoa jarriko da. Erreostato hau erregulatuz momentu eragozlearen balioa kontrolatuko da.
 - 3.- R2 erreostatoaz baliatuz, I_{ex} korrante induktorea erregulatuko da.
 - 4.- Abioan motorearen induzitutik pasatzen den intentsitatea kontrolatzeko R_a erreostatoa jarriko da.
 - 5.- Guzti hori behar bezala jarri ondoren, korrante zuzeneko motorea abiatu fluxu izendatuaz; hau da $R_2 = 0$
 - 6.- Motorea abiadura izendatura iristen denean, I_{ex} erregulatuz, 11.Taulan jarritako korrontearen balioen araberako beste parametro guztiak atera.
- MEMENTUORO MOTOREAREN POTENTZIA ETA BERAZ "Ii" KONS-TANTEAK IZAN DITZAN ZAINDU.
- 7.- P_{gm} parametroak, motoreak abiadura diferenteetan dituen potentzi galera mekanikoak adierazten ditu eta aurreko ariketa batean kalkulatuta daude. Beraz balio hauek taula horretan jarri.

8.- Taulan ateratako balioen arabera, $n = f(I_{ex})$ eta $T = f(I_{ex})$ ezaugarrien kurbak marraztu.

$$9.- \quad T = \frac{P_h - P_{gm} - (r + R_c) I_i^2 \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{P_e \cdot 60}{2 \pi n}$$

$$n = b/\text{min}$$

11.TAULA

I_{ex}	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
n										
P_{gm}										
$(r + R_c) I_i^2$										
T										

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T26.- WARD-LEONARD GRUPOA.

AZALPENA:

Korronte zuzeneko motoreen abiadura erregulatzeko bi bide daude aurreko ariketetan azaldu den bezala:

- a.- MOMENTU KONSTANTEZ : Induzitua elikatzen duen tentsioa aldatuz fluxua konstante mantentzen den bitartean.
- b.- POTENTZI KONSTANTEZ : Korronte induktorea eta beraz fluxua aldatuz, induzituaren tentsioa eta korrontea konstante mantentzen direlarik.

Normalki, abiadura izendatuaren azpitik lan egiten denean "a" metodoa erabiliko da; hau da, induktorearen bornetako tentsioa konstante mantenduz, induzituarena aldatu. Beraz potentzia, induzituko korrontearen proportzioan aldatuko da.

Abiadura izendatua gaindituz gero, "b" metodoa erabiliko da abiadura erregulatzeko. Horretarako induzituko korrontea konstante mantendu eta induktorekoa aldatuko da.

ARIKETA:

Ondorengo baldintzak kontuan izanik, "WARD-LEONARD" sistemaz lan egitea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatuko da.

- 1.- M_a pultsadoreari eraginez, dinamoaren arrastatuko duen korronte alternoko motorea abiatuko da.
- 2.- Motore hori geldiarazteko P_a pultsadorea erabiliko da.
- 3.- M_b pultsadoreari eraginez, korronte zuzeneko motorea dinamoari konektaturik geratuko da. Zirkuitu nonek korronte zuzeneko motoreen abiatze-prozesuan bete beharrezkoak diren baldintzak betetzeko gai izan beharko du: Induktorea alde aurretik konektaturik egotea, induzituko korrontearen erregulaziorako R_a erreostatoa bere balio maximoan egotea eta abar.

- 4.- R1 erreostatoaren bidez motorearen korrante induktorea erregulatuko da eta R2 erreostatoaz dinamoarena.
- 5.- Arrasterako M motore bezala ALECOOP etxearen AL206 modelo erabiliko da eta dinamo bezala etxe beraren AL606 modeloa.
- 6.- Dinamoaren karga bezala AL506 motorearen erabiliko da.

T27.- SERIE MOTOREAREN ABIATZE-PROZESUA.

AZALPENA:

Serie motorea abiatzerakoan benar-benarrezkoa da zenbait kontsiderazio egitea:

Serie motorearen funtsezko ekuazioa honako hau litzateke:

$$\underline{V_b = E' + \epsilon + (r+R_c+R_s) I_k}$$

Halaz ere ϵ erreakzio fluxuaren eraginez sortzen den tentsio-galera, E' indar kontraelektroeragilearekin konparatuz oso txikia denez, gutxietsi egiten da gehienetan eta horrela aurreko formula honela eman daiteke:

$$V_b = E' + (r+R_c+R_s) I_k$$

Bestalde oso kontutan hartzekoa da abiaduraren ekuazio sinplifikatua:

$$n = \frac{E'}{K.\phi} = \frac{V_b - (r+R_c+R_s) I_k}{K.\phi}$$

Ekuazio honetatik atera daitekeen ondorioa honako hau litza teke: SERIE motorea kargarik gabe abiatzen baldin bada, I_k oso txikia izango da eta beraz kasu horretan fluxua ere bai. Ondorio bezala, motorearen abiadura mugagabe igotzeko eta enoalatzeko arriskua duela.

Ondorio bezala, Serie motorea ez da inola ere kargarik ga be abiatu behar.

ARIKETA:

- 1.- Ariketa nau egiteko AL606 makina erabiliko da motore be zala eta AL506 sorgailu bezala, motorearen ardatzean akoplaturik, karga izango da.
- 2.- R1 erreostatoa jarriko da motorearen erregulaziorako eta R3 sorgailuaren karga bezala.
- 3.- Abiatzerakoan, R1 eta R2 erreostatoek heuren balio maxi moan egon benar dute. Horrela izan ezik motorea ez da abiatu benar.

T28.- ABIADURA/INTENSITATE EZAUGARRIA.

AZALPENA:

Aurreko ariketan azaldu den abiaduraren ekuazioaren arabera, argi eta garbi ikusten da Serie motorean Ik karga-korronteak abiadurarekin duen lotura: karga gutxituz Ik eta era berean fluxua gutxitzen dela. Honen ondorio bezala, abiadura izugarri handituko da motorea enbalatzeko eta desegiteko arriskua sortuz.

Hori dela ta, Serie motoreak, batez ere P_h/P_g erlazioa handia dutenak, inola ere ezingo dira jarri kargarik gabe.

ARIKETA:

- 1.- Ariketa hau egiteko, aurreko ariketan erabili diren maki na berdinak erabiliko dira.
- 2.- Motoreak ez du inolako erregulaziorik izango.
- 3.- R erreostatoa sorgailuaren karga bezala jarriko da eta erreostato nonen bidez dinamoaren karga-korrontea erregulatuz, motoreari ezartzen zaion momentu eragozlea kontrolatuko da eta ondorio bezala I_{k_m} motorearen karga-korrontea eta momentu eragilea.
- 4.- 12.Taulan agertzen diren I_{k_g} korrontearen balioei dagozkien beste magnitudeen balioak atera eta taulan jarri.

$$\text{Kontuan izan, } T = \frac{P_{\Phi_d} + P_{g_m} + (r_d + R_{c_d}) I_{k_d} \cdot 60}{2\pi n}, \text{ non, } n = b/\text{min.}$$

Momentu eragile honen balioa, zuzenean ere atera daiteke dinamo balantzatua deritzaiona nahiz zuzeneko neurketa posible egingo duen beste zernahi sistemaz baliatuz: adibidez extentsiometria sistemaz osoturiko balazta magnetiko bat.

- 5.- Taulan jarritako balioen arabera, $n = f(I_{k_g})$ eta $n = f(I_{k_m})$ grafikoak atera.

T29.- "MOMENTU/KARGAKO KORRONTE" EZAUGARRIA.

ARIKETA:

Aurreko ariketan ateratako balioen arabera, $T = f(I_{k_m})$ funtzioari dagokion grafikoa marraztu.

IDATZ ZURE ONDORIOAK:

ALTERNADOREAK

ALTERNADOREAK =====

POTENTZI GALERAK:

Korronte zuzeneko makinetan bezala, korronte alternokoetan ere potentzi galera orokorrak bi sail desperdinetan banatzen dira:

Potentzi galera konstanteak: Potentzi galera nauek karga-korrontearekin zerikusirik ez dutenak dira eta beraz konstanteak makina bakoitzean.

Sail hau osotzen duten potentzi galerak honako nauek lirarteke:

- Potentzi galera mekanikoak.
- Histeresi fenomenoaren ondorioz sortzen diren galera magnetikoak.
- Foucault-en korronteen ondorioz sortzen direnak.
- Induktorean Joule-ren efektuaren ondoriozkoak.

Potentzi galera aldakorrak: Induzitutik karga-korrontea pasatzen denean, Joule-ren efektuaren ondorioz sortzen diren galerak osotzen dute sail hau. Zalantzarik gabe, karga aldatzerakoan potentzi galera hauek ere aldatu egingo dira; hau da, ez dira konstanteak.

ERREAKZIO-FLUXUA:

Dinamoetan bezala alternadoreetan ere, induzitutik karga-korrontea pasatzerakoan, induzituak bere inguruan fluxu bat sortzen du eta fluxu horri "erreakzio-fluxua" deritzaio.

Fluxu horrek, fluxu nagusiaren balioa aldatzen duenez, alternadoreak sortzen duen indar elektroeragilean eragin handia du.

Dinamoetan erreakzio-fluxuaren eragina deuseztatzeko polo laguntzaileez baliatzen gara baina alternadoreetan hau ez da posible; zeren, erreakzio-fluxuaren norabidea eta norantza aldatu egiten dira kargak ezartzen duen kosinuaren edo potentzi faktorearen arbera.

T30.- EXZITAZIO INDEPENDENTEKO ALTERNADORE TRIFASIKOAREN FUNTZIO-
NAMENDUA.

AZALPENA:

Dinamoetan indar elektroeragilearen balioa erregulatzeko bi metodo zeuden: abiadura aldatzea edo ta fluxua aldatzea. Beste era batera esanda, dinamoetan abiaduraren, naniz eta fluxuaren funtziotan aldatzen zen parametro bakarra indar elektroeragilea zen.

Ikus dezagun orain zer gertatzen den alternadoreetan:

Indar elektroeragile efikazaren aldaketa.- Dinamoetan ozeala alternadoreetan ere, bi baldintza dira beharrezkoak maki naren funtzionamendurako:

- a) Errotoreari higidura bat ematea, lerro magnetikoen ebakitzzea posible izan dadin; hau da, fluxuaren eta induzitua ren arteko higidura erlatibo bat sortzea.
- b) Induktorea korrante zuzen batez elikatuz fluxu bat sortzea.

Bi baldintza horiek betetzen direnean, alternadorearen barnean indar elektroeragile bat sortuko da eta bere pornetan tentsio bat agertuko.

Indar elektroeragile horren balio efikaza honako formula no netan azaltzen zaigu:

$$E = \frac{4,44 \cdot \emptyset \cdot f \cdot N_s}{10^8}$$

Formula honen arabera ikus dezakegu: korrante induktorea erregulatuz gero, fluxua erregulatzen dugula eta beraz E indar elektroeragilearen balio efikaza.

Korrontearen maiztasun-aldaketa.- Alternadore batek sortzen duen korrontearen maiztasuna baldintzatzen duten faktoreak, makinaren abiadura eta polo-kopurua dira ondorengo formulak agertzen duen arabera:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} ; \text{ non,}$$

p = polo-pareen kopurua

n = v/min

Beraz formula norren arabera, abiadura aldatuz maiztasunaren balioa ere aldatu egiten da.

Aurreko bi ekuazioak elkarrekin konparatzen baditugu, ondorio honetara iritsiko gara: makinaren abiadura aldatzerakoan maiztasuna aldatzen dela eta era berean indar elektroeragilearen balioa.

Beraz abiaduraren aldaketak beste bi faktoreak batera aldatzen ditu eta hau oso kontutan edukitzekoa da alternadoreak erabiltzen ditugunean.

ARIKETA:

- 1.- Azaldutako teoria frogatzea posible egingo duen zirkuitua diseinatu.
- 2.- "A" pultsadoreari eraginez AL206 motore trifasikoa abiatzen da. Motore honek, bere ardatzean akoplaturik "Alecoop" etxearen AL406 alternadore trifasikoari eragingo dio.
- 3.- "B" pultsadoreari eraginez, alternadorearen induktorea korrante zuzen batez elikaturik geratuko da fluxu bat sortzen duelarik.
- 4.- R1 erreostatoaren bidez alternadorearen korrante induktorea erregulatuko da eta beraz honek sortzen duen eremu magnetikoa.
- 5.- R2 erreostato trifasikoa erabiliko da alternadorearen karga bezala.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T31.- ALTERNADORE AUTOEXZITATUAK.

AZALPENA:

Hondar-magnetismoaren ondorioz, hasieran alternadoreak ematen duen tentsio alternoa, artezgailuen bitartez arteztu eta induktoreari ezarri, alternadorearen autoexzitazioa lortzen da. Dinamoetan azaltzen zen bezala, nemi ere autoexzitazioa posible izango bada oso kontuan izan behar da induktorearen erresistentzia kritikoaren printzipioa.

Bestalde autoexzitazio hori posible izango bada behar benarekoa da induktorearekiko konexioak behar bezala egitea. Dena den, makina abiatzerakoan autoexzitazio hori lortzen ez baldin bada, konexioak aldatu egin beharko dira.

ARIKETA:

- 1.- Teoria hau frogatzea posible egingo duen zirkuituaren eskema diseinatu.
- 2.- R1 erreostatoaren bitartez korrante induktorea erregulatuko da.
- 3.- Makina martxan jarri eta R1 erreostatoaren balioa aldatuz, lehen aipatutako puntu kritikora iritsiko gara eta nan makinaren autoexzitazioa ez da posible izango. Puntu horietan R1 eta induktorearen erresistentziak elkarturik duten erresistentziaren balioari erresistentzia kritikoa deritzaio. Puntu norretatik behera bakarrik izango da posible makinaren autoexzitazioa.
- 4.- Saiakuntza hau egiterakoan neurtutako I_{ex} eta R_{exo} balioak 13.Taulan jarri.
- 5.- Taulan jarritako datuez baliatuz, Autoexzitazio-kurba marraztu paper milimetratuan.

13. TAULA

I_{ex}									
R_{exo}									

IDATZ ZURE KONKLUSIOAK:

T32.- ALTERNADOREEN AKOPLAMENDUA.

AZALPENA:

Jakina denez, bi alternadore edo geniago linea batera akoplatu ahal izateko behar-beharrezkoak dira ondorengo baldintza hauek:

- .- Korrante-maiztasunen berdintasuna.
- .- Faseen baliokidetasuna.
- .- Tentsio berdinak izatea.

Baldintza horiek betetzen direnean bakarrik akoplatuko dira alternadoreok elkarrekin linea batera. Beraz, alternadore bat linea batera konektatu nahi denean, beharrezkoa izango da aldezturik baldintza horiek betetzen diren ala ez ikustea, eta baliokidetasunok lortzeko beharrezkoak diren erregulazioak egitea. Ariketa honetan, erregulazio eta egiaztapen horiek nola egiten diren ikusiko dugu hain zuzen ere.

ARIKETA:

- 1.- Alternadorea mugitzeko, ALECOOP etxearen AL506 korrante zuzeneko motorea erabiliko da.
- 2.- R1 erreostatoaren bidez, makinaren abiadura 1.500 b/mintan jarri.
- 3.- "SINKRONISMO" moduloak duen detektorearen bidez, nahiz beste batez, ikusi linean eta alternadorean R, S eta T faseen arteko korrespondentzia berdina den. Horrela ez baldin balitz, alternadorearen bi fase alderantzikatu.
- 4.- R2 erreostatoarekin alternadorearen fluxua erregulatu eta honekin makinaren bornetako tentsioa doitu. Tentsio honek lineakoaren kidekoa izan behar du alternadorea lineara konektatu ahal izateko.
- 5.- Sinkronoskopiaz, alternadorearen eta linearen arteko fase-adostasuna ikusi. Sinkronoskopiaaren lanparak itzalirik mantentzen badira, hiru edo lau segundotan, bi sistemok fasean daudela esan genezake eta mementu norretan alternadorea lineara konektatuko da P3 pultsadorea-ri eraginez.

Sistemok fasean ez baleude, motorearen abiadura pittin bat aldatuz fasean jarri, baina beti kontutuan izan abiadura nori gutxi alda daitekeela, berekin maiztasun-aldaketa bat daramalako.

- 6.- Bi sistemon maiztasunak mementuoro kontrolatu behar dira.

T33.- ALTERNADOREAREN HUTSEKO EZAUGARRIA.

AZALPENA:

Ariketa nonetan, alternadore batean, kargarik gabe ari denean indar elektroeragileak eta korronte induktoreak elkarren artean duten erlazioa aztertuko da. Beti ere indar elektroeragilearen balio efikaza izango da kontuan.

Alternadoreetan indusitzen den indar elektroeragilearen balio efikaza ematen digun ekuazioa kontuan izanik,

$$E = \frac{4,44 \phi \cdot f \cdot N_s}{10^8}$$

ikus dezakegu, aziadura konstante mantentzen baldin bada, makinaren tentsio efikaza alda dezakeen faktore bakarra fluxua dela eta beraz korronte induktorea.

Beraz, ezaugarri honek alternadoreetan ere dinamoetan duen forma berbera du.

ARIKETA:

- 1.- AL206 korronte alternoko motorea erabiliko da alternadoreari eragiteko.
- 2.- Wattmetro batez motorearen potentzia neurtu.
- 3.- Amperometro eta voltmetroaz alternadorearen korronte induktorea eta bornetako tentsioa neurtu.
- 4.- 14.Taulan agertzen diren I_{ex}. korrontearen balioen arabera beste balioak atera.
- 5.- Taulako datuen arabera, ezaugarri honi dagokion grafikoa atera paper milimetratuan.

T34.- ALTERNADOREAREN ZIRKUITULABURREKO EZAUGARRIA.

AZALPENA:

Saiakuntza nau makinaren Inpedantzia sinkronoa kalkulatzeko egin ohi da hurrengo ariketan azalduko den bezala. Azken finean $I_{cc} = f(I_{ex})$ ateratzea besterik ez da saiakuntza nau.

I_{cc} zirkuitulaburreko korrontea alternoa denez, naniko inpedantzia jartzen diote induzituaren harilek korronte honi eta beraz, muga batzuren barnean makinak ondo jasaten du zirkuitulaburra deritzaiona.

ARIKETA:

- 1.- AL506 korronte zuzeneko motorearen erabiliko da alternadoreari eragiteko.
- 2.- R_t errele termikoz baliatu, motorearen induzitua zaintzeko, benar baino karga handiagoa eskatzen bazaio, zirkuitua deskonekta dezan.
- 3.- Pulsadore eta kontaktore bidez abiatuko da motorearen, eta honelako motoreak abiarazteko onizkoak diren segurtasun-sistemak jarri.
- 4.- Kasu honetan dinamo exzitatzailea jarri ordez, korronte zuzeneko linea batetik elikatuko da alternadorearen induktorea.
- 5.- Korronte zuzeneko motorearen abiarazi eta 1.500 b/min-tan jarri.
- 6.- 15.Taulan I_{ex} korrontearantz ematen diren balioen arabera I_{cc} korronteararen balioak atera eta taulan jarri.
- 7.- MAKINA KONKRETU HONETAN I_{cc} INOIZ ERE EZ DADILA IZAN 5A. BAINO HANDIAGOA.
- 8.- R_1 erreostatoaren laguntzaz, motorearen abiadura konstante mantendu saiakuntza guztian zehar.
- 9.- Taulan jarritako datuen arabera, ezaugarri honi dagokion grafikoa atera eta aurreko ariketan ateratakoarekin konparatu.

T35.- INPEDANTZIA SINKRONOA.

AZALPENA:

Alternadore bat zirkuitulaburrean jartzen denean, bere barnean sortzen den tentsio guztia barne-erreaktantzian jausten da.

Esandako nau azaltzen duen ekuazio bektoriala jar gerrezake:

$$\vec{E} = \vec{r.I_{cc}} + \vec{Xl.I_{cc}}$$

Beraz, $E = \sqrt{r^2 + Xl^2} \cdot I_{cc}$; non, $\sqrt{r^2 + Xl^2}$ terminoa, badakigu inpedantziaren balioa ematen diguna dela.

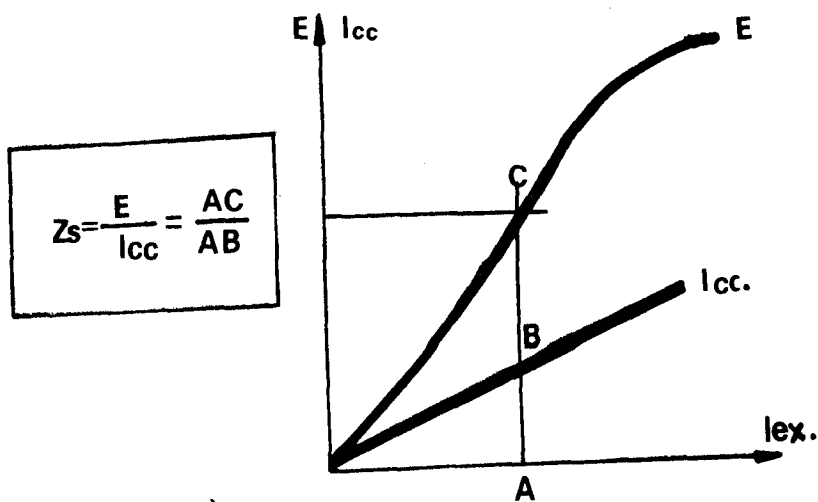
Nondik, $E_{cc} = Z_s.I_{cc}$; eta,

$$Z_s = \frac{E_{cc}}{I_{cc}}$$

Azken ekuazio honetan agertzen den indar elektroeragilearen eta I_{cc} zirkuitulaburreko intentsitatearen arteko erlazioari inpedantzia sinkronoa deritzaio eta Xl_s izango da nain zuzen ere erreaktantzia sinkronoa .

Makina bakoitzean erreaktantzia sinkronoaren balioa konstante mantentzen da inductorearen nukleoa saturatu gabe dagoen bitartean. Halaz ere exzitazioaren arabera zertxobait beti aldatzen da.

Grafiko bakar batean jarritz gero makinaren hutseko eta zirkuitulaburreko ezaugarriak azaltzen dituzten kurbak, oso erraza gertatzen da I_{ex} korrontearen balio bakoitzari dagokion inpedantzia sinkronoaren balioa ateratzea.
(9.Irudia)



9. Irudia

ARIKETA:

- 1.- Aurreko bi ariketetetan ateratako datuak 16. Taulan jarri eta I_{ex} korrante induktorearen balio bakoitzari dagokion Z_s inpedantzia sinkronoaren balioa atera.
- 2.- Aurreko bi ariketetako kurbak grafiko bakar batean ezarri eta hor ere I_{ex} korrante induktorearen balio bakoitzari dagokion inpedantziaren balioak atera eta tauletatik ateratakoekin konparatu.
- 3.- Alternadorearen fase batek duen erresistentzia soilaren balioa neurtu.
- 4.- Erreaktantzia sinkronoaren eta Inpedantzia sinkronoaren balioak antzerakoak direla daduzitu ondorengo ekuaizio nauen arabera:

$$X_s = 2\pi fL; \quad X_s = \sqrt{Z_s^2 - r^2}$$

- 5.- Kontuan izanik $I_{cc} = \frac{E}{2\pi f \cdot L}$; zirkuitulaburreko korrontea abiadurarekiko independentea dela deduzitu; matematikoki atera eta azalpen bat egin.

16.TAULA

Iex.	0	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Icc									
Vb ₀ =E									
Zs									

IDATZ ZURE ONDORIOAK:

T36.- ALTERNADORE BATEN KARGAKO EZAUGARRIA.

"BEHN ESCHEBURG" DIAGRAMA

AZALPENA:

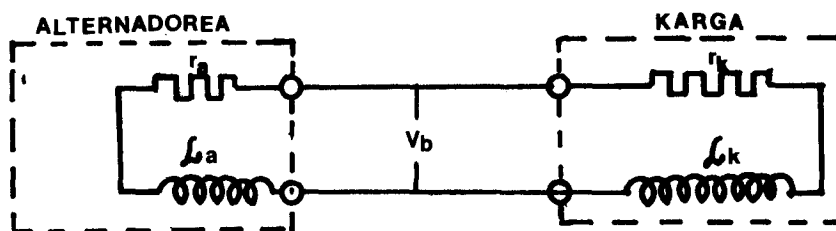
Teoria nau azaltzeko, 8. Irudian agertzen den zirkuitua nartuko dugu alternadorearen eta kanpoko karga-zirkuituaren eta kanpoko karga-zirkuituaren baliokidetzat, non:

r = alternadorearen barne erresistentzia soila.

X_{l_a} = Alternadorearen barne erreaktantzia.

R_k = Karga-erresistentzia soila.

X_{l_k} = Karga-erreaktantzia diren



10. Irudia

Zirkuitu horren arabera, alternadorearen barnean sortzen den indar elektroeragilearen aldiuneko balioa adierazten duen ekuazio nau planteatu genezake:

$$e = v_b + v_r + v_x \text{ edota baita beste nau ere:}$$

$$e = v_r + v_x + v_{Rk} + v_{Xk}$$

Balio efikazen arabera jartzekotan berriz, beste era nonetara jarri behar genuke:

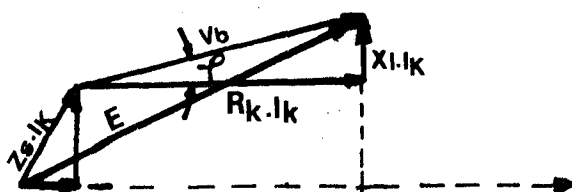
$$E = V_b + V_r + V_{X_{l_a}}$$

(nau da; bektorialki tratatu behar genuke balio horiek).

Eta beraz V_b bornerako tentsioaren balioa ematen digun ekuazioa honela geratu litzateke:

$$V_b = E - (V_r + V_{X_{l_a}}) = E - Z_s \cdot I_k$$

Azkenik 8.Irudian agertzen dugun zirkuituaren ekuazio bektoriala 9.irudiko diagraman adierazten da:

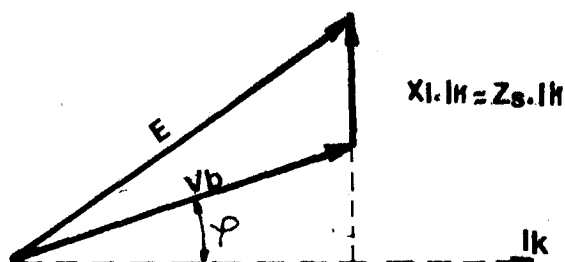


11.Irudia

Zirkuitu baliokidearen sinplifikazioa:

Gehienetan alternadorearen barne erresistentzia oso txikia izaten da barne erreaktantziarekin konparatuz. Beraz, barne erresistentzia honen balioa gutxietsiz 9.irudiko diagraman sinplifikazio garrantzitsu bat egitera irits daiteke zenbait kasutan.

10.Irudian ikus daiteke sinplifikazio honen ondorioa:



12.Irudia

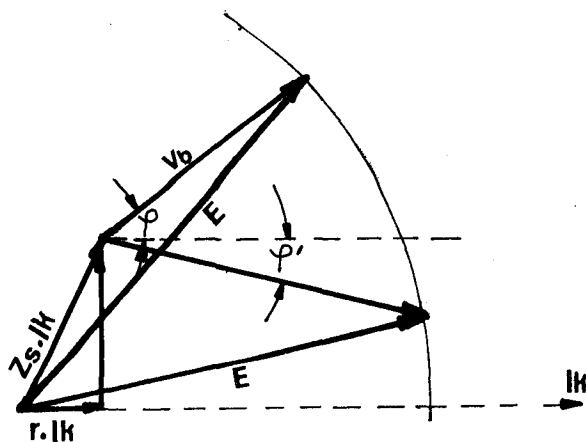
Ikusten denez, barne tentsioaren jauspen aktiboa adierazten duen bektorea deuseztu egin da.

Beste guztiak berdin jarraitzen du.

$\cos \varphi$ da hain zuzen ere potentzi faktorea deitzen zaio na eta kargaren ezaugarriak baldintzatzen du angelu norren balioa.

9.Irudiko diagramari deitzen zaio "Behn Eschenburg"en diagrama eta 10.Irudian ikusten dena, haren sinplifikazioa besterik ez dugu.

Bestalde 11.irudia aztertu ondoren ateratzen den ondorioa honako hau litzateke



13.Irudia

Indar elektroeragilearen balio berdinentzat, V_0 bernetako tentsioaren balio oso desberdinak eman daitezkeela. φ angeluaren arabera eta beraz makinari ezartzen diogun kargaren ezaugarrien arabera.

Bestalde, E indar elektroeragilearen balioa, I_{ex} , korrante induktorearen balioak eta makinaren abiadurak baldintzatzen dutenez, nauek konstanteak izanik ere, V_0 tentsioaren balio oso desberdinak eman daitezke kargaren erreaktantzia eta beraz φ angelua aldatzerakoan.

KARGAKO EZAUGARRIAREN KALKULUA

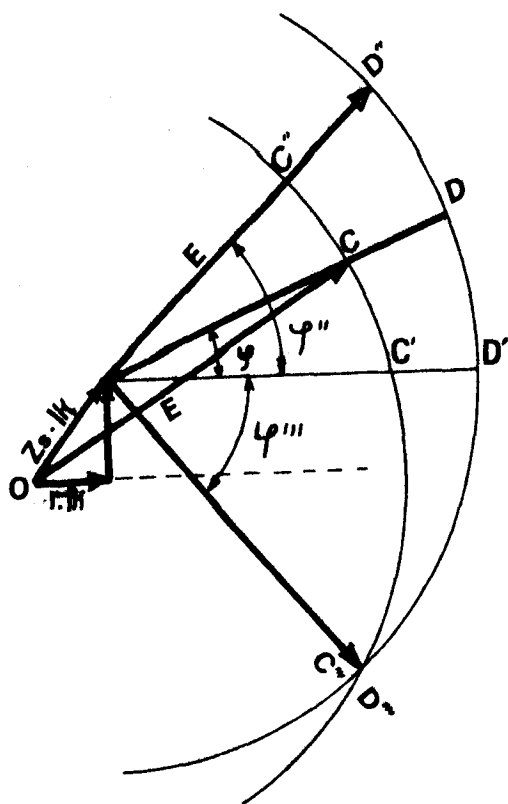
Orain arte azaldu denaren arabera, ezaugarri hau saiakuntzaz atera ahal izateko benar-beharrezkoa genuke karga konplexu bat, R_k , X_{1k} eta X_{ck} aldatu anal izango direnak dituen, horrela makinari potentzi faktore diferenteak aplikatuz bere erreakzioak aztertu anal izateko.

Normalean potentzia txikiko alternadoreetan, zuzenean egin-dako saiakuntzaz ateratzen da ezaugarri hau aipaturiko itxurazko karga konplexu nori aplikatuz.

Potentzia handiko alternadoreetan osterako oso zaila da ezau-
garri nau, zuzeneko saiakuntza bidez ateratzea; nain poten-
tzi handiko karga konplexu hori edukitzearen zailtasunaga-
tik.

Beraz, kasu nauean, Behn Eschenburg-en diagraman oinarritu
tako sistema grafiko bat erabiltzen da.

12. Irudian azaltzen da makinaren barneko tentsio-jauspen
erreal; nau da, saiakuntzaz zuzenean neurtuko genukeena,
grafikoki ateratzeko metodoa:



14. Irudia

Irudi honetan, ikus daitekeenez, makinaren barneko tentsio-
-jauspenak adierazten dituen OAB triangelua marrazten da.

Triangelu honi oinarritzko triangelua deritzaio eta berone-
tan oinarritzen da Behn-Eschenburg-en diagramaren marrazke-
ta guztia.

Oinarritzko triangelu hori marrazteko, gutxienez beraren
bi alde ezagutu beharko ditugu nahitaez, eta horretarako as-
ki izango zaigu makinaren "r" barne erresistentzia eta Zs
inpedantzia sinkronoaren balioa kalkulatzeko.

Makinaren barne erresistentzia neurtzeak ez du inolako zailtasunik: ohmetro on batez nahiz Wheatstone-ren zubi batez neur dezakegu.

Inpedantzia sinkronoaren balioa berriz, 35. ariketan azaldu den eran kalkula daiteke.

Bi sektoreok ezagutu ondoren oinarrizko triangelua marrazten da eta ondoren honako prozesu hau jarraituko dugu.

"O" puntutik eta E indar elektroeragilearen balioa erradioztat hartuz CC'C" arkua marrazten da.

"B" puntutik eta E indar elektroeragilearen balioa erradioztat hartuz DD'D" arkua marrazten da.

Beraz, karga jakin batek inposatzen duen φ angeluarentzat, BC zuzenak bornetako tentsioa adierazten du eta CD zuzenak makinak karga horrekin duen barneko tentsio-jauspen erreala; zeren,

$$CD = BD - BC \quad \text{eta} \quad BD = E ; BC = V_b ; \quad \text{beraz,}$$

$$CD = E - V_b = V_c \quad \text{erreala.}$$

Era berdinean, beste edozein kargari tokatzen zaion φ'' ala φ''' nahiz beste edozein angelurekin, makinaren barnean sortzen diren tentsio-jauspen errealen balioak diagrama horretatik atera genitzake.

φ''' angelua baino handiagoa ematen duten karga kapazitiboekin, bornetako tentsioa, kargarik gabe ematen zuen V_b baino handiagoa da eta beraz hutsean ematen zuen E indar elektroeragilea baino handiagoa. Fenomeno hau oso logikoa da; zeren, kasu honetan erreakzio-fluxuak, fluxu nagusia indartu egiten bait du.

Beraz, eta ondorio gisa, diagrama hau marraztuz gero, posible izango zaigu makina jakin batek zernahi kargarekin izango duen portaera ezagutzea.

ARIKETA:

- 1.- Alternadorea kargarik gabe eta zirkuitulaburrean entseiaa tu ondoren bere E indar elektroeragilea eta Zs inpedantzia sinkronoaren balioak kalkulatu.
- 2.- Balio horiek kalkulatu ondoren oinarritzko triangelua deritzana marraztu.
- 3.- Behn Eschenburg-en diagrama osatu eta $I = 4A$ eta $\cos \varphi = 0,8$ duen karga batekin alternadoreak bere bornetan emango lukeen tentsioa kalkulatu.
- 4.- Karga berdinarekin entseiu zuzena egin eta barneko tentsio-jauspena eta bornetako tentsioa neurtu.
- 5.- Diagrama bidez eta entseiu zuzenean ateratako balioak elkarrekin konparatu.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T37.- ALTERNADORE TRIFASIKOAREN KARGAKO EZAUGARRIA .

AZALPENA:

Ezaugarri honetan azaltzen dena honako hau da: Makinaren ko rronte induktorea, abiadura eta potentzi faktorea konstan te mantenduz, V_b bornetako tentsioak I_k kargako korrontearen funtziotan hartzen dituen balioen ikuspen zabal bat; hau da, $V_b = f(I_k)$

Guztiontzat ezaguna da alternadoreetan, dinamoetan ez den beste parametro bat agertzen dela: φ angeluaren kosinua edo potentzi faktorea deritzana. Aurreko ariketan ikusia dugun bezala, makina berberak ezaugarri diferenteak ematen ditu faktore horren arabera.

ERREAKZIO FLUXUAREN ERAGINA.- Arazo hau Teknologian ere aztertzen denez, ez gara hemen gehiegi luzatuko. Halaz ere azaldu behar dena zera da: Erreakzio-fluxuak dinamo batean posizio eta norantza konstanteak dituela eta alternadoreetan alderantziz, aldatu egiten dela φ angeluaren kosinuaren ara bera.

Beraz erreakzio-fluxuaren eragina ez da konstantea alternadore batean, aldakorra baizik. Horrela konprenitzen da alternadore batean potentzi faktore diferentea duten kargak aplikatzerakoan, bornetan tentsio diferenteak agertzea nahiz eta I_k kargako korronte konstantea izan kasu guztietan.

Beraz, potentzi faktorearen arabera $\varphi_t = \varphi_{ind.} + \varphi_R$ fluxu oro korraren balioa aldatu egiten da eta honekin batera E indar elektroeragilearen balioa.

ARIKETA:

- 1.- AL 506 korronte zuzeneko makina erabiliko da alternadorea birarazteko.
- 2.- R_1 erreostatoaren bidez, motorearen abiadura, alternado reari tokatzen zaionera doitu.
- 3.- R_2 erreostatoaz baliatuko gara alternadorearen korronte induktorea doitzeko bere balio izendatua lortu arte.

- 4.- Alternadoreak ematen duen korrontearen maiztasuna neur-
tu.
- 5.- Kargako erresistentzia bere balio maximoan jarri, karga
ko korrontea ahal den txikiena izan dadin.
- 6.- Makinaren abiadura eta korronte induktorea konstante
mantenduz, kargako erreostatoaren balioak aldatuz joan,
17.Taulan agertzen diren I_k kargako korrontearen balioen
arabera beste datuak ateratzeko.
- 7.- Ateratako datuak 17.Taulan jarri.
- 8.- Ariketa berdina egin taulan agertzen φ ren kosinuaren ba-
lio diferenteentzat.
- 9.- Taulan jarritako datuen arabera, $V_b = f(I_k)$ funtzioa
adieraziko duten kurbak marraztu φ angeluaren balio des-
berdinek inposatzen duten kasu bakoitzarentzat.

17.TAULA

	Cos φ = 1					Cos φ = 0					Cos φ = 0,8 (L)					Cos φ = 0,8 (C)				
I	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V																				
W																				

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

MOTORE SINKRONOAK

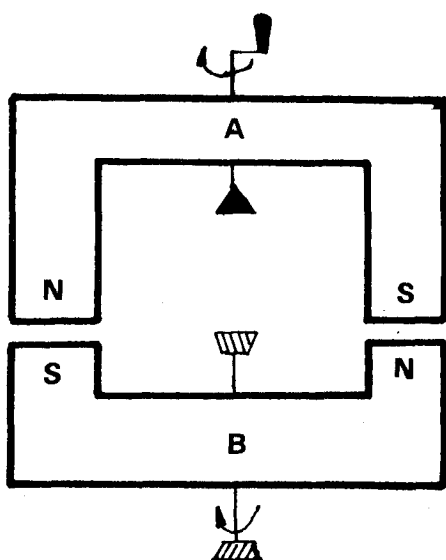
T38.- MOTORE SINKRONOA.

AZALPENA:

Korronte zuzeneko makinekin gertatzen den bezala, korronte alternoko makina sinkronoa ere alderanzgarria da; hau da, nahiz alternadore, nahiz motore-moduan lan egin dezake. Beraz alternadore trifasikoa ere motore bihur daiteke.

Aurreko azalpenetan aztertua dugu alternadorearen zirkuitua eta portaera. Azter dezagun orain makina sinkronoen alderanzgarritasuna explikatzen duen printzipio zientifikoa.

Motore sinkronoaren funtzionamendua azaltzeko, 15.irudian oinarrituko gara.



15.Irudia

"A" imana birarazten badugu, ardatz bertikalarekiko, imanaren higidura honek eremu magnetiko birakor bat sortzen du. Fenomeno hori dela ta "A" imanaren N eta S poloek "B" imanaren S eta N poloak arrastatuko dituzte eta horrela "B" imanak ere, nahiz eta inolako lotura mekanikorik ez izan "A" imanarekin, honekin batera biratuko da.

Fenomeno hori gerta dadin nahitaez "A" imanaren N poloak eta "B" imanaren S poloak bat etorri behar dute.

Horrela izanik, "A" eta "B" imanen abiadurek nahitaez berdinak izan behar dute. Abiadura hau abiadura sinkronoa deritza.

Zerbaitengatik "B" imanak abiadura galtzen badu, desinkronizatu egin dela esaten da eta bera bakarrik ez da inolaz ere gai izango berriro sinkronismora iristeko.

MOTORE SINKRONOAREN EREMU BIRAKORRA .- Azken batean, lehen aipatu den bezala, motore sinkronoa eta alternadorea gauza berbera dira eta alternadore moduan lan egiten duenean estatoreko zirkuitutik korrante induzitua aterako da. Motore bezala lan egiten duenean alderantziz, estatoreko zirkuituak induktore moduan jokatu du eta beraz kanpoko linea batek sartuko zaion korrante trifasiko batez elikatuko da.

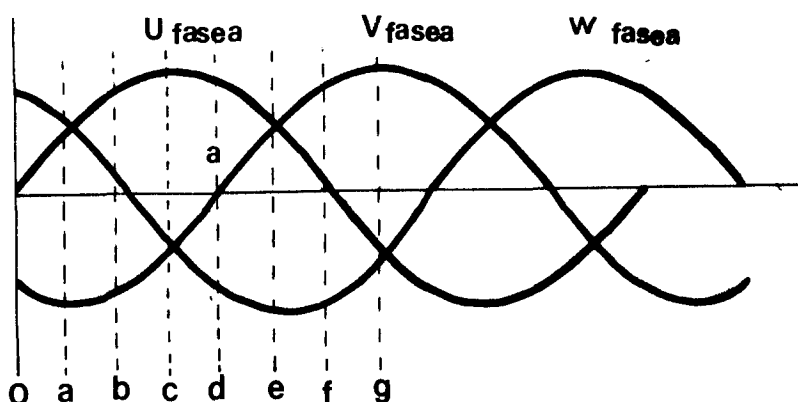
Ondorio bezala, korrante trifasikoz elikatua izan den zirkuitu induktore horren inguruan eremu magnetiko birakor bat sortuko da.

Beraz, estatoreko nukleoa eremu birakor horrek zeharkatuko du eta jarraian ikusiko dugunez, nahiz eta mekanikoki biraka balebil bezala gertatzen da; hau da, 15. Irudiko "A" imanaren kasu berbera ematen da.

Motore sinkronoaren estatorean sortzen den eremu birakorren teoria azaltzeko, 16 eta 17. irudietan oinarrituko gara:

16. irudian ikus genezake motore sinkronoaren zirkuitu induktorea elikatzen duen sistema trifasikoaren adierazpen sinusoidala. Irudi horretan ikus genezake o, a, b, o, d, e, f instantetan hiru faseen balioek elkarrekin dituzten erlazioak.

17. irudian berriz, aipatutako instantetan estatoreko zirkuituak sortzen duen fluxu birakorrak hartzen dituen posizio desberdinak agertzen dira.



16. Irudia

16. irudia aztertuz, eta adibide bezala, "0" instantean "U" fasearen tentsioa zero dugu, V fasearena negatiboa eta W fasearena positiboa diren bitartean.

Instant horretan beraz, 17-0 irudian ikus dezakegunez, U faseak ez du inolako fluxurik sortuko eta V eta W faseek sortzen dutenak $\emptyset$ bektoreak adierazten duen norantza izango du.

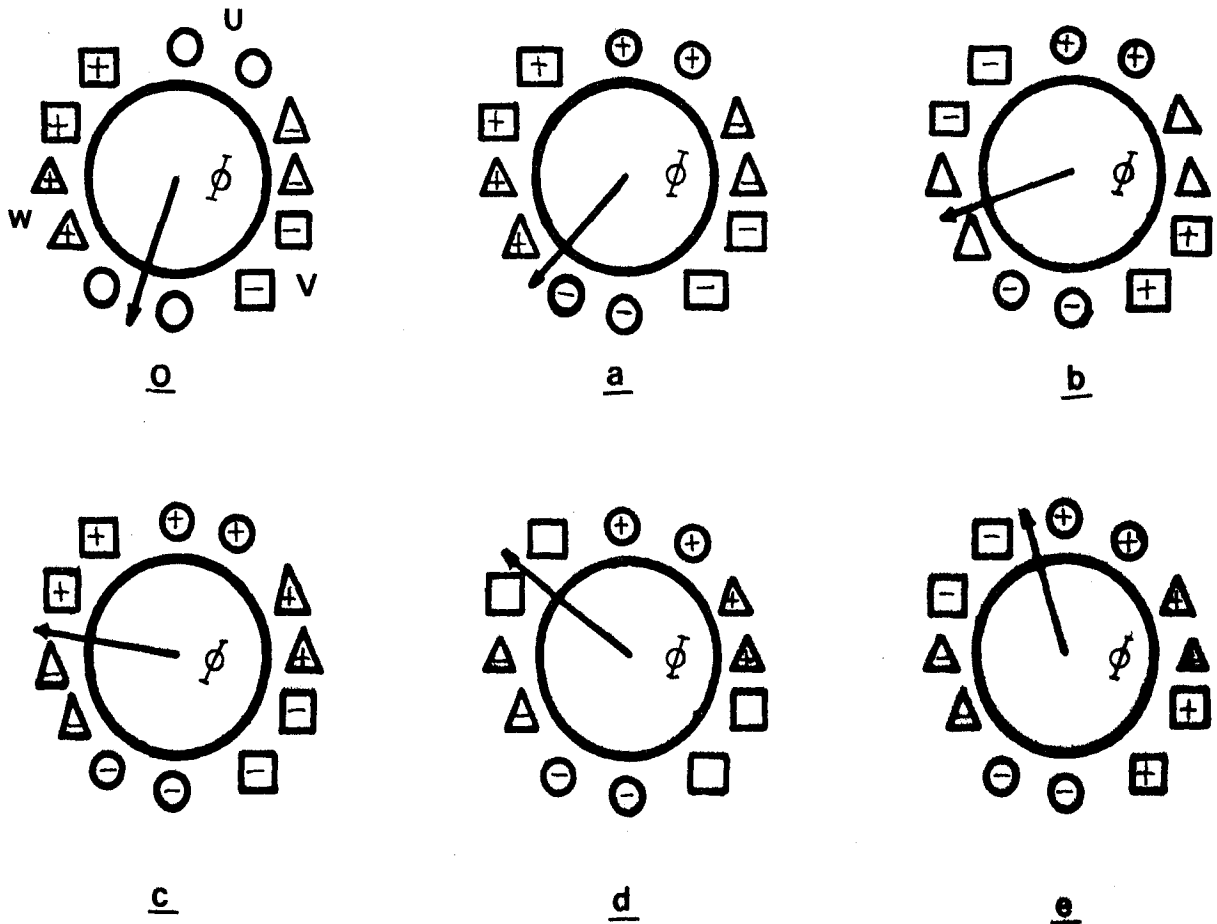
Planteamendu berdinarekin jarraituz, "a" instantean hiru faseen balioen arteko korrelazioa 16. irudian agertzen zaiguna izango da eta horren ondorioz sortzen den fluxuaren posizioa 17-a irudian adierazten dena.

Ziklo bateko instanteen azterketa orokor bat eginez gero, ziklo hori betetzen zen bitartean, $\emptyset$ fluxuak bira oso bat eman duela ohartuko gara.

Beraz, analisi honen ondoren, lehenago aipatutako eremu magnetiko birakorren teoria aski frogatua geratzen dela esango genuke.

MOTORE SINKRONOAREN ABIOA.-

Zenbait motore sinkronok zirkuitulaburreko erroto edo urtxintxa-kaiola deritzan horietakoa izaten dute. Kasu horietan, zirkuitu laguntzaile horri esker, motore sinkronoa asinkrono eran abiatuko da bere kontura eta sinkronismo-abiadura hurbiltzen denean, induktorea korrante zuzen batez elikatuz, berehala iritsiko da sinkronismo-abiadura.



17.Irudia

Beste zenbait motore sinkronok berriz, batez ere potentzi txikikoek, errotore imantatua izaten dute. Kasu hauetan ere motorea bere kontura abiatzen da zirkuitulaburrean jarritako bira baten laguntzaz.

Eta azkenez, badira beste motore sinkrono batzu, lehenengo aipatu dugunak bezala, errotorean duten zirkuitu induktorea korrante zuzen batez elikatuz poloak sortzen dituztenak, baina abiarazteko lagungarritzat urtxintxa kaiolarik ez dutenak. Era honetako motoreak abiatzeko bi bide daude:

- a) Motore asinkrono baten laguntzaz abiaraztea.
- b) Abioan, errotorean duten harilkatua zirkuitulaburrean jarri eta estatorea korrante trifasiko batez elikatu. Hone la motorea asinkrono moduan abiatuko da eta sinkronismo-abiadurara hurbiltzen denean zirkuitulaburra deskonektatu eta korrante zuzen batez elikatuko da errotorea, behala sinkronismoa lortuz.

ARIKETA:

- 1.- AL 406 makina sinkronoa erabiliko da ariketa hau egiteko.
- 2.- Makina honek urtxintxa kaiolarik ez duenez asinkrono moduan abiatu eta gero sinkronismora pasatzea posible egingo duen zirkuitua prestatu.
- 3.- Zirkuituok bi eratakoak izan daitezke: Abiatze-prozesu hori eskuz kontrolatzekoa bata; eta automatikoki egingo duena bestea. Biak diseinatu eta experimentatu.
- 4.- Errotorea zirkuitulaburtzen ez den bitartean motore hori abiarazteko inolako posibilitaterik ez dela frogatu eta horren zergatia azaldu.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T39.- MOTORE SINKRONOAREN ABIOA MOTORE ASINKRONO BATEZ LAGUNDURIK.

AZALPENA:

Lehentxoago aipatua den bezala, zenbait kasutan motore sinkronoak abiarazteko motore asinkrono baten laguntzaz baliatzen gara.

Kasu hauetan jarraitzen den metodoa honako hau izaten da:

- .- Bi motoreak enbrage baten bidez elkarrekin akoplatzen dira.
- .- Motore asinkronoa konektatzen da eta multzoa abiadura izendatura iristen denean motore "sinkronoa" konektatzen da eta asinkronoa deskonektatzen, era berean enbragea ere askatuz.
- .- Hortik aurrera motore sinkronoak bere kontura funtzionatzen du abiadura SINKRONOA emanez.

OHARRA: Abiatze-prozesu guztian makina sinkronoak alternadore eran funtzionatzen du eta beraz, lineara konektatu baino lehen behar beharrezkoa da linean eta alternadorean faseak ordena berdinean dauden egiaztatzea.

ARIKETA:

- 1.- AL 206 motore asinkronoaren laguntzaz baliatuko gara abiatze prozesuan motore sinkronoa arrastatzeko.
- 2.- AL 506 makina sinkronoa erabiliko da motore sinkrono bezala.
- 3.- AL 206 motore asinkronoa abiarazi eta bere abiadura izendatuan jarri.
- 4.- SINKRONISMO moduloaren bidez, linean eta alternadorean R,S,T faseen segida-ordena berdina den egiaztatu eta horrela ez balitz, bi fase aldatu eta berriro probatu.
- 5.- Motore sinkronoa konektatu eta gero asinkronoa deskonektatu.

6.- Kasu honetan enbragerik ez da erabiliko eta beraz behin abiatuz gero sinkronoak asinkronoa arrastatuko du.

GALDERAK:

- 1.- Zer gertatuko litzateke motore asinkronoa konektatzera-koan, honen estatoreak sortzen duen eremu magnetikoaren biraketa-norantza eta errotorearena elkarren kontrakoak balira?
- 2.- Motore sinkronoa lineara konektatzen den mementuan maki na horren abiadurak gora-behera eta oszilazio handi batzu jasaten ditu. Zergatik? Zertan datza horren azalpen zientifikoa?
- 3.- Nola konpon daiteke problema hau motore asinkronoak ematen dion abiaduratik, motore sinkronoaren sinkronismo-abiadurara leunki eta oszilazio gabe pasa dadin?

T40.- MAKINA SINKRONOAREN EZAUGARRIAK.

Makina sinkronoen ezaugarriak interesgarrienak honako hauek dira:

- a) Hutseko ezaugarria; hau da, kargarik gabe ateratzen dena.
- b) Zirkuitulaburreko ezaugarria.
- c) "V kurbak" edo MORDEYren diagrama deritzana

Lehenengo biak makina sinkronoa alternadore moduan entseiatzerakoan ezagutu ditugu. Ariketa honetan hirugarrena azaltzera eta entseiatzera pasatuko gara.

MORDEY-REN KURBAK:

AZALPENA:

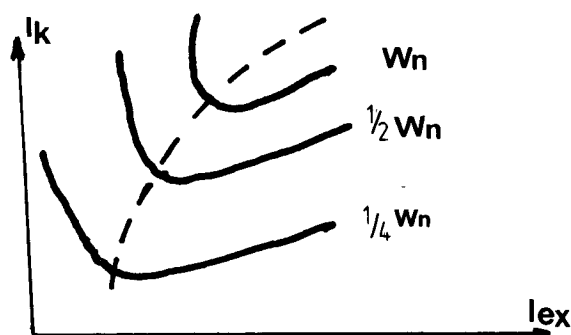
18. irudian ikus dezakegunez, kurba hauetan motore sinkronoak lineatik irensten duen Ik korrontearen balioak azaltzen dira I_{ex} exzitazio-korrontearen funtziotan; beti ere potentzia eta elikadura-tentsioa konstante mantenduz.

Normalean, motorearen ikuspegi zabal bat eduki ahal izateko, hiru edo lau kurba diferente atera ohi dira potentzia izendatuaren 1/4, 1/2, 3/4 eta 4/4 balioetarako saiakuntza osoak eginez.

18.irudian ikusten denez, kurba guztietan, karga jakin bati tokatzen zaion Ik korrontearen balio minimoa adierazten duen erpin bat agertzen da; P erpina hain zuzen ere. Erpin hauek elkartzeko dituen eta 18.irudian marratxoaz agertzen den kurbari, Zero desfasearen kurba deritzaio eta beraz berak ematen dizkigun parametroen barruan lan eginez gero, makinak sortuko lukeen desfasea zero litzatekeela esan genezake; hau da, $\cos \varphi = 1$.

Beraz kurba horrek adieraziko digu karga jakin bakoitzarekin nolako exzitazioa behar duen makinak zero desfasea lortzeko; hau da potentzi faktorean unitatea lortzeko.

Horrela izanik, marratxoz azaltzen den kurbak karga jakin batentzat adierazten diguna baino exzitazio txikiagoa ematen badiogu, makina horrek karga induktibo bezala funtzionatu du; eta alderantziz, grafikoak eskatzen duena baino exzitazio handiagoa ematen badiogu karga kapazitibo edo kon-dentsadore sinkrono bezala.



18. Irudia

ARIKETA:

- 1.- Motore sinkronoaren abioa, errotorea zirkuitulaburrean jarritz egingo da motore asinkrono moduan eta abiadura sinkronora hurbiltzean, errotorea korrante zuzen batez elikatuz sinkronismora pasako da.
- 2.- AL 406 motore sinkronoaren korrante izendaturako doitu errele termikoa.
- 3.- Motorearen karga bezala AL 506 dinamoa erabiliko da R1 erreostatoaz kargatuz.
- 4.- R1 erreostatoa erregulatuz, motoreari bere W_n potentzia izendatuaren $1/4$, $1/2$, $3/4$ eta $4/4$ potentziekin lan egi nerazi.

- 5.- R2 erreostatoaren bidez erregulatuko da motore sinkronoaren exzitazioa.
- 6.- 18, 19, 20 eta 21 tauletan ematen diren potentzia eta Iex. korrante induktoreen balioen arabera beste balioak atera eta tauletan jarri.
- 7.- Tauletan jarritako datuen arabera, MORDEYren kurbak eta zero desfasearena marraztu.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

M O T O R E A S I N K R O N O A K

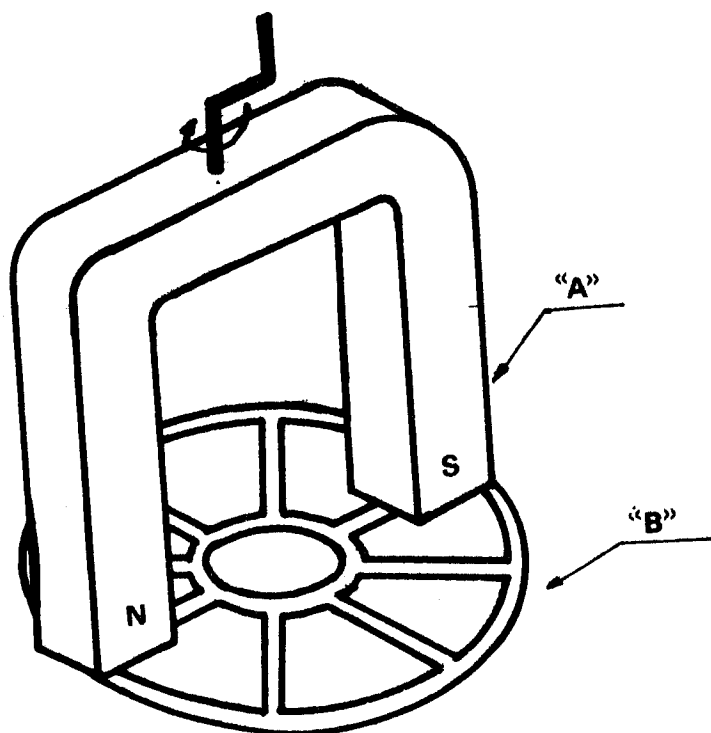
MOTORE ASINKRONOAK

AZALPENA:

Aurreko ariketetan motore sinkronoa ezagutzeko eta aztertzeke aukera izan dugu. Motore sinkronoan errotorearen eta eremu magnetiko birakorraren abiadurak berdinak direla ikusi dugu; hau da, era bat sinkronizaturik bira egiten dutela. Bestalde, motore sinkronoan bi zirkuitu ditugu: bata estatorean, korrante trifasiko batez elikatuz, eremu magnetiko birakorra sortuko duena; eta bestea errotorean, korrante zuzen batez elikatuz eremu magnetiko konstante bat sortzen duena.

Motore asinkronoan alderantziz, estatoreko zirkuitua bakarrik elikatuko da kanpotik ezarritako korrante trifasiko batez. Zirkuitu honetan, motore sinkronoetan bezala eremu magnetiko birakor bat sortuko da. Eremu birakor honen indukzio-fenomenoak eraginda, korrante bat sortuko da errotoreko zirkuituan eta korrante induzitu horren ondorioz errotoreko eremu magnetikoa sortuko da.

Teoria hau azaltzeko 18.irudian oinarrituko gara:



18. Irudia

Irudi honetan ikusten den bezala, "A" imana bere ardatzaren inguruan biraraziz eremu magnetiko birakor bat sortuko da, motore asinkronoaren estatorean korrante trifasiko bat aplikatzerakoan gertatzen den bezala. Mementu horretan "B" gurpila geldi dagoela suposatzen badugu, imanaren fluxu birakorrek gurpilaren erradioak ebakiko ditu; hau da, imanak sortzen duen fluxuaren eta gurpilaren erradioen artean higidura erlatibo bat sortzen da eta ondorio bezala indar elektroeragile induzitu bat agertuko da erradioetan.

Bestalde kontuan izan behar dugu erradiook, gurpilaren bi uztaien bidez zirkuitulaburrean elkarturik daudela eta beraz zirkuitu itxiak osotzen dituztela. Honela bada, indar elektroeragile induzitua, zirkuitu itxiotan zehar iragango den korrante bat sortaraziko du eta honen erradioen inguruan eremu magnetiko bat agertuko da.

Bi eremu magnetikoon arteko eraginak, gurpila ere imanaren norantza berdinean biraraziko duen indar bat sortuko du eroele erradioetan. Halaz ere korrante induzituak eta beraz indar birarazleok mantentzea nahi badugu, behar-beharrezkoa izango da imanaren eta gurpilaren artean mugimendu erlatibo bat mantentzea. Hori dela ta, gurpila ezingo da inoiz ere iritsi imanak adinako abiadura hartzera motore sinkronoetan gertatzen den bezala.

Imanaren eta gurpilaren arteko abiaduren diferentzia lerradura deritza eta hain zuzen ere abiadura hoiene arteko sinkronismoa posible ez delako motore hauk asinkrono izenarekin ezagutzen dira.

MOTORE ASINKRONO TRIFASIKOA:

Ikusia den bezala, 18. irudiak motore asinkrono baten funtzionamenduaren itxura egiten du.

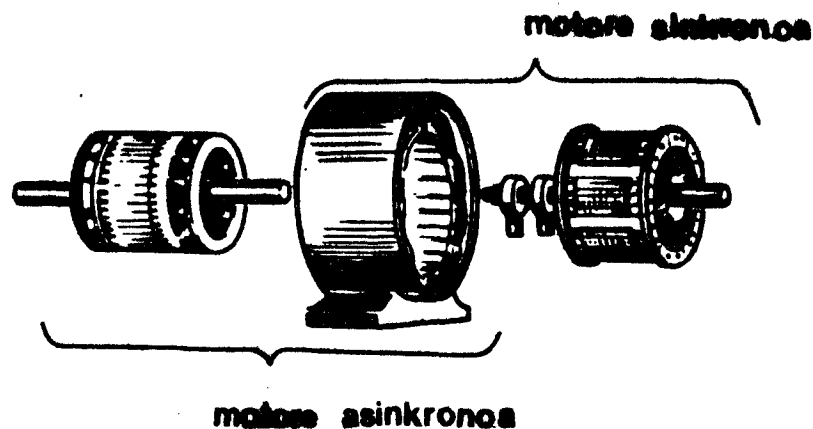
Ikus dezagun orain motore asinkrono industrial bat nola eginda dagoen, zer zirkuitu dituen eta abar.

Motore asinkrono batean bereiz ditzakegun parterik garrantzitsuenak honako hauek dira:

ESTATOREA: 19.Irudian ikus dezakegunez, motore asinkronoaren eta sinkronoaren estatoreak berdinak dira.

120° desfasaturik dauden hiru harilkatuk osotzen dute estatoreko zirkuitua. Zirkuitu hau korrante trifasiko batez elikatua izango da eta lehen aipaturiko eremu magnetiko birakorra sortuko du; hitz batez esanda, 18.irudiko "A" imana birarazterakoan sortzen zuen efektu berdina sortuko du.

Beraz estatoreak, nahiz eta mekanikoki geldi egon, magnetikoki, biraka balebil bezalako efektua sortzen du.



19.Irudia

ERROTOREA: Estatorearekin gertatzen denaren alderantziz, motore sinkronoaren eta asinkronoaren errotoreak erabat desberdinak dira.

Motore sinkronoaren kasuan, errotoreko zirkuitua kanpotik ezarritako korrante zuzen batez elikatu behar da poloak sortzeko.

Motore asinkronoaren errotoreak ez du kanpotik inolako elikadurarik hartzen; elektrikoki, ez du beste zirkuituekin inolako loturarik.

Motore asinkronoaren kasuan, 18.irudiko gurpilean bezala, bira itxiek osotzen dute errotoreko zirkuitua. Estatoreko eremu birakorren eraginez, errotoreko bira itxietan indar elektroeragile bat induzitzen da. Beraz, errotoreko zirkuituak indukzio bidez hartzen du bere poloak sortzeko beharrezkoa duen korrontea.

19.eta 20.irudietan ikus dezakegunez motore asinkronoaren errotorea oso sinplea eta fabrikatzen errazadenez, motore hauek sinkronoak baino askoz merkeagoak dira. Beraz, beste arrazoi batzuren artean, horrexegatik gaur egun industrian gehien erabiltzen den motore-klasea asinkronoa dugu.

Motore asinkronoen errotoreak bi era hauetakoak izan daitezke:

Urtxintxa-kaiola erara egindako errotorea.-

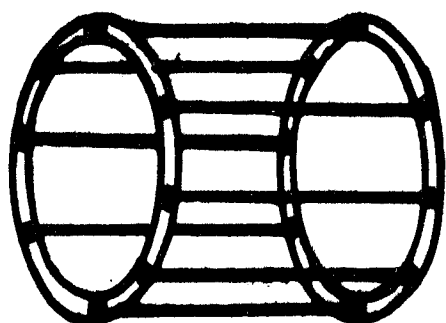
20-a. irudian ikus daitekeenez errotore-mota honek bere barnean daraman zirkuituak urtxintxa-kaiola baten itxura du eta horregatik du izen hori. Ikusten den bezala, "u" uztaiekin uztarturik dauden "b" barratxoek osatzen dute errotorearen zirkuitu elektrikoa; non, uztaiekin zirkuitulaburrean jarritako zirkuitu itxiak sortzen diren. Beraz, zirkuitu hau, 18. irudiko gurpilean sortzen denarekin konpara genezake.

Motore asinkrono txiki eta ertainek era honetako errotorea izaten dute.

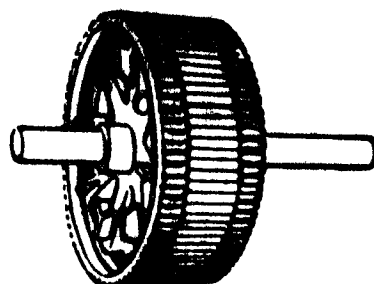
Urtxintxa-kaiola delako zirkuitu hori errotorearen nukleo magnetikoak inguratzen du 20-b irudian agertzen den itxura konpaktoa hartuz.

Errotore harilkatuak.-

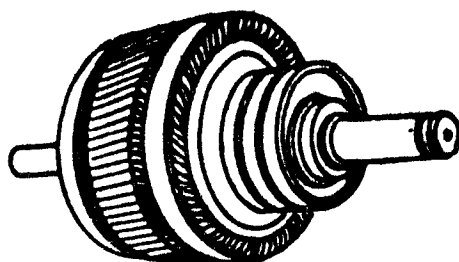
Normalean potentzia handiko motore asinkrono trifasikoek eramaten dute errotore-mota hau.



a) Urtxintxa kaiola



b) Urtxintxa-kaioladun errorea

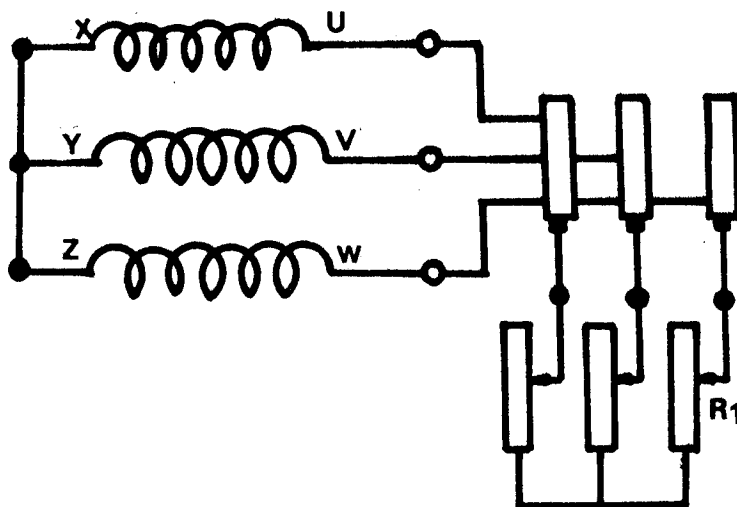


c) Errore harilkatua

20.Irudia

Kasu honetan, urtxintxa-kaiolaren ordez, estatorekoaren antzerako harilkatu trifasiko batek osotzen du erroretoko zirkuitua.

Normalean, harilkatu trifasiko hori izarrean konektatuko da erroretorearen barnean; U,V eta W, ikatz batzuren bidez kanpoko bornetara ateratzen direlarik (ikus 21.Irudia).



21.Irudia

Irudi honetan ikusten den bezala, errotoreren U,V eta W bornak kanpoko erreostato trifasiko batera konektatzen dira eta hau ere izarrean konektatua aurkitzen denez, zirkuitu itxi bat osatzen da. Motorea abiatzerakoan erreostato hau bere balio maximoan jarriko da, horrela abioko korrontea mugatzen delarik. Motorea poliki-poliki abiatuko da eta abiadura gehituz doan araberaren erreostatoaren balioa gutxituz joango gara azkenean zirkuitulaburrean jarritz.

MOTORE ASINKRONOAREN ABIADURA.-

Motore asinkronoaren abiadura, ondoko formula honetan ikusten denez, motorea elikatzen duen korrontearen maiztasunak eta motorearen beraren polo-kopuruak mugatzen eta baldintzatzen dute:

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} \text{ , non, } f = \text{korrontearen maiztasuna}$$

p = motorearen polo-pareen kopurua.

$$n_s = \text{sinkronismo-abiadura b/min tan}$$

Nolanahi ere, lehen aipatu teoria kontuan izanik, lerradura bat nahitaezkoa izango da eta beraz errotorearen abiadura erreala sinkronismokoa baino txikiagoa izango da.

Lerraduraren kontzeptua ondorengo erlazio honek azaltzen diguna da eta lerradura erlatibea deritza:

$$g = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

ZENBAIT ABIADURATAKO MOTOREAK.-

Estatoreko harilkatuak sortzen duen polo-kopurua aldatuz, posible da motore bakar batean abiadura bat baino gehiago lortzea. Normalean urtxintxa-kaioladun errotorea duten motoreentzat erabiltzen da metodo hau. Errotore harilkatuko motoreetan ere posible litzateke berez, baina konplikatu egia gertatzen delako ez da erabiltzen.

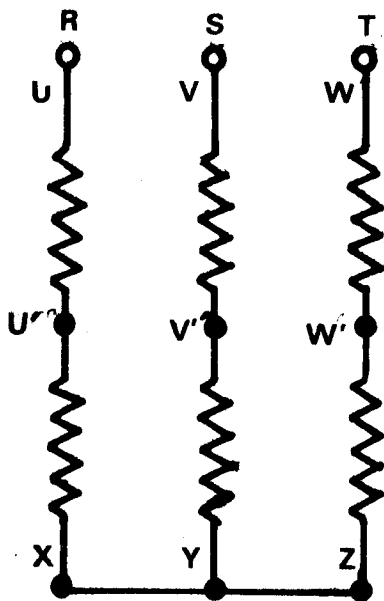
Motore batean bi abiadura lortzeko bi era desberdin daude:

Dahlander sistema.- Sistema honetan, 22 eta 23.irudietan ikus dezakegunez, motorearen harilkatuak bi zati berdinetan bananduta aurkitzen dira.

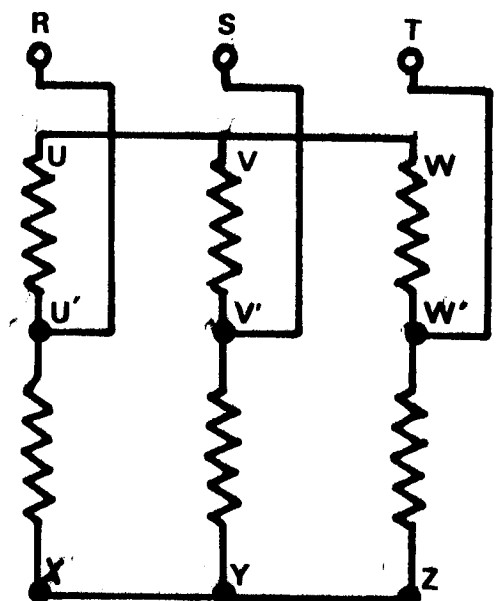
22.Irudian ikusten den eran konektaturik, abiadura txikiagoa emango du motoreak.

Bestalde, 23.irudian agertzen den eran konektaturik, bi bider abiadura handiagoa emango du.

Beraz, sistema honek 2/1 erlazioa duten abiadurak lortzeko balioko du bakarrik.



22.Irudia



23.Irudia

Harilkatu independentezko sistema.-

Kasu honetan, egitura mekaniko bakar baten barnean bi motore independente ditugula esan genezake; hau da, motorearen barnean bi harilkatu independente jartzen dira, bakoitza abiadura jakin baterako kalkulaturik.

Sistema honek ez du aurrekoak zuen mugapenik eta zernahi abiadura lor daiteke, bi, hiru nahiz lau abiadura duten motoreak fabrikatzeko posibilitatea ematen duelarik.

Era berean, bi harilkatu independente dituen motore batean harilkatu bakoitza Dahlander eran jarritz, lau abiadurako motore bat lortuko da.

MOTORE ASINKRONOEN ABIOA.-

Lehendik aipatua den bezala, motore asinkronoak bi era takoak izan daitezke: urtxintxa-kaioladun errotorea dutenak eta errotore harilkatua dutenak.

Kasu bakoitzean motorea abiatzeko metodoak ere desberdinak dira.

Errotore harilkatuko motoreak.-

Errotore-mota hauek estudiantzerakoan azaldu den bezala, errotorearekin jarraian erreostato trifasiko bat jarritz abiatuko dira. Motorea abiadura gehituz doan arabera erreostatoa kenduz joango gara eta motorea abiadura izendatura iristen denean erreostatoa zirkuitulaburrean jarriko dugu.

Urtxintxa-kaioladun errotorea daramaten motoreak.-

Motore hauek abiarazteko modu desberdinak daude:

- .- Potentzia txikikoak: Potentzia txikikoak direnean zuzenean konektatzen dira lineara.

- .- Potentzia handikoak.-

- Estatorearekin jarraian erreostato trifasikoa jarritz.

- Estatorearekin jarraian autotransformadore trifasiko bat jarritz eta honekin estatorera iristen den tentsioa pixkanaka erregulatuz.
Autotransformadore honek, erreostatoaren eginkizun bera betetzen du, baina kasu honetan ez dira erreostatoan sortzen diren potentzi galerak sortzen.
- Motorea izarrean abiaraziz eta abiadura izendaturara hurbiltzen denean triangelura pasatuz.

Honela $I \lambda = \frac{I \Delta}{\sqrt{3}}$

T41.- MOTORE ASINKRONOAREN ABIADURA-ALDAKETA.

AZALPENA:

$n = \frac{f \cdot 60}{p}$ formula kontuan izanik, polo-kopuru jakin bat duen motore baten abiadura alda dezakeen faktore bakarra, motore hori elikatzen duen korrontearen maiztasuna da.

Normalean motoreak maiztasun jakin baterako eginak izaten dira eta beraz maiztasun horrekin emango dute errendimendu rik hoberena.

ARIKETA:

- 1.- Alecoop etxearen AL 506 korronte zuzeneko motorea erabiliko da alternadoreari eragiteko. Motore honen abiadura aldatuz, alternadorearena ere aldatu egingo da eta ondorio bezala alternadoreak ematen duen korrontearen maiztasuna ere bai.
- 2.- Alternadorearen karga bezala urtxintxa-kaioladun motore asinkrono bat erabiliko da. Horrela, alternadorearen maiztasuna aldatuz, motore asinkronoaren abiadura ere aldatu egingo da.
- 3.- Saiakuntza hau posible egingo duen zirkuitua diseinatze rakoan, kontuan izan elementu bakoitzaren segurtasun-sistemak.
- 4.- Motore horren $n = f(fr.)$ grafikoa atera.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T42.- MOTORE ASINKRONOAREN HUTSEKO EZAUGARRIAK.

AZALPENA:

Saiakuntza honen bidez motoreak hutsean ematen duen potentzi faktorea eta motorearen potentzi galera konstante edo mekanikoak kalkulatzeko dira.

Parametro hauek motorearen ezaugarritzat hartzen dira eta oso garrantzitsuak dira hauek ezagutzea motoreak karga jakin batekin emango duen errendimendua kalkulatzeko.

Motorea kargarik gabe ari denean, bere barnean emango diren potentzi galera aldakor edo elektrikoaren balioa honako formula honek ematen digu $P_{ge} = 3 \cdot r_f \cdot I_f^2$ eta beraz, hutsean I_f oso txikia denez, potentzi galera elektrikoak ere txikiak izango dira galera mekanikoekin konparatuz.

Saiakuntza honetan makina inolako kargarik gabe ari denez, ez du kanpora potentzia erabilgarririk ematen eta egoera horretan kontsumitzen duen potentziak barneko potentzi galera orokorren balioa adierazten digu.

Nahiz eta potentzi galera elektrikoek oso balio desberdinak hartzen dituzten kargaren arabera, potentzi galera mekanikoek balio konstantea dute makina jakin bakoitzarentzat, abiadura konstante mantentzen den bitartean.

Beraz saiakuntza hau egiteko muntatzen den zirkuituan jartzen den wattmetroak, motoreak hutsean dituen potentzi galera orokorren balioa adieraziko digu eta honetatik, ondoko formula honen arabera motorearen potentzi galera mekaniko edo konstanteen balioa aterako da:

$$P_{gm} = P_{ho} - 3 \cdot r_f \cdot I_f^2$$

ARIKETA:

- 1.- Saikauntza hau egiteko beharrezkoa den zirkuitua diseinatu.

- 2.- Motoreak kargarik gabe kontsumitzen duen potentzia, intentsitatea eta potentzi faktorearen balioak neurtu eta 23.Taulan jarri.
- 3.- Aurreko datuen arabera, motorearen potentzi galera e-lektriko eta mekanikoen balioak atera eta 23.Taulan jarri.
- 4.- Potentzi galera konstanteei dagokien portzentaia kalkulatu eta motorea hutsean ari denean potentzi galera e-lektrikoak gutxietsi daitezkeen ala ez deduzitu.

23.TAULA

P_{ho}		P_{ge}	
I_{fo}		P_{gm}	
$\cos \varphi$			

T43.- MOTORE ASINKRONOAREN KARGAKO EZAUGARRIAK (KARGA BAT EZA-
RRIZ).

AZALPENA:

Saiakuntza hau egiterakoan, motorearen karga bezala, exzitzazio independenteko dinamo bat erabiliko da eta honek karga erresistibo aldakor bat elikatuko du. Mementuoro motoreak ematen duen potentzia mekanikoaren balioa eta dinamoak irensten duen potentzia orokorra berdinak izango dira eta honako ekuazio honen bidez azaltzen dira:

$$P_{me} = P_{h_d} = V_{b_d} \cdot I_{k_d} + P_{ge_d} + P_{gm_d}$$

P_{me} = Motorearen potentzia mekaniko erabilgarria.

P_{h_d} = Dinamoak hartzen duen potentzia mekaniko orokorra.

V_{b_d} = Dinamoaren bornetako tentsioa.

I_{k_d} = Dinamoaren karga-korrontea.

P_{ge_d} = Dinamoaren potentzia galera elektrikoak.

P_{gm_d} = Dinamoaren potentzia galera mekanikoak.

Beraz motoreak ematen duen momentu eragilea eta dinamoak ezartzen dion momentu eragozlea berdinak izango dira:

$$T_{er} = T_{ez} = \frac{P_{h_d} \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{V_{b_d} \cdot I_{k_d} + P_{ge_d} + P_{gm_d} \cdot 60}{2 \pi n}$$

$$\underline{\underline{n = b/min}}$$

Ikusten denez, saiakuntza honetan, motorearen momentu eragilea dinamoaren bitartez eta beraz zeharka ateratzen da. Horregatik, sistema honek ez du doitasun handiegirik eskaintzen.

Bestalde sistema hau erabiliz makinaren ezaugarriaren alderdi egonkorra bakarrik ateratzen da eta ez da posible makinaren abiako momentua kalkulatzeari; zeren eta motorean $n = 0$ denean dinamoak ezin du indar elektroeragilerik induzitu eta beraz une horretan ezartzen duen momentu eragozlea potentzi galera mekaniko edo konstanteei dagokiena da eta

beraz osc txikia.

Horregatik, gaur egun, motoreen kargako ezaugarria atera tzeko metodo zuzenak erabili ohi dira. Metodo hauetan moto reari karga ezartzeko balazta magnetikoak erabili ohi dira. Balazta horren harilkatua, korrante zuzen batez elikatuz eta korrante hori erregulatuz, balaztak ezartzen duen mo mentu eragozlea erregulatzen da.

Extentsometriaren printzipioetan oinarritutako detekto rez osaturiko "Wheatstone" zubi batek, balaztaren momentu eragozlea korrante elektriko proportzional bihurtuko du eta horretarako prestatuak dauden neurgailu batek korrante hori neurtuko du momentu eragilearen balioa zuzenean emate ko.

Saiakuntza honetan bi sistemok erabiliko ditugu, gero elka rrekin konparatu eta bakoitzak bere ondorioak atera ditzan.

ARIKETA:

- 1.- Beharrezkoak diren segurtasun-sistemak kontuan izanik, saiakuntza honetan, azaldutako teoria experimentatzea posible egingo duen zirkuitua diseinatu.
- 2.- AL 206 motorea erabiliko da motore asinkrono bezala.
- 3.- Exzitazio independentea duen AL 506 dinamo jarriko da motorearen karga bezala. Dinamoak R1 erreostatoa elika tuko du karga erregulagarri bezala.
- 4.- 23. ariketan egin den era berean dinamoaren $P_{gm} = f(n)$ ezaugarria atera.
- 5.- 24. Taulan ematen diren I_m motoreak kontsumitzen duen korrantearen balioen arabera beste parametro guztiak atera eta taulan jarri.
- 6.- Ondorengo kurbok marraztu grafiko bakar batean:

$$P_{hm} = f(Pe_m)$$

$$T_m = f(Pe_m)$$

$$n = f(Pe_m)$$

7.- Beste grafiko batean marraztuko dira beste kurbok:

$$I_m = f(Pe_m)$$

$$M = f(Pe_m)$$

8.- Hirugarren grafiko batean ondorengo beste kurbok marraztu:

$$T_m = f(n)$$

$$I_m = f(n)$$

9.- Kontuan izan errele termikoa motorearen korrante maximoarako doituta jartzea.

10.- Balazta magnetikoarekin momentu eragilea neurtu eta zeharkako sistemaz ateratakoarekin konparatu.

24.TAULA

I_m	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
n											
Ph_m											
$\cos \varphi$											
Ik_d											
Vb_d											
Pgm_d											
Pge_d											
$Ph_d = Pe_m$											
$T_m = \frac{Pe_m \cdot 60}{2\pi n}$											
$M = \frac{Pe_m}{Ph_m}$											

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T44.- ERROTORE HARILKATUKO MOTORE ASINKRONOEN ABIOA.

AZALPENA:

Aurreko kapitulu batean azaldu den bezala, bi eratako motore asinkronoak daude:

- Urtxintxa-kaioladun errotorea dutenak.
- Errotore harilkatua dutenak.

Azken hauek abiarazteko prozesua konplikatuxeagoa da beste ena baino. 21 irudiarekin eman den azalpenean ikusia dugun bezala, errotoreko zirkuituaren U,V eta W bornak kanpoko erreostato trifasiko batera konektatu behar dira. Erreostato honen funtzioa, abioan errotoreko intentsitatea mugatzea da. Horrela motoreak abioan kontsumitzen duen korrontea mugatuta gelditzen da eta abiadura handitu ala pixkanaka erreostatoa ere kenduz joango gara azkenean zirkuitulaburrean jarritz.

Aipaturiko prozesu hau eskuz nahiz automatikoki egin daiteke.

Dena den, nahiz eta motore-mota honek abantail garrantzitsuak izan beste motoreekiko, askoz ere garestiagoa denez, potentzia handiak behar diren kasuetan bakarrik erabiliko da.

ARIKETA:

- 1.- Errotore harilaktuko "Alecoop" etxearen AL 306 motore erabiliko da saiakuntza hau egiteko.
- 2.- Motorearen karga bezala AL 506 dinamoa erabiliko da R_2 erreostatoa elikatzen duelarik.
- 3.- R_1 erreostato trifasikoa erabiliko da abioan errotoreko intentsitatea erregulatzeko.
- 4.- R_1 erreostatoaren balioak makinaren momentu eragilean duen eragina ikusi eta horren zergatia aztertu.

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T45.- MAIZTASUN-BIHURTZAILEAK.

AZALPENA:

Industriako zenbait aplikazio berezitan, linea orokorreko maiztasun arrunta baino handiagoa ala txikiagoa behar izaten da.

Problema hau, 3.000 b/min baino abiadura handiagoa eman behar duten motore asinkronoak erabiltzen ditugunean sortzen da bereziki.

Beraz, maiztasun-bihurtzailearen zeregina honako hau izango da: linea orokorretik hartzen duen korrontea, maiztasun handiago ala txikiagoko beste korronte bat bihurtzea.

Haril batean indusitzen den korrontearen maiztasuna, hari-laren eta eremu magnetikoaren arteko abiadura erlatiboaren funtziotan dago.

Alternadore normalean indusitua estatorean egon ohi da eta poloak izaten dira, errotorean daudenez, birakorrak.

Beraz kasu honetan, $f = \frac{p \cdot n}{60}$ formularen arabera, makinen polo pareen kopurua eta errotorearen abiadura izango dira alternadorean sortzen den korrontearen maiztasuna baldintzatzen dutenak.

Eman dezagun orain indusitua eta induktorea biak birarazten ditugula. Bi kasu desberdin eman daitezke:

A) Biak norantza berdinean biraraztea.- Kasu honetan abiadura erlatiboaren balioa honako ekuazio honen arabera izango da:

$$n_e = n_1 - n_2, \quad \text{non,}$$

n_e = Abiadura erlatiboa

n_1 = Errotorearen abiadura.

n_2 = Indusituaren abiadura.

B) Biak elkarren kontrako norantzan biraraztea.- Bigarren kasu honetan abiadura erlatiboaren balioanbeste hau izango da:

$$n_e = n_1 + n_2$$

Bi kasuok kontutan harturik, makina horretan, sortzen den korrontearen maiztasunak har ditzakeen balioak honako formula honek emango dizkigu:

$$f = \frac{p \cdot (n_1 \pm n_2)}{60}$$

Azter dezagun orain errore harilkatuko motore asinkronoaren funtzionamendua maiztasun bihurtzaile bezala. (Ikus 24.irudia).

M_2 motorearen errorea geldi mantenduz, estatoreko zirkuitua f_1 maiztasuneko korronte batez elikatzen badugu, zirkuitu horrek eremu magnetiko birakor bat sortuko du eta beraz, estatorea nahiz eta mekanikoki geldi egon n_1 abiadurarekin biraka balebil bezalaxe da

$$n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p} \quad \text{delarik.}$$

Beraz, kasu honetan errorea geldi dagoenez, transformadore baten sekundarioa balitz bezala jokutzen du eta bertan induzituko den korrontearen maiztasuna honako hau litzateke:

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n_2)}{60} = \frac{p(n_1 - 0)}{60} = \frac{p \cdot n_1}{60}$$

Kasu honetan erroretan induzitzen den korrontearen maiztasuna eta estatoreko korrontearena berdina dira:

$$f_1 = f_2$$

Bigarren kasua.- Eman dezagun orain M_1 motoreaz M_2 motorearen errorea higierazten dugula eremu magnetiko birakorren abiadura eta norantza berdinean. Kasu honetan $n_1 = n_2$ denez eta bestalde biak norantza berdinean higitzen direnez, higidura erlatiboaren balioa zero izango da

eta beraz errotorean ez da inolako korronterik indusituko.

Hirugarren kasua.- M_2 motorearen errotorea eremu birakor $\underline{ra}$ ren norantza berdinean baina abiadura diferentez biraraz- ten badugu, higidura erlatibo bat sortzen da eta beraz e- rrotorean indusituko den korrontearen maiztasuna honako formula honek adierazten duena izango da:

$$f_2 = \frac{p \cdot (n_1 - n_2)}{60} \quad \text{eta ondorio bezala,}$$
$$\underline{\underline{f_2 < f_1}}$$

Laugarren kasua.- M_2 motorearen errotorea eremu birakor $\underline{ra}$ ren kontrako norantzan eta abiadura diferentez birarazten badugu, jatorrizkoa baino handiagoak diren maiztasunak lortu ahal izango ditugu:

$$f_2 = \frac{p \cdot (n_1 - n_2)}{60} ; \text{ beraz, } \underline{\underline{f_2 > f_1}}$$

ARIKETA:

- 1.- Azaldutako teoria guztia frogatzea posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu, sistemaren segurtasune- rako beharrezkoak diren elementuak ahaztu gabe.
- 2.- Errotore harilkatua duen motore bat erabiliko da maiz- tasun-bihurtzaile bezala.
- 3.- Maiztasun-bihurtzailea birarazteko, korronte zuzeneko motore bat erabiliko da.
- 4.- R_1 erreostatoaren bidez erregulatuko da korronte zuze- neko motorearen abiadura.
- 5.- Osziloskopio baten bitartez, jatorrizko tentsio eta maiztasunaren eta errotorean indusitzen denaren arteko erlazioa analisatu korronte zuzeneko motoreak damaion n_2 abiaduraren balio bakoitzerako.
- 6.- Osziloskopioan analisatutako grafikook paper milimetra- tura pasatu abiaduraren balio konkretuekin erlazona- tuz.

T46.- ERROTORE HARILKATUKO MOTORE ASINKRONOEN HUTSEKO SAIKUNTZA.

AZALPENA:

Motorearen potentzi galera mekanikoak eta hutseko potentzi faktorea kalkulatzeko egiten da saiakuntza hau bati-pat.

Behar-beharrezkoa zaigu datu hauek ezagutzea gero motorearen errendimendua kalkulatu ahal izateko.

ARIKETA:

- 1.- Errotoreko erresistentziak deskonektatuz eta erroto-rea blokeatuta mantenduz, induzituaren bornetako tentsioa neurtu.
- 2.- Induktore eta induzituaren arteko transformazio-erlazioa kalkulatu.
- 3.- Errotoreko erresistentziak konektatuz motorea abiarazi eta errotoreko zirkuituan amperemetro bat jarritz induzituko korrontea neurtu.
- 4.- Induzituko korronte horren arabera, motore kargarik gabe ari den une horretan ematen den lerraduraren balioa atera.
- 5.- 25.Taulan eskatzen diren balioak neurtu eta bertan jarri.
- 6.- Potentzi galera konstanteei dagokien portzentaia kalkulatu eta motore hutsean ari denean potentzi galera elektrikoak gutxietsi daitezkeen ala ez esan.

25.TAULA

P_{to}	
I_{fo}	
$\cos \phi_o$	

T47.- ERROTORE HARILKATUKO MOTORE ASINKRONOAREN EZAUGARRIAK KARGAN.

AZALPENA:

T43. ariketan bezala, hemen ere AL 506 dinamo erabiliko da motorearen karga bezala. Dinamo honek R_1 erreostatoa e likatuko du karga erregulagarri bezala.

Beraz, T43. ariketan azaldutako printzipio eta erizpide berdinak erabiliko dira saiakuntza hau egiterakoan ere: motoreak bere ardatzean ematen duen potentzia eta dinamoak berean hartzen duena berdinak izango dira:

$$P_{em} = P_{hd} = Vb_d \cdot Ik_d + P_{ged} + P_{gmd}$$

ARIKETA:

- 1.- Beharrezkoak diren segurtasun-sistemak kontuan izanik saiakuntza hau egiteko behar den zirkuituaren eskema prestatu.
- 2.- Dinamoaren potentzi galera mekanikoak aurreko ariketa batean kalkulatuta daudela kontuan izan.
- 3.- 26.Taulan ematen diren Im korrontearen balioen arabera beste parametro guztiak atera eta taulan jarri.
 Im = Motoreak lineatik kontsumitzen duen korrontea.
- 4.- R_2 erreostato trifasikoa erabiliko da errotoreko erreostato bezala.
- 5.- Saiakuntza osoa egin R_2 erreostatoaren balio hauentzat:

$$R = 0$$

$$R = 25 \text{ ohm.}$$

- 6.- R_2 erreostatoaren bi balioei dagozkien ondorengo kur-bok marraztu grafiko bakar batean:

$$n = f(P_{em})$$

$$Im = f(P_{em})$$

$$\mu = f(P_{em})$$

MOTORE ASINKRONO

MONOFASIKOAK

MOTORE ASINKRONO MONOFASIKOAK

AZALPENA:

Orain arte ikusi ditugun motoreak trifasikoak izan dira eta beraz korrante trifasiko bat behar dute nahitaez elikatzeke.

Halaz ere korrante-sistema guztiak ez dira trifasikoak. Batez ere etxe bizitzetako elikasareak monofasikoak izan ohi dira. Hori dela ta, eta batez ere gaur egun energia elektrikoak etxeko zerbitzuetan duen inportantziak bultzatu du motore monofasikoen garapena.

Horrela izanik ere, kontuan izan behar da motore monofasikoen errendimendua trifasikoena baino askoz txikiagoa dela eta beraz sare trifasikorik ez denean bakarrik erabiliko direla.

Motore monofasikoen alorrean era askotakoak badaude ere, hiru talde nagusitan bereiz genitzake:

- a) Motorea abiarazteko harilkatu laguntzaile bat daramatenak.
- b) Motorea abiarazteko zirkuitulaburrean jarritako espira bat daramatenak.
- c) Motore unibertsalak.

Azken hauek, izatez, korrante zuzeneko serie motoreak dira eta korrante zuzenez nahiz alerno monofasikoz elikatzeke gai dira. Korrante zuzeneko motoreak estudiantzerakoan ikusi da motore-mota hau eta beraz ez gara hemen gehiago luzatuko.

Harilkatu laguntzailea duten motore monofasikoak.-

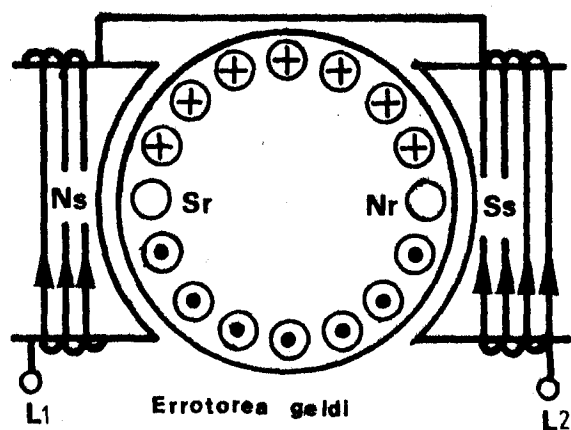
Motore trifasikoen teeria azaltzerakoan ikusi dugu, hauen funtzionamendua, estatoreko eremu magnetiko birakorrak errotoreko eroaleetan sortzen duen eraginean oinarritzen dela. Horregatik, behar-beharrezkoa izango da eremu birakorra errotorean biraketa-momentu bat sortuko bada.

Motore trifasikoetan, motorearen beraren egiturak eta elikatzen duen sistema trifasikoaren izaerak egiten dute posible eremu bi-
rakor hori.

Motore monofasikoetan, aldiz, 24.irudian ikus dezakegunez, sistema monofasiko batek elikatzen duen harilkatu bakar bat dugu estatorean. Beraz, harilkatu hori elikatzen duen korrontea alternoa denez, berak sortzen duen fluxua ere alternoa izango da; hau da, bere balioa eta norantza aldatu egingo dira denborarekiko, baina ez bere norabidea. Hitz batez, fluxu hori aldakorra izango da baina ez birakorra.

Egoera horretan errotoreko zirkuituan induzituko den korrontea-
ren norantza eta korronte horrek bere inguruan sortuko duen ere-
mu magnetikoarena 24.irudian agertzen direnak dira hain zuzen
ere.

Beraz, estatoreko eta errotoreko fluxuak elkarren kontrakoak di
ra eta norabide berdinekoak. Ondorio bezala, bi eremu magnetiko
on artean sortzen den erakarpen-indarraren bektorea, errotorea-
ren ardatzetik pasatzen da hain zuzen eta ez du inolako birake-
ta-momenturik sortuko. Horrela izanik, errotorea posizio horre-
tan mantenduko da eta ez du birarik egingo.



24. Irudia

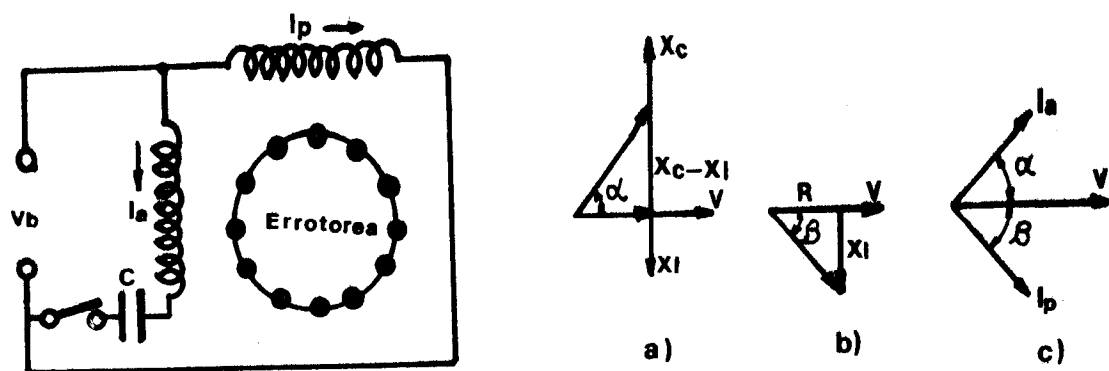
Azaldutako guztiaren arabera, motore monofasikoa ez da gai bera bakarrik biraka hasteko. Halaz ere, kanpotik errotorea mugituko duen indar bat ezartzen badiogu, eskuz adibidez, errotoreko flu-

Harilkatua bifasikoa bait da, elikatzen duen sistemak ere bifa-
sikoa izan beharko luke, baina monofasikoa denez, I_p eta I_a el-
karrekin 90° inguru desfasatzen dira modu artifizial batez.

Desfase hori lortzeko bi metodo desberdin daude:

Kondentsadore bidezko abioa.-

Kasu honetan, 26.irudian ikus daitekeen bezala, harilkatu lagun-
tzailearekin serien kondentsadore bat jartzen da. Kondentsadorea
ren balioa bere erreaktantzia harilkatu laguntzailearena bai-
no askoz ere handiagoa izan dadin kalkulatu dago. Horrela,
26-b irudian adierazten den bezala, harilkatu laguntzailetik pa-
satzen den I_a korrontea α angeluaz aurreratuko da tentsiorekiko.



26. Irudia

Bestalde harilkatu nagusiaren induktantzia bertatik igarotzen
den I_p korrontea, tentsioarekin β angelua atzeraturik gerta da-
din kalkulatu dago; ikus 26-c irudia. Beraz, azkenean estatore-
reko bi harilkatuetatik pasatzen diren bi korronteak elkarrekin
 90° inguru desfasaturik geratzen dira, 26-d irudian ikus deza-
kegun bezala, eta errealtatean, artifizialki bada ere, bifasiko
bezala funtzionatzen du motore honek eremu birakor bat sortuz
eta beste laguntza gabe abiatuz.

Abiatuz gero, kasurik gehienetan, harilkatu laguntzailea deskonektatu egiten da, horretarako sistema automatiko batez baliatuz, eta hortik aurrera harilkatu nagusiaz bakarrik funtzionatzen du motoreak.

Erresistentzia bidezko abioa.-

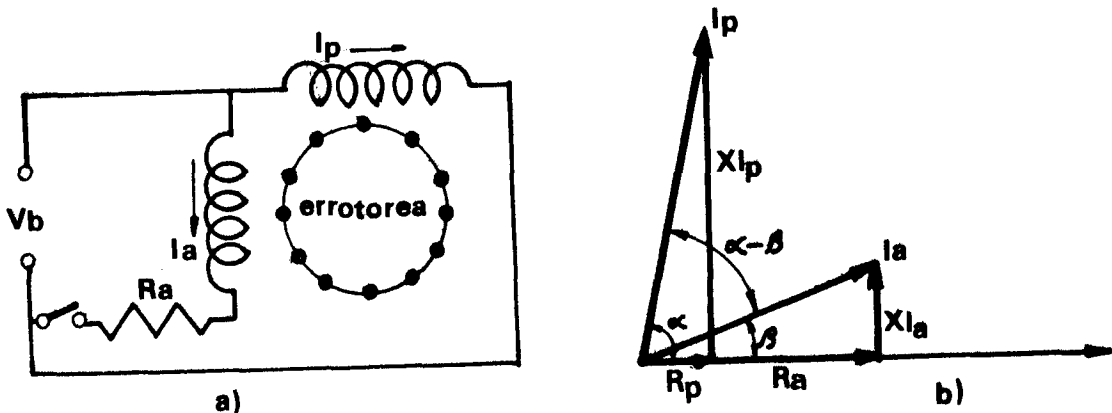
Motore monofasikoak automatikoki abiarazteko beste bide bat harilkatu laguntzailearekin serien erresistentzia bat jarritz egiten dena da.

Kasu honetan, aurrekoan bezala, estatoreko harilkatu bi zatitan banatuta dago 27.irudian ikus daitekeen bezala.

Sistema hau erabiltzen denean, harilkatu nagusiak inductantzia handia eta erresistentzia txikia izan dezan kalkulatu da. Harilkatu laguntzaileak alderantziz, erresistentzia handia eta inductantzia txikia izango du. Beraz, harilkatu nagusitik pasatzen den I_p korronteak desfase handiagoa izango du tentsioarekiko, harilkatu laguntzailetik pasatzen denak baino. Ondorio bezala, bi korronteok elkarrekin $\alpha-\beta$ angelua desfasaturik gertatuko dira.

Kasu honetan, 27-b indurian adierazten den bezala, bi korronteon arteko desfasea aurrekoan baino askoz txikiagoa izango da eta beraz sistema honen bidez lortzen den biraketa-momentua ere murriztagoa. Halaz ere, gehientsuenetan aski izan ohi da errotoea biraka jartzeko.

Hemen ere motorea abiatuz gero harilkatu laguntzailea deskonektatu egiten da.



T48.- MOTORE ASINKRONO MONOFASIKOAREN ABIOA.-

AZALPENA:

Motore monofasikoaren abio automatikoa posible izango bada estatoreko bi harilkatuak batera elikatu beharko dira.

ARIKETA:

- 1.- Alecoop etxearen AL 106 motore monofasikoa nahiz beste bat erabil daiteke ariketa honetarako.
- 2.- Motore trifasikoetan bezala, kontaktore bitartez elikatuko da motore monofasikoa.
- 3.- Motoreen instalazioetan ohizkoak diren segurtasun-sistemak kontuan izan zirkuitua prestatzerakoan.
- 4.- P_1 pultsadoreari eraginez motorea abiatuko da eta P_2 ri eraginez geratuko.
- 5.- Harilkatu laguntzailerik gabe abiatu nahi baldin bada zer gertatzen da?.
- 6.- Eskuz motorearen ardatzari bultzadatxo bat emanez zer gertatzen da?
- 7.- Motorea abiatuz gero harilkatu laguntzailea deskonektatzen bada zer gertatzen da?

T49.- MOTORE MONOFASIKOAREN BIRAKETA-NORANTZAREN ALDAKETA.-

AZALPENA:

Motore monofasikoaren biraketa-norantza aldatzeko aski da harilkatu nagusiaren nahiz laguntzailearen konexioak alderantzikatzea. Motorea geldi dagoela egiten bada maniobra hau berdintsu da harilkatu nagusian nahiz laguntzailean egitea, korrante txikiagoz egiten denez, askoz gozoago eta egokiago gertatzen bait da.

ARIKETA:

- 1.- Motoreen instalazio guztietan beharrezkoak diren segurtasun-sistemak kontuan izanik, azaldutako saiakuntza posible egingo duen zirkuituaren eskema prestatu.
- 2.- P_1 pultsadoreari eraginez motoreak eskubitara biratuko du; P_2 pultsadoreari eraginez ezkerretara eta P_3 ri emanez gero gelditu egingo da.

IDATZ ZURE ONDORIOAK:

T50.-MOTORE MONOFASIKOAREN HUTSEKO EZAUGARRIAK.-

AZALPENA:

Motore trifasikoetan bezala hemen ere motoreak hutsean duen potentzi faktorea eta bere barnean sortzen diren potentzi galera konstante edo mekanikoak kalkulatzeko dira saiakuntza honen bidez.

ARIKETA:

- 1.- Ohizko segurtasun-sistemak kontuan izanik saiakuntza hau egiteko beharrezkoa den zirkuitua prestatu.
- 2.- Motoreak kargarik gabe kontsumitzen duen potentzia, korrontea eta potentzi faktorearen balioak neurtu eta 28. Taulan jarri.
- 3.- Potentzi galera konstanteei dagokien portzentaia kalkulatu eta potentzi galera aldakorren portzentaiarekin konparatu.

28.TAULA

P_{ho}		P_{ge}	
I_{ho}		P_{gm}	
$\cos.\varphi$			

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T51.- MOTORE MONOFASIKOAREN KARGAKO EZAUGARRIAK.-

AZALPENA:

Exzitazio independenteko dinamo bat erabiliko da motorearen karga bezala. Dinamoak karga erresistibo hau erregulatuz, dinamoak motoreari ezartzen dion momentu eragozlea erregulatuko da.

Motoreak bere ardatzean ematen duen potentzia eta dinamoak hartzen duena berdinak izango dira. Dinamoak irensten duen potentzia hau hiru zatitan banatzen da:

$Vb_d \cdot Ik_d$ = Dinamoaren karga erresistiboak kontsumitzen duen potentzia.

Pgm_d = Dinamoaren potentzi galera mekanikoak. Potentzi galera hauek kalkulatzeko, dinamoari motore bezala eta kargarik gabe lan egineraziko zaio. Potentzi galera mekanikook abiadurarekin pixka bat aldatu egiten dira.

Pge_d = Dinamoaren barne-erresistentzian sortzen diren potentzi galera elektrikoak eta beraz aldakorrak. $(r_g \cdot Il_g^2)$.

Motoreak bere ardatzean ematen duen momentu eragilea eta dinamoak ezartzen dion momentu eragozlea berdinak izango dira eta honako ekuazio honek emango dizkigu:

$$T_{er} = T_{ez} = \frac{Ph_d \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{(Vb_d \cdot Ik_d + Pge_d + Pgm_d) 60}{2 \pi n} \quad (Nm)$$

$$n = b/min.$$

Balazta magnetikoz eta extentsometriazko sistemaz osaturiko ekipo bat izanez gero, zuzenean ere neur daiteke momentu eragilea.

ARIKETA:

1.- Saiakuntza hau egiteko beharrezkoa den zirkuitua prestatu.

- 2.- Motorearen korrante izendatuaren baliorako doitu errele termikoa.
- 3.- Alecoop etxearen AL 506 dinamo erabiliko da motorearen karga bezala. Dinamoak R_1 erreostatoa elikatuko du.
- 4.- Dinamoaren potentzi galera mekanikoak aurreko 23 eta 43 ariketetan ateratakoak dira eta beraz orain ez dago 29.Taulan jartzea besterik.
- 5.- R_1 erreostatoa erregulatuz, 29.Taulan ematen diren I_m motorearen korrantearen balioak lortu eta haiei dagozkien beste balioak kalkulatu.
- 6.- Ateratako datuok taulan jarri.
- 7.- Ondorengo kurbok atera hiru grafiko desberdinetan:

1.- $Ph_m = f(Pe_m)$

$T_m = f(Pe_m)$

$n = f(Pe_m)$

2.- $I_m = f(Pe_m)$

$M = f(Pe_m)$

3.- $T_m = f(n)$

$I_m = f(n)$

S I S T E M A M O N O F A S I K O B A T E Z

E L I K A T U T A K O M O T O R E T R I F A -

S I K O A K .

SISTEMA MONOFASIKO BATEZ ELIKATUTAKO MOTORE TRIFASIKOAK

AZALPENA:

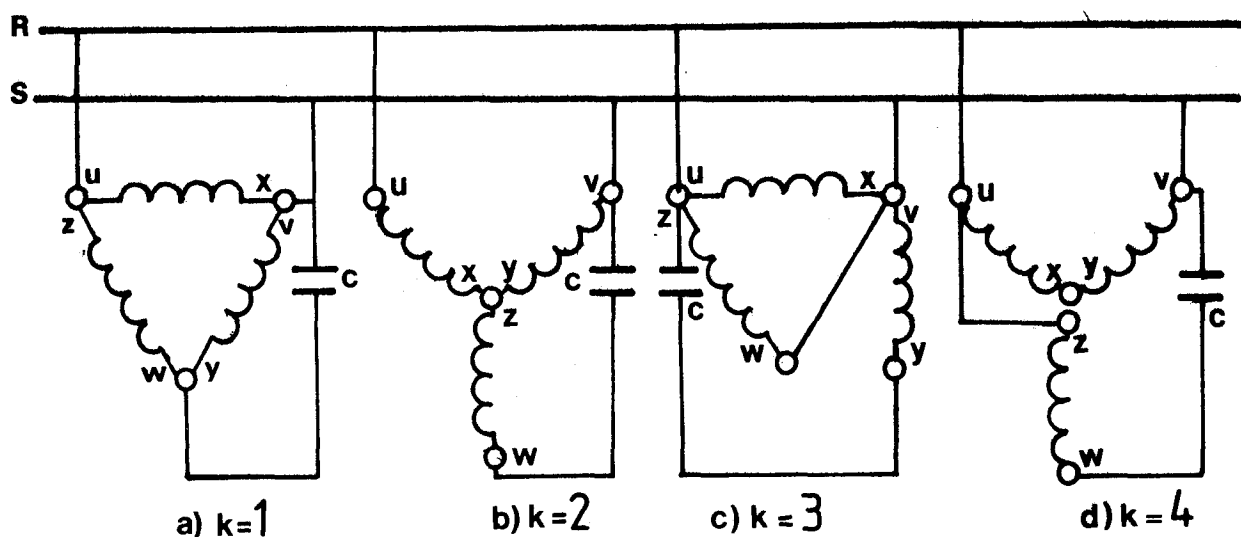
28.irudian ikus daitekeenez , posible da motore trifasikoak sistema monofasiko batez elikatuz funtzionaraztea.

Dakigunez, motore trifasikoak hiru zirkuitu independente ditu bere barnean. Zirkuituok elkarrekin konbinatuz, harilkatu nagusi bat eta laguntzaile bat osatu behar dira haietatik pasatzen diren korronteak 90° inguru desfasatuz. Desfase hori lortzeko, motore monofasikoetan erabiltzen den kondentsadorearen sistema erabiliko da.

Harilkatu nagusiaren eta laguntzailearen N_p eta N_a bira kopurua kontuan izanik, eta biron arteko erlazioa $k = \frac{N_p}{N_a}$ izanik, hiru zirkuituen arteko konbinazio diferentetek "K" diferentea emango dutela argi eta garbi ikusten da.

Bestalde, aski frogatuta dago erlazio hori zenbat eta handiagoa izan, orduan eta motoreak garatzen duen momentu maximoa handiagoa izango dela.

Beraz, konbinazio diferentetek momentu diferentea emango dute.



Motore trifasiko batek elikapen monofasikoz eman dezakeen poten
tzia, izendatuaren %75 inguru izan ohi da gutxi gora-behera.

T52.- KARGAKO SAIKUNTZA.-

AZALPENA:

Kasu honetan ere aurreko ariketan erabili den dinamo bera erabiliko da motorearen karga bezala eta 51. ariketan motore monofasikoarekin egin den saiakuntza berbera egingo du gu oraingo honetan, sistema monofasikoz elikatutako motore trifasikoarekin.

ARIKETA:

- 1.- Alecoop etxearen AL 206 makina erabiliko da motore bezala.
- 2.- R_1 erreostatoa erabiliko da dinamoaren karga bezala.
- 3.- Erreostatoa erregulatuz 30. Taulan ematen diren Im korrontearen balioak lortu eta haien arabera beste balio guztiak kalkulatu eta taulan jarri.
- 4.- Saiakuntza hau, 28. irudian azaltzen diren "b" eta "d" konexioez egingo da, kasu bakoitzean ateratako datuak 30 eta 31. Tauletan jarritz.
- 5.- Tauletan jarritako datuen arabera ondorengo kurbak ateratu bi grafiko desberdinetan:
 - 1.- $n = f(P_{e_m})$
 $I_m = f(P_{e_m})$
 - 2.- $T_m = f(n)$

IDATZ ITZAZU ZURE ONDORIOAK:

T R A N S F O R M A D O R E

E S T A T I K O A K

TRANSFORMADORE ESTATIKOAK

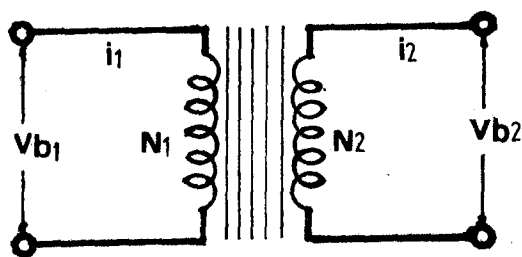
AZALPENA:

Potentzia konstante mantenduz, "V" tentsioa eta "I" korrontearen balioak aldatzeko erabiltzen den aparatua dugu transformadore es tatikoa.

Makina honen bidez posible zaigu sare nagusiko tentsioa, beste tentsio erabilgarriago bat bihurtzea; edota sorgailu batek sortzen duen energia bide luzetan zehar eraman behar denean, gainera gutxiago izan dezan, bere tentsio eta korrontearen balioak aldatzea.

29.irudian ikus daitekeenez transformadore estatikoak hiru zati nagusi ditu:

- a) Zirkuitu magnetiko edo nukleoa.
- b) Zirkuitu elektriko primarioa.
- c) Zirkuitu elektriko sekundarioa.



29.Irudia

Ondorengo kalkulu eta transformadorearen azterketa teorikoan agertuko diren sinboloek honako esanahi hau dute:

V_{b1} = Primarioaren bornetako tentsioa.

V_{b2} = Sekundarioaren bornetako tentsioa.

E_1 = Primarioaren indar elektroeragilea.

E_2 = Sekundarioaren indar elektroeragilea.

R_1 = Primarioaren erresistentzia.

R_2 = Sekundarioaren erresistentzia.

N_1 = Primarioaren bira-kopurua.

N_2 = Sekundarioaren bira-kopurua.

I_1 = Primarioko korrontea.

I_2 = Sekundarioko korrontea.:

$m = \frac{N_1}{N_2} = \text{Transformazio-erlazioa.}$

Transformadorearen funtzionamendua kargarik gabe.-

Kasu honetan, sekundarioko zirkuitua itxi gabe dagoenez, $I_2 = 0$ izango da eta beraz sekundarioaren barnean ez da inolako tentsio-galerarik sortuko.

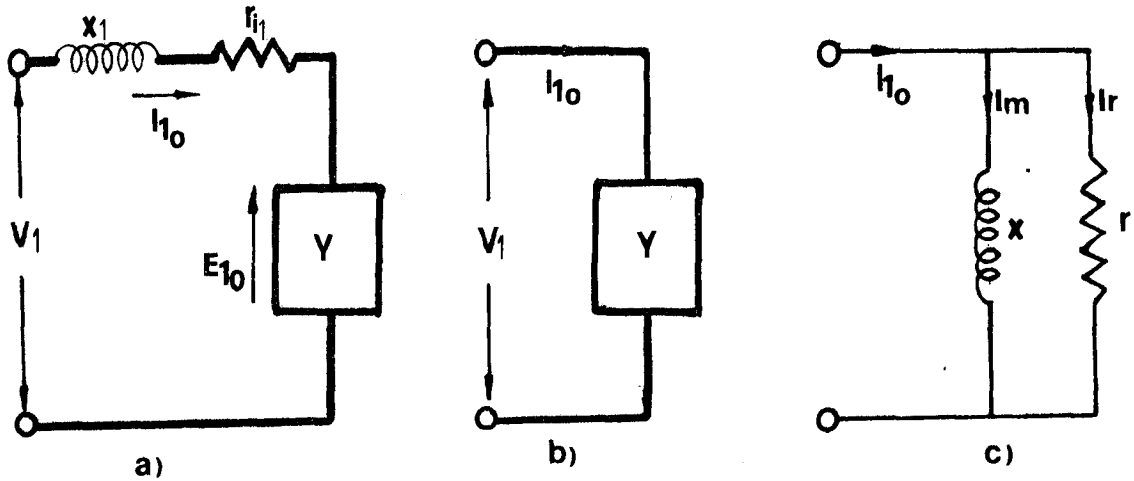
Bestalde primarioko korrontea ere oso txikia izango da egoera honetan; hain zuzen barneko potentzi galera konstanteak direlata kontsumitzen duena.

Beraz, transformadorea kargarik gabe funtzionatzen ari denean, primarioko zirkuituan ematen diren tentsio-galera eta bornetako tentsioaren arteko erlazioa adierazten duen ekuazio bektorial hau planteatu dezakegu:

$\overrightarrow{Vb_1} = \overrightarrow{R_1 \cdot I_1} + \overrightarrow{X_1 \cdot I_1} + \overrightarrow{E_1}$ non, transformadorea hutsean ari denean I_1 oso txikia denez, $R_1 \cdot I_1$ eta $X_1 \cdot I_1$ ere oso txikiak izango bait dira eta beraz ez dira kontutan hartuak izango.

Planteamendu hau kontuan izanik, transformadorea karga gabe ari denean, aurreko ekuazioa beste era honetan idatz daiteke:

$$Vb_1 \simeq E_1$$



30. Irudia

Azaldutako guztia hobeto ulertu ahal izateko, 30. irudian adierazten da transformadorearen barne zirkuituaren sinplifikazio teorikoa, transformadore hori kargarik gabe ari denean bakarrik egin dezakeguna.

30-a. irudian azaltzen den bezala, L_1 eta R_1 primarioaren erreaktantzia eta erresistentzia lirateke eta Y transformadore idealizatu baten, hau da, barneko tentsio-galerarik sortuko ez lukeen primario idealizatu baten elementu sortzailearen adierazpen sinbolikoa.

Transformadore idealizatu hau errealitatean ez da posible; zeren, beti sortzen bait da nolabaiteko barneko tentsio-galeraren bat.

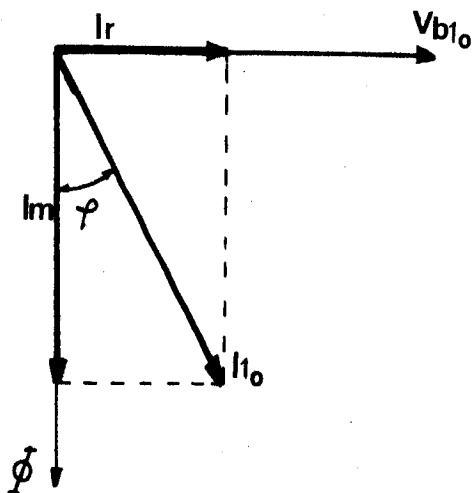
Halaz ere, transformadorea kargarik gabe ari denean, lehen aipatu den bezala, I_{10} oso txikia da eta beraz barneko tentsio-galerak ez dira kontutan hartzen. Beraz, kasu honetan, primarioaren erreaktantzia eta erresistentzia gutxietsi egiten dira eta transformadore idealaren kasura hurbiltzen gara.

30-b. irudian, primarioaren erreaktantzia eta erresistentzia gutxietsiz, geratzen den zirkuitua adierazten da.

30-c.irudian berriz, "Y" primario idealaren zirkuitu baliokidea azaltzen zaigu, non,

$$I_m = I_{l_0} \cdot \sin \varphi \longrightarrow \text{Korronte magnetizatzailea.}$$

$$I_r = I_{l_0} \cdot \cos \varphi \longrightarrow \text{Hutseko potentzi galerak sortzen bait dira (Foucault, Joule, etab.)}$$



31.Irudia

Azaldutako guztiaren arabera, transformadorea kargarik gabe funtzionatzen ari denean, primarioko zirkuituaren ekuazioa honako hau izango da:

$$\overrightarrow{E1} = \frac{4,44 \cdot f \cdot \varnothing \cdot N1}{10^8} = \overrightarrow{V1_0} \quad \text{edo berdin dena,}$$

$$\overrightarrow{E1} = j \cdot N1 \cdot W \cdot \varnothing = \overrightarrow{V1_0}$$

Eta sekundarioko ekuazioa berriz, beste era honetan geratuko litzateke:

$$\overrightarrow{V2_0} = \overrightarrow{E2} - \overrightarrow{R2I2_0} - \overrightarrow{X2I2_0}$$

Nolanahi dela ere, kargarik gabe $I2 = 0$ denez, aurreko ekuazioa beste era honetan geratuko litzake:

$$\overrightarrow{V2} = j \cdot N2 \cdot W \cdot \varnothing = \overrightarrow{E2}$$

Eta primarioko eta sekundarioko ekuazioak elkarrekin erlazionatuz,

$$\frac{\vec{V}_1}{\vec{V}_2} = \frac{j \cdot N_1 \cdot W \cdot \phi}{j \cdot N_2 \cdot W \cdot \phi} = \frac{\vec{E}_1}{\vec{E}_2} \Rightarrow \frac{\vec{V}_1}{\vec{V}_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\vec{E}_1}{\vec{E}_2} = m$$

Hain zuzen ere, m hori da transformazio-erlazio deritza-na.

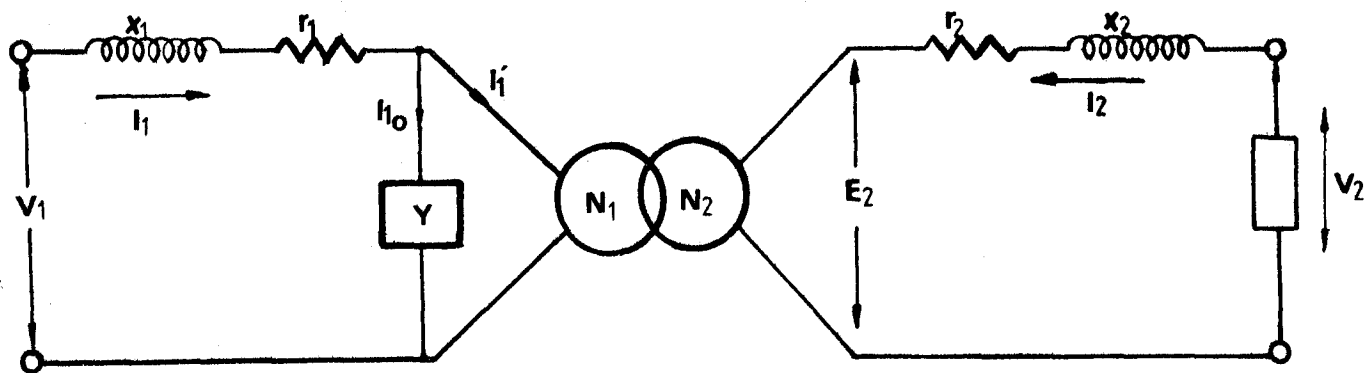
Transformadorearen funtzionamendua kargan.-

Transformadorearen sekundarioan karga bat ezartzerakoan, I_2 korrontea pasatzen da karga horretatik eta horrela, sekundarioak potentzia bat eman behar dionez karga horri, I_1 korrontearen balioa ere handiagotu egiten da.

Beraz, kasu honetan, primarioan eta sekundarioan sortzen diren tentsio-galerak ezingo dira gutxietsi aurreko kasu an bezala.

Horrela, kasu honetan, primario eta sekundarioko ekuazioak era honetan geratuko lirateke:

$$\begin{aligned} 1.- \quad \vec{V}_1 &= \vec{E}_1 + R_1 \cdot I_1 + X_1 \cdot I_1 \\ 2.- \quad \vec{E}_2 &= \vec{V}_2 + R_2 \cdot I_2 + X_2 \cdot I_2 \\ 3.- \quad \vec{E}_1 &= m \cdot \vec{E}_2 = m \left[I_2 (X_2 + R_2) + \vec{V}_2 \right] \end{aligned}$$



Transformadorearen primarioak eta sekundarioak duten fluxua berdina da eta fluxu hori mantentzeko beharrezkoa den $\mathcal{E}$ indar magnetoeragilea ere berdina izango da.

Beraz,

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,25 \cdot N_1 \cdot I_1' = 1,25 \cdot N_2 \cdot I_2$, sinplifikatuz, $N_1 \cdot I_1' = N_2 \cdot I_2$ nondik,

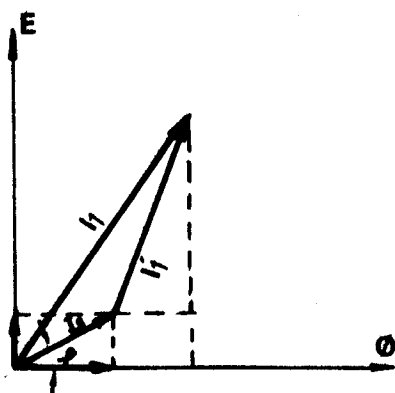
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1'} = m$$

32..Irudia kontuan izanik, transformadorean ematen diren korronteen arteko erlazioa azaltzen duen honako ekuazio honetara iritsi gintezke:

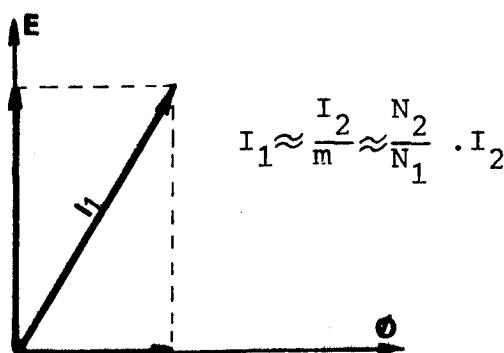
$\vec{I}_1 = \vec{I}_{10} + \vec{I}_1' = \vec{I}_{10} + \frac{\vec{I}_2}{m}$ eta I_{10} oso txikia dela kontuan izanik,

$$I_1 \approx \frac{I_2}{m} \approx \frac{N_2}{N_1} \cdot I_2$$

KAPPen diagrama: Aurreko ekuazioaren adierazpen bektoriala, 33.irudian ikus dezakegu. Diagrama horretan nabaritzen bezala I_{10} oso txikia da eta beraz KAPPen diagraman, 34.irudian azaltzen den bezala, gutxietsi egiten da bektore hori; hau da, $I_{10} = 0$ hartzen da.



33.Irudia



34.Irudia

Beraz, $I_{10} = 0$ hartuz gero, aurreko ekuazioa, beste era honetan idatz daiteke:

$$I_1 = \frac{I_2}{m} = \frac{I_2}{\frac{N_1}{N_2}} = I_2 \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{m} I_2$$

Transformadorearen barne-erresistentzia eta barne-erreaktantziak:

Transformadorea, indukzio magnetikoz baliatzen den makina bat dugu eta beraz primarioaren ezaugarriek, sekundarioan ere eragina dute eta alderantziz.

Horregatik primarioko tentsio-galerak kalkulatzeko ez da aski izango primarioko erresistentzia eta erreaktantzia kontutan hartzea, baizik eta sekundariokoak ere ezin go ditugu ahanzi. Berdin gertatuko litzateke sekundarioko tentsio-galerak kalkulatzeko.

Beraz, transformadorearen erresistentzia eta erreaktantzia orokorrak izan beharko ditugu kontuan. Erresistentzia eta erreaktantzia hauei integratuak edo baliokideak deritzaie. Halaz ere, erresistentzia eta erreaktantzia integratuon baliokak ez dira berdinak izango primarioari ala sekundarioari begira analisatzen baditugu. Horregatik bi kasuak aztertuko ditugu:

Primarioarekiko erresistentzia eta erreaktantzia integratua:

Aurreko orrialdeetan zehar aztertua dugunez, primario eta sekundarioko ekuazioak honako hauek ditugu:

$$1) \quad \overrightarrow{E_1} = \overrightarrow{V_1} - \overrightarrow{R_1 \cdot I_1} - \overrightarrow{X_1 \cdot I_1}$$

$$2) \quad \overrightarrow{E_2} = \overrightarrow{V_2} - \overrightarrow{R_2 \cdot I_2} - \overrightarrow{X_2 \cdot I_2}$$

Bigarren ekuazioa, beste era honetan idatz daitezke transformazio-erlazioaz biderkatuz gero:

$$\overrightarrow{E2.m} = \overrightarrow{V2.m} + \overrightarrow{R2.I2.m} + \overrightarrow{X2.I2.m}$$

Kontutan har dezagun, $\overrightarrow{E2.m} = \overrightarrow{E1}$ eta $\overrightarrow{I2} = \overrightarrow{I1.m}$; beraz, aurreko ekuazioa beste era honetan transformatuko da:

$$3) \quad \overrightarrow{E1} = \overrightarrow{V2.m} + \overrightarrow{R2.I1.m^2} + \overrightarrow{X2.I1.m^2}$$

(1) eta (3) ekuazioak elkarrekin konparatuz, beste hau a terako zaigu:

$$\overrightarrow{V1} - \overrightarrow{R1.I1} - \overrightarrow{X1.I1} = \overrightarrow{V2.m} + \overrightarrow{R2.I1.m^2} + \overrightarrow{X2.I1.m^2}; \text{ non}$$

dik, $\overrightarrow{V1} - \overrightarrow{V2.m} = \overrightarrow{R2.I1.m^2} + \overrightarrow{X2.I1.m^2} + \overrightarrow{R1.I1} + \overrightarrow{X1.I1}$ eta,

$\overrightarrow{V2.m} \approx \overrightarrow{E1}$ denez gero, $\overrightarrow{V1} - \overrightarrow{V2.m} \approx \overrightarrow{Vc_1}$ (primario barneko tentsio-galera)

Beraz,

$$\overrightarrow{Vc_1} = \overrightarrow{R2.I1.m^2} + \overrightarrow{X2.I1.m^2} + \overrightarrow{R1.I1} + \overrightarrow{X1.I1} \text{ eta sin-}$$

plifikatuz:

$$\overrightarrow{Vc_1} = \overrightarrow{(R1+R2.m^2).I1} + \overrightarrow{(X1+X2.m^2).I1}$$

Aurreko ekuazio horretan agertzen den $\overrightarrow{(R1+R2.m^2)}$ adierazpen horri deitzen zaio primarioan isladatutako erresistentzia integratua eta $\overrightarrow{Ri_1}$ adierazpenaz adieraziko dugu.

Bestalde, $\overrightarrow{(X1+X2.m^2)}$ = primarioan isladatutako erreaktantzia integratua eta $\overrightarrow{Xi_1}$ adierazpenaz adieraziko da.

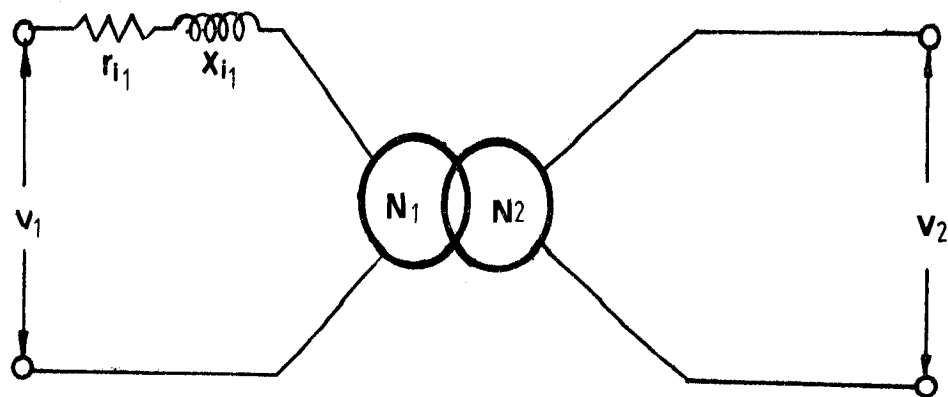
Beraz, $\overrightarrow{Vc_1} = \overrightarrow{(Ri_1+Xi_1).I1}$. Azken finean transformadorearen primarioko ekuazio orokorra honela geratuko litzateke:

$$4) \quad \overrightarrow{V1} = \overrightarrow{(Ri_1+Xi_1).I1} + \overrightarrow{E1} = \overrightarrow{(Ri_1+Xi_1).I1 + m.V2}$$

Eta primarioan isladatutako inpedantzia integratua
 $\overrightarrow{Zi_1} = \overrightarrow{Ri_1} + \overrightarrow{Xi_1}$ dela kontuan izanik,

$$\overrightarrow{V1} = \overrightarrow{Zi_1.I1} + \overrightarrow{m.V2}$$

35.irudian ikus dezakegu primarioko ekuazio orokorrari dagokion zirkuitu baliokidea.



35.Irudia

Sekundarioan isladatutako erresistentzia eta erreaktantzia integratua:

Aurreko (1) ekuazioa "m" transformazio-erlazioarekin zatituz gero, beste era honetan idatz dezakegu:

$$\frac{E_1}{m} = \frac{V_1}{m} - \frac{R_1 \cdot I_1}{m} - \frac{X_1 \cdot I_1}{m}$$

Ekuazio honetan, alde batetik, $\frac{E_1}{m} = E_2$ dela kontuan izan behar dugu eta bestetik, I_1 primarioko korrrentearen balioa, sekundariokoaren funtziotan jartzen badugu, $\frac{I}{m}$ dugula.

Horrela izanik, aurreko ekuazioa, beste era honetan idatziko dugu:

$$1) \quad E_2 = \frac{V_1}{m} - \frac{R_1 \cdot I_2}{m^2} - \frac{X_1 \cdot I_2}{m^2}$$

eta bestalde,

$$2) \quad E_2 = V_2 + R_2 \cdot I_2 + X_2 \cdot I_2$$

(1) eta (2) ekuazioak elkarrekin berdinduz, beste ekuazio hau aterako zaigu:

$$\vec{V}_2 + R_2 \cdot I_2 + X_2 \cdot I_2 = \frac{\vec{V}_1}{m} - \frac{R_1 \cdot I_2}{m^2} - \frac{X_1 \cdot I_2}{m^2}; \text{ non } \underline{\text{dik,}}$$

$$\frac{\vec{V}_1}{m} - V_2 = R_2 \cdot I_2 + X_2 \cdot I_2 + \frac{R_1 \cdot I_2}{m^2} + \frac{X_1 \cdot I_2}{m^2} \text{ eta}$$

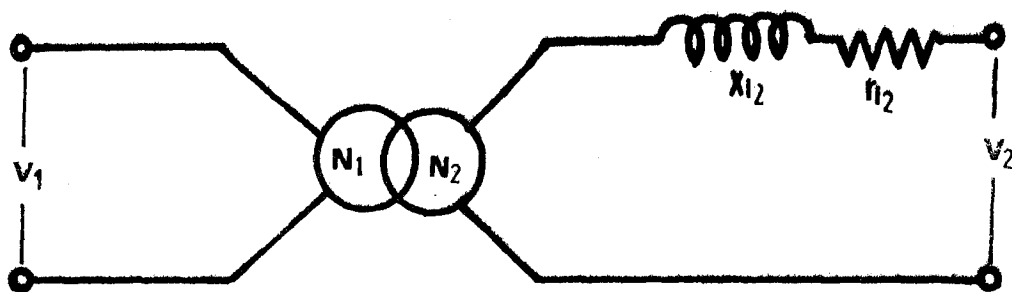
sinplifikatuz gero,

$$\vec{V}_{c_2} = \left(R_2 + \frac{R_1}{m^2} \right) I_2 + \left(X_2 + \frac{X_1}{m^2} \right) I_2$$

Ekuazio honetan agertzen diren $\left(R_2 + \frac{R_1}{m^2} \right)$ eta $\left(X_2 + \frac{X_1}{m^2} \right)$ adierazpenei deritzaie sekundarioan isladatu-tako erresistentzia eta erreaktantzia baliokide edo integratuak eta R_{i_2} eta X_{i_2} adierazpenez ezagutuko ditugu.

Beraz, $\vec{V}_{c_2} = (R_{i_2} + X_{i_2}) I_2$ eta azken batean transformadorearen sekundarioko ekuazio orokorra honako hau izango da:

$$\vec{V}_2 = \frac{\vec{V}_1}{m} - (R_{i_2} + X_{i_2}) I_2$$



36. Irudia

T53.- TRANSFORMADOREAREN HUTSEKO EZAUGARRIA.-

AZALPENA:

Saiakuntza honen helburua, makinaren transformazio-erlazioa eta barneko potentzi galera orokorrak kalkulatzeko da.

Transformazio-erlazioa, $m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$ denez, hutseko saiakuntza honetan, primario eta sekundarioko tentsioak neurtu eta horien arteko erlazioa kalkulatzeko aski izango da.

Bestalde, hutsean, transformadorearen primarioak kontsumitzen duen potentziak emango digu makinaren barneko potentzi galeren balioa.

Potentzi galerok, Foucault, histeresi eta Joule-ren efektuen ondorioz sortzen direnak izaten dira.

Halaz ere, Joule-ren efektuz galtzen dena ($R_1 \cdot I_1^2$) oso txikia izaten denez ez da kontutan hartzen eta beraz, makinaren nukleoan Foucault eta histeresi fenomenoen ondorioz galtzen den potentziaren balioa ondoko formula honen arabera emango zaigu:

$$P_h = P_o - R_1 \cdot I_1^2 \simeq P_o \quad \text{non,}$$

P_h = nukleoko potentzi galerak

P_o = hutseko barneko potentzi galera orokorrak.

ARIKETA:

- 1.- Saiakuntza hau egiteko, transformadore monofasiko bat erabiliko da.
- 2.- 32.Taulan ematen diren datuen arabera, azaldutako saiakuntza burutzeko beharrezkoa den zirkuituaren eskema prestatu eta muntaia egin.
- 3.- Taulan eskatzen diren datuak neurtu eta kalkulatu eta bertan jarri.

T54.- ZIRKUITULABURREKO SAIKUNTZA.-

AZALPENA:

Saiakuntza hau, batez ere, Kapp-en diagrama ateratzeko egiten da.

Saiakuntza honen bidez, karga eta desfase jakin batekin, transformadorearen sekundarioan sortuko den barneko tentsio-galera kalkulatzeko da alde batetik; eta transformadorearen karga batez lanean ari denean, Joule-ren efektuz izango duen potentzi galera beste aldetik.

Transformadorea zirkuitulaburrean funtzionatzen ari denean $V_2 = 0$ dela kontuan izanik, mementu horretan primarioako ekuazio orokorrak honako forma hau hartuko du:

$$\overrightarrow{V_1} = \overrightarrow{Ri_1 \cdot I_{cc}^1} + \overrightarrow{Xi_1 \cdot I_{cc}^1} \quad , \quad \text{non,}$$

$Ri_1 = R_1 + R_2 \cdot m^2$ = Primarioan isladatutako erresistentzia integratua.

$Xi_1 = X_1 + X_2 \cdot m^2$ = Primarioan isladatutako erreaktantzia integratua bait dira.

Saiakuntza hau egiterakoan, sekundarioko I_{cc} korronteak, gero karga errealekin izango duen berdina izan behar du. Hori dela eta V_1 txikia izango da, I_{cc} intentsitateak balio handiegiak har ez ditzan.

Beraz, zirkuitulaburrean transformadoreak kontsumitzen duen potentziaren balioa honako ekuazio honek emango digu:

$$P_{1_{cc}} = P_{j_1} + P_{j_2} + P_h \quad , \quad \text{non}$$

P_{j_1} = Joule-ren efektuz primarioan galtzen den potentzia.

P_{j_2} = Joule-ren efektuz sekundarioan galtzen den potentzia.

P_h = Nukleoko potentzi galerak.

Nolanahi dela ere zirkuitulaburreko saiakuntzan, primario ko V_1 tentsioa oso txikia denez, fluxu txikia izango da eta beraz, nukleoko potentzi galerak ez dira kontutan har tzen.

Beraz, zirkuitulaburreko saiakuntzan transformadoreak kon tsumitzen duen potentziak, gero karga errealarekin, Joule ren efektuz galduko duen potentzia adierazten du:

$$P_{1cc} = R_{i1} \cdot I_{1cc}^2 = R_{i1} \left(\frac{I_{2cc}}{m} \right)^2$$

Primarioan isladatutako erresistentzia eta erreaktantzia ren kalkulua:

Lehen ikusia dugun bezala, primarioko zirkuitulaburreko e kuazioa bektorialki idatziz gero honela geratzen zaigu:

$$\vec{V_1} = \vec{R_{i1} \cdot I_{1cc}} + \vec{X_{i1} \cdot I_{1cc}} = \sqrt{R_{i1}^2 + X_{i1}^2} \cdot I_{1cc} = \vec{Z_{i1} \cdot I_{1cc}}$$

Beraz, $X_{i1} = \sqrt{Z_{i1}^2 - R_{i1}^2}$, eta,

$$R_{i1} = R_1 + R_2 \cdot m^2$$

ARIKETA:

- 1.- Azaldutako saiakuntza egiteko beharrezkoa den zirkui- tuaren eskema prestatu eta muntatu.
- 2.- Saiakuntza egiterakoan kontuan izan primarioak osc tentsio txikiz lan egin behar duela: doi-doi sekunda- rioko korrontea errealitatean izango duenaren adina- koa izateko behar den beste.

Inola ere sekundarioko korrontea ez dadila izendatu- tik pasa.
- 3.- Primarioan ezarritako V_{1cc} tentsioaren bost balio des berdinentzat, beste balioak neurtu eta 33.Taulan ja- rri.
- 4.- R_{i1} eta X_{i1} balioak kalkulatu.

5.- Paper milimetratuan ondorengo grafikook marraztu:

$$P1_{cc} = f(I1_{cc})^2$$

$$V1_{cc} = f(V2_{cc})^2$$

33.TAULA

I_{2cc}					
I_{1cc}					
V_{1cc}					
P_{1cc}					

T55.- TRANSFORMADOREAREN KARGAKO SAIAKUNTZA.-

AZALPENA:

Badakigu transformadoreak errealitatean ez duela beti karga berdinez lan egingo; hau da, sarritan karga eta kosinu diferenteekin lan egitea tokatuko zaiola. Saiakuntza honen bidez transformadoreak, karga eta desfase desberdinez emango duen potentzia, errendimendua, bornetako tentsioa eta abar ezagutzeko eta kalkulatzeko aukera izango dugu.

Behar-beharrezkoa da saiakuntza guztian zehar V_1 konstante mantentzea.

ARIKETA:

- 1.- Saiakuntza hau egiteko beharrezkoa den zirkuitua pretatu eta muntatu.
- 2.- Primario eta sekundarioko potentzia, tentsio eta korronteak neurtzeko beharrezkoak diren Wattmetro, voltmetro eta anperometroak jarri.
- 3.- Primarioan 220 Volt-eko tentsioa ezarri ondoren, karga bezala erreostato bat jarri ($\cos \varphi = 1$) eta karga hori erregulatuz 34.Taulan eskatzen diren datuak neurtu eta taulan jarri.
- 4.- Erreostatoarekin paraleloan induktantzia bat jarritz, karga erreaktibo bat osatu, zeinetan $\varphi = 60^\circ$; hau da, $\cos \varphi = 1/2$ bait da.
Desfase hori lortuko da $\frac{P_2}{P_{z_2}} = \frac{P_2}{V_2 \cdot I_2} = 1/2$ denean.
- 5.- Primarioan aurreko tentsio berbera ezarriz eta konstante mantenduz, karga erregulatu (desfasea aldatu ga be) eta 35.Taulan eskatzen diren datuak neurtu eta taulan jarri.
- 6.- Primario eta sekundarioko R1 eta R2 erresistentziak neurtu.

- 7.- Transformadorearen transformazio-erlazioa atera eta primarioan isladatutako erresistentzia integratua kalkulatu.
- 8.- Paper milimetratuan $V_2 = f(I_2)$ grafikoa marraztu eta aurreko ariketan ateratako $V_{1cc} = f(I_{2cc})$ grafikoarekin konparatu.

34.TAULA

$$\cos \varphi = 1$$

I_2								
I_1								
V_2								
V_1								
P_2								
P_1								

35.TAULA

$$\cos \varphi = 1/2$$

I_2								
I_1								
V_2								
V_1								
P_2								
P_1								

T56.- TRANSFORMADOREAREN BARNEKO TENTSIO GALERAK. KAPP-EN DIAGRAMA.-

AZALPFENA:

Potentzia handiko transformadoreetan eragozpen handiak sortzen dira zuzeneko saiakuntza egiteko. Horregatik, zeharkako metodoak erabili ohi dira transformadorearen parametro interesgarrienak kalkulatzeko.

Transformadorearen azterketa teorikoan ikusi dugun bezala, sekundarioko ekuazio orokorra kontuan izanik,

$$1) \quad \overrightarrow{E_2} = \frac{\overrightarrow{V_1}}{m} = \overrightarrow{R_{i_2} \cdot I_2} + \overrightarrow{X_{i_2} \cdot I_2} + \overrightarrow{V_2}, \text{ non,}$$

$$R_{i_2} = R_2 + \frac{R_1}{m^2} = \frac{R_2 \cdot m^2 + R_1}{m^2} = \frac{R_{i_1}}{m^2}$$

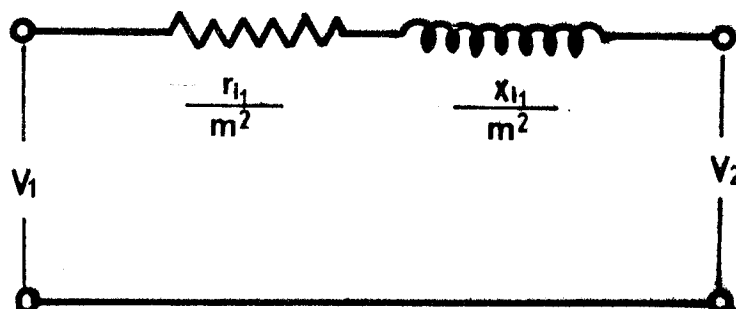
$$X_{i_2} = X_2 + \frac{X_1}{m^2} = \frac{X_2 \cdot m^2 + X_1}{m^2} = \frac{X_{i_1}}{m^2}$$

beraz, (1) ekuazioan ordezkapenak eginez gero, honela geratuko litzateke:

$$\frac{\overrightarrow{V_1}}{m} = \frac{R_{i_1}}{m^2} I_2 + \frac{X_{i_1}}{m^2} I_2 + \overrightarrow{V_2}$$

37.irudian ikus dezakegu ekuazio honi dagokion transformadorearen zirkuitu baliokidea, eta ekuazio honen adierazpen bektorialari deritzaio KAPPen diagrama.

Diagrama honen bidez atera dezakegu transformadorearen sekundarioan, karga eta desfase jakin batzuez, sortuko litzatekeen barneko tentsio-galera.



37.Irudia

KAPPen diagrama marrazteko metodoa:

Oinarritzkoa deritzan OAB triangelutik hasi behar da Kapp-en triangelua marrazten (Ikus 38.irudia).

Triangelu hori zirkuitulaburreko saiakuntzan ateratako da tuen arabera marrazten da; izan ere zirkuitulaburrean $V_2 = 0$ denean sekundarioko ekuazio orokorra era honetan idatz dezakegu:

$$\frac{\overrightarrow{V1_{cc}}}{m} = \frac{Ri_1}{m^2} I2_{cc} + \frac{Xi_1}{m^2} I2_{cc}$$
 eta ekuazio honen adierazpen bektorialak osatzen du OAB triangelua; non,

$$\overrightarrow{OA} = \frac{Ri_1}{m^2} I2_{cc}$$

$$\overrightarrow{AB} = \frac{Xi_1}{m^2} I2_{cc}$$

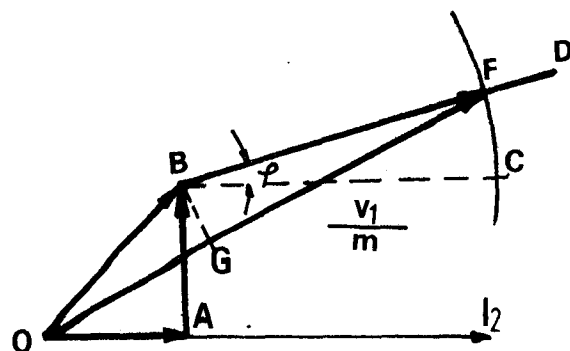
$$\overrightarrow{OB} = \frac{V1_{cc}}{m}$$

OAB triangelua marraztu ondoren, B puntutik hasita, BC zuzena marrazten da, hain zuzen ere intentsitatearen bektorearekiko paraleloa dena.

Ondoren, karga jakin batek inposatzen duen φ_2 desfasearentzat BD zuzena marraztuko da.

Jarraian, O puntutik eta $V1/m$ erradioa harturik, BD zuzena F puntuan ebakiko duen arku bat marrazten da, horrela Kapp-en diagrama osatuz. Diagrama horretan BF bektoreak adierazten duena zera da: Transformadorearen sekundarioan, $\cos \varphi_2$ faktorea duen eta I_2 korrontea kontsumitzen duen karga bat jartzen dugunean, sekundario horretan izango den V_2 tentsioaren balioa.

$$\overrightarrow{\Delta U} = \overrightarrow{OF} - \overrightarrow{BF}$$
 izango da karga jakin horrekin, sekundarioan sortuko den barneko tentsio-galera orokorra adierazten digun balioa.



38. Irudia

ARIKETA:

Aurreko ariketan erabilitako transformadore berarekin $I_2 = 6A$ eta $\cos \varphi = 0,8$ duen karga bat ezarriz, emango l*u*tzatekeen Kapp-en diagrama marraztu.

Zuzeneko saiakuntza egin eta elkarrekin konparatu.

OG projekzioak emango digu ΔU errealaren balioa.

T57.- TRANSFORMADOREAREN ERRENDIMENDUA.-

AZALPENA:

Transformadorean errendimenduak honako adierazpen hauetakoren bat har dezake:

$$\eta = \frac{P_1 - P_p}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_p} ; \text{ non,}$$

$P_1 = V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$ = Primarioak kontsumitzen duen potentzia.

$P_2 = V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$ = Sekundarioak karga jakin bati ematen dion potentzia.

P_p = Transformadorearen barneko potentzi galera orokorrak
($P_{j_1} + P_{j_2} + P_h$)

Barneko potentzi galeren ebaluazioa.-

Transformadorearen barnean sortuko diren potentzi galerak bi eratakoak izango dira:

- a) Joule-ren efektuz primarioan eta sekundarioan sortuko diren galera elektrikoak.

$$P_{j_1} = R_1 \cdot I_1^2$$

$$P_{j_2} = R_2 \cdot I_2^2$$

- b) Histeresi eta Foucault-en fenomenoen ondorioz nukleoan sortzen diren galerak.

Nukleoko potentzi galerok zuzenean loturik daude fluxua rekin eta maiztasunarekin eta ez dute zer ikusirik kargarekin.

Beraz, fluxua eta maiztasuna mantenduz gero, galera hauek berdinak izango dira transformadorea hutsean ari denean nahiz karga batekin funtzionatzen duenean.

Transformadorearen hutseko saiakuntza egiten dugunean,

$$P_{p0} = P_h + R_1 \cdot I_{l0}^2$$

Halaz ere I_{l0} oso txikia denez, $R_1 \cdot I_{l0}^2$ ez da kontutan hartzen eta beraz,

$$P_{p0} = P_h$$

Potentzi galera elektrikoak.-

Zirkuitulaburrean egindako saiakuntzaren bidez ateratzen dira Jouleren efektuz sortutako galerok.

Zirkuitulaburreko saiakuntzan, primarioak kontsumitzen duen potentzia orokorra ekuazio honen bidez azaltzen zaigu:

$$P_{l_{cc}} = P_{j1} + P_{j2} + P_h$$

Zirkuitulaburreko korrontea oso handia denez, egoera horretan transformadoreak kontsumitzen duen potentziarik gehiena potentzi galera elektrikoetara dagokiena dela esan dezakegu eta beraz, P_h konparatiboki txikia denez, kasu honetan, ez dugu kontutan hartuko.

Horrela, aurreko ekuazioa beste era honetan geratuko litza teke:

$$P_{l_{cc}} \approx P_{j1} + P_{j2} = \text{potentzi galera elektrikoak.}$$

Eta azkenik, ondorio bezala, errendimenduaren ekuazioa honela idatziko genuke:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{p0} + P_{l_{cc}}}$$

ARIKETA:

1.- Hutseko eta zirkuitulaburreko saiakuntzen bidez transformadorearen errendimendua kalkulatu ondorengo kasuetan.

a) $I_2 = 6A$ $\cos \varphi = 1$ eta $I_2 = 6A$ $\cos \varphi = 0,5$

b) $I_2 = 10A$. $\cos \varphi = 0,5$

$I_2 = 10A$ $\cos \varphi = 1$

2.- Aurreko kasu berdinentzat, $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ formulaz baliatuz, transformadorearen errendimendua kalkulatu eta aurreko ondorioekin konparatu.