

# Zirkuitu elektrikoak eta korronte zuzeneko makinak

Makina elektriko baten funtzionamenduaren oinarria fluxu magnetiko eta korrontearen arteko elkarreraginean datza. Korronte zuzeneko makinetan ondoko zirkuitu hauek agertzen dira, beren inportantziaren arauera ordenatuta:

- a) makinaren induzituko zirkuitua
- b) » zirkuitu induktorea
- c) » mekanika

Makinaren induzituko zirkuituan, berriz, aldagaiok dira eraginkorrenak:

- a) induzituko korrontea ( $I_A$ ) amperetan
- b) » tentsioa ( $U_A$ ) voltatan
- c) indar kontraelektroeragilea (IKEE) (E) voltatan

Induzituko korronteari, normalki, zirkuitu nagusiko korrontea deritzogu. Makinaren zirkuitu induktorean ere beste aldagai batzuk erabiltzen dira. Hain zuzen:

- a) induktoreko tentsioa ( $U_E$ ) voltatan
- b) » korrontea ( $I_E$ ) amperetan
- c) fluxu magnetikoa ( $\emptyset$ ) volt. segundotan

Zirkuitu induktoreari, sarritan, induktore-korronteko zirkuitua esaten zaio.

Makinaren mekanika diogunean, makinaren abiaduraren eta bertan agertzen diren momentuaren arteko erlazioa adierazi nahi dugu. Horietan ere, lehen bezala, aldagai batzuk kontutan hartzekoak izango dira.

- a) abiadura ( $n$ ) s tan
- b) makinak sortarazitako momentua ( $M$ ) Nmtan
- c) makinaren ardatzak jasan behar duen momentu erresistentea ( $M_r$ ) Nmtan.

Orain arte aipatutako zirkuitu hauek ez dira askeak bata bestearekiko; aitzitik, denak elkarren artean erlazionatuta daude. Garbi ikusiko dugu hau indusituko korrontearen eta fluxuaren bidez sortutako momentua estudiatzen dugunean, edota indar kontraelektroeragilea aztertzen dugunean.

## MAGNITUDE ERLATIBOAK

Aurreko zatian aipatu dugun bezala, korronte zuzeneko makinaren zirkuitu hauek elkarri loturik daude. Horregatik, egokiena ez da magnitude absolutuekin lan egitea, erlatiboekin baizik. Korronte zuzeneko makinetan momentua indusituko korronteak eta fluxuak baldintzatzen dute, ondoren zehazkiago azalduko dugun legez.

Hau dela ta, formula honela azal genezake:

$$M = C_1 \cdot I_A \cdot \varnothing$$

Bertan agertzen den  $C_1$  balioa konstante bat dugu, makinaren konstante bat hain zuzen.

Makinatik indusituko korronte izendatua pasatzen bada, eta induktoreko korronte izendatuaz exzitatzen, honela bertan fluxu izendatua sortuz, makinak sortzen duen momentuari momentu izendatua deritzogu. Hori berdintza honen bidez adieraziko dugu.

$$M_N = C_1 \cdot I_{AN} \cdot \varnothing_N$$

Azken bi berdintzon bidez  $C_1$  konstantea ezabatzen badugu, magnitude erlatiboen arteko berdintza hau lortuko dugu:

$$\frac{M}{M_N} = \frac{I_A}{I_{AN}} \cdot \frac{\varnothing}{\varnothing_N}$$

Magnitude erlatibo hauek honela izendatuko ditugu:

$$\frac{M}{M_N} = m; \frac{I_A}{I_{AN}} = i_A; \frac{\varnothing}{\varnothing_N} = \alpha$$

Eta, orduan, momentuaren berdintza hau idaz dezakegu:

$$m = i_A \cdot \alpha$$

#### Oharra:

Azken berdintza honetan azaltzen diren magnitudeak dimentsioarik ga-beak dira.

Idazkera honek asko errazten ditu gauzak, zeren unitate egokiak erabil-tzeak duen zailtasuna (unitate elektrikoak eta mekanikoak) deuseztatzen du. Bestetik makinaren  $C_1$  konstante ezezaguna ez da tartean azaltzen.

Erreferentzi balio bezala, makinaren ezaugarri-plakan agertzen direnak hartuko dira, edo ta horietatik erraz atera daitezkeenak.

#### Adibidea:

Makina baten iduzitutik korrante izendatuaren erdia pasatzen baldin ba-da,  $i_A = 0,5$  da.

Makinak exzitazio izendatua baldin badu, fluxu izendatua du; eta orduan  $\varphi = 1$ .

Bi baldintza hauek betetzen badira, momentua hau izango da:

$$m = 0,5 \cdot 1 = 0,5$$

Makina horrek momentu izendatuaren erdia emango du.

Aipatutako makina horren korrante izendatua  $I_{AN} = 250A$  baldin bada,  $i_A = 0,5$  bait da, induzitutik pasatzen ari den korrantea:

$$I_A = i_A \cdot I_{AN} = 0,5 \cdot 250 = 125 \text{ A izango da.}$$

Makinaren korrante izendatua  $I_{AN} = 1200 \text{ A}$  baldin balitz, eta  $i_A = 0,5$ , pasako litzatekeen korrantea  $I_A = 600 \text{ A}$  izango litzateke.

Erreferentzi balioak ezagutzen direnean, kasu honetan induzituko korrante izendatua ezagutzen den bezala, oso erraza da balio absolutuak ezagutzea, hemen induzituko korrantea bezala.

## KORRONTE ZUZENeko MAKINA-MOTAK

Korronte zuzeneko makina-mota hauek daude:

- a) Exzitazio independentezko makina.
- b) Shunt edo deribazio-makina.
- c) Serieko makina.

Hauek ez dira bakarrak. Halaz ere, beste makina-motak hauen konbinazioak dira, konpound makina adibidez. Makina hauek ez dute gaur egun ia inportantziarik, eta ez ditugu kontutan hartuko.

Lehen aipaturiko hiru mota horien desberdintasuna  $\emptyset$  fluxua sortzeko eran datza.

Exzitazio independentezko makinetan induzituaren erreakzioa konpentsazio harilkatuaren bidez konpentsatzen denean,  $\emptyset$  fluxua induktore korrontearen menpekoa da bakarrik:

$$\emptyset = f(I_E)$$

non  $f(I_E)$  funtzioa, magnetizazio-kurbaren bidez definitzen bait da.

Deribazio-makinan, oinarrizko  $\emptyset$  fluxuak badu zer ikusirik  $U_A$  induzituko tentsioarekin. Zirkuitu induktorea induzitu-korronte zirkuituarekin paraleloan konektatuta dago.

Hau dela ta, induzituko tentsioaren aldaketa batek fluxu-aldaketa bat dakar.

Serieko makinan,  $\emptyset$  fluxua  $I_A$  induzituko korrontearen menpekoa dugu. Hemen ere, bien arteko lotura magnetizazio-kurbaren bidez agertzen da.

Erregulatze-problema agertzen direnean, makina egokiena exzitazio independente eta konpentsatuzko makina dugu. Ondorengo ikasgaietan gehien erabilitako makina bera izango dugu.

## MAKINAREN INDUZITUKO ZIRKUITUA

**Induzituko zirkuituaren ordezeko zirkuitua:**

Makinaren induzituko zirkuitua 3 zatiz osatua dugu:

- a) Elikadura-iturria.
- b) Makinaren eta elikadura-iturriaren arteko linea.
- c) Makinaren induzitua.

Elikadura-iturria elementu hauen bidez irudikatzen da:

- $E_Q$  (Kontrolatutako) tentsioa voltatan.
- $R_Q$  iturriaren barne-erresistentzia Ohm-etan.
- $L_Q$  barne-induktantzia mH-tan (artezgailuak erabiltzen direnean, liska-eta-induktantzia ere bai).

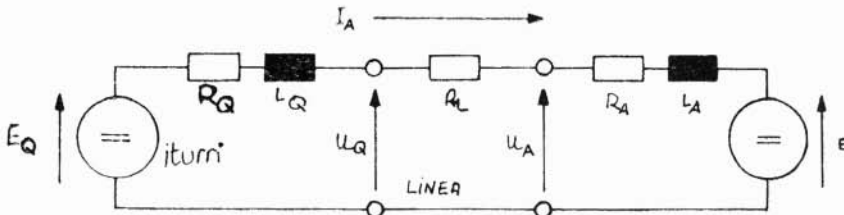
Makina eta iturriaren arteko linea  $R_L$  linea-erresistentzia ( $\Omega$ etan) batez agertzen da. Balio honetan linearen joan-etorriko erresistentzia adierazten da. Linearen induktantzia, berriz, ez da kontutan hartzen, oso txikia izaten bait da.

Makinaren induzitua ondoko magnitude hauek zertzen dute:

- martxan dagoenean sortutako indar kontraelektroeragileak, voltatan.
- makinaren induzituaren erresistentziak ( $R_A$ )  $\Omega$ etan.
- makinaren induzituaren induktantziak ( $L_A$ ) mH tan.

$R_A$ k induzituaren erresistentzia adierazten duela esan dugu. Balio honek induzitu-harilkatuaren, polo laguntzaileen harilkatuaren eta konpentsazio-harilkatuaren erresistentziak biltzen ditu batera. Gauza bera diogu induzituko induktantziak. Hemen ere induzituaren polo laguntzaileen eta konpentsazio harilkatuaren induktantziak balio bakar batetan agertzen dira.

Hau honela, ondoko irudia lortzen dugu:



1. Irudia

#### Oharra:

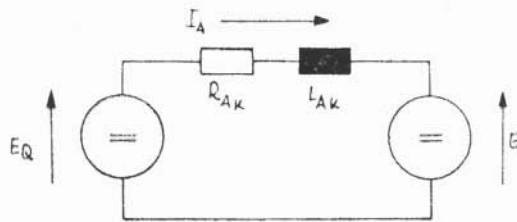
Induzituko korrontea kalkulatzekoan, zirkuitu osoa behar dugu erabili kalkulatuak egiteko, eta ez makinarena soilik!

Segidan ohartzen dugu erresistentziak, eta baita induktantziak ere, serie-ri daudela; eta, beraz, erresistentzia desberdin hauek erresistentzia oso batetan bil ditzakegula.

Honela, induzituko zirkuituaren erresistentzia eta induktantzia lortzen ditugu:

$$R_{AK} = R_Q + R_L + R_A \quad \text{eta} \quad L_{AK} = L_Q + L_A$$

(ikusten duzue, linearen inductantzia ez dela aipatzen). Balio hauek diagrama batetan errepresentatzen baditugu, induzituko zirkuituaren ordeko zirkuitua lortzen dugu:



2. Irudia

## INDUZITUKO ZIRKUITUAREN PORTAERA

2. Irudian ikusten denez, makinaren induzituko zirkuitua erresistentzia eta inductantzia batez osaturik dago. Hori horrela izanik, sistemak lehen ordenako erantzun bat du.

$E_Q$  tentsioa bat-batean aldatzen bada,  $I_A$  korrontearen aldaketa ez da tentsioaren gisakoa izaten, berandutua baizik. Hau inductantziarengatik gertatzen da.

Maiztasun-erantzuna aztertzeko, Laplace-ren transformakuntza aplikatuz  $p = j\omega$  egiten badugu eta ekuazioa sinplifikatzen, ondoko honetara heltzen gara:

$$E_Q - E = I_A R_{AK} + p L_{AK} I_A$$

Ekuazio honetatik  $I_A$  askatzen badugu:

$$I_A = \frac{E_Q - E}{R_{AK} + p L_{AK}} = \frac{E_Q - E}{R_{AK} \left( 1 + \frac{p L_{AK}}{R_{AK}} \right)}$$

$\frac{L_{AK}}{R_{AK}}$  zatiketak denbora-dimentsioa du eta, honegatik, «denbora-konstantea» izendatzen dugu. Ez dugu ahaztu behar hemen induzituko zirkuitu osoaz ari garela; eta, horregatik, konstante honi induzituko zirkuituaren denbora-konstantea ( $T_{AK}$ ) deituko diogu hemendik aurrera. Beraz,

$$T_{AK} = \frac{L_{AK}}{R_{AK}}$$

Balioak homogenoak izan daitezzen,  $T_{AK}$  ms tan,  $L_{AK}$  mH tan eta  $R_{AK}$  etan jarri behar ditugu.

Berriro diogu, induzituko zirkuitu osoaz ari garela.

Orain arte ikusi duguna induzituko zirkuituaren denbora-konstantea izan da. Bada, horretaz aparte, beste konstante bat, makinaren induziaren ( $T_A$ ) denbora-konstantea hain zuzen. Azken hau  $L_A/R_A$  zatiketaren emaitza dugu, eta makinaren zerrendetan aurki daiteke.

$E_Q$  eta  $E$  tentsioak makinaren  $U_{AN}$  induzituko tentsio izendatuaren funtzioan jartzen baditugu, eta  $I_A$  induzituko korronea  $I_{AN}$  induzituko korrone izendatuaren funtzioan berriz, ondoko berdintza hau lortuko dugu:

$$\frac{I_A}{I_{AN}} = \frac{\frac{E_Q}{U_{AN}} - \frac{E}{U_{AN}}}{1 + pT_{AK}} \cdot \frac{U_{AN}}{I_{AN} \cdot R_{AK}}$$

Berdintza honetan agertzen diren zatiketentzat letra txikiak erabiliko ditugu.

$$\frac{I_A}{I_{AN}} = i_A \frac{E_Q}{U_{AN}} = e_Q \frac{E}{U_{AN}} = e$$

Honela

$$i_A = v_i \frac{e_Q - e}{1 + pT_{AK}} \quad v_i = \frac{U_{AN}}{I_{AN} R_{AK}}$$

izanik

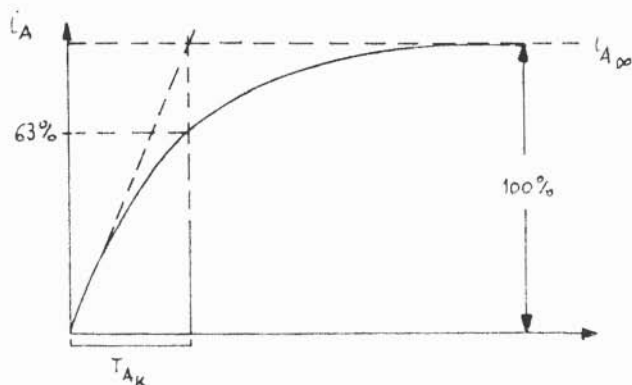
$v_i$  ri korronearen anplifikazio-faktore deituko diogu. Korronearen anplifikazio-faktore hau induzituko tentsio izendatuaren eta induzitu korrone izendatuak sortzen duen tentsio-jauspenaren arteko erlazioa dugu. Bere balioak 10 eta 20 artean aurkitzen dira.

$e_Q$  tentsioa bat-batean aldatzen bada, induzituko korroneak 3. irudian ikus daitekeen kurba osatzen du.

Egoera egonkorrean, induzituko korronea ondoko balio honetaraino hel-tzen da.

$$i_{A,cr} = v_i (e_Q - e)$$

Makina geldirik dagoenean ( $e = 0$ ),  $e_Q = 1$  da, eta beraz,  $i_A$  korronea =  $= v_i$  izango da. Teorikoki, bada, lehen momentuan korrone izendatua baino  $v_i$  aldiz korrone handiago bat sartuko da motorean. Hau beste izen batez ere ezagutzen da: laburtzirkuitu teorikoa hain zuzen.



### 3. Irudia

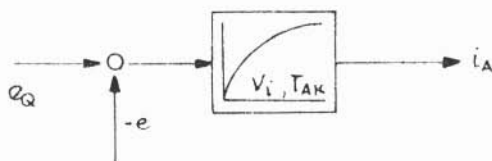
Induzituko zirkuituaren denbora-konstantea era honetan definitzen da: hasierako kurba horren tangenteak balio egonkorrera iristeko behar duen denbora (ikus 3. irudia).

Denbora konstante hau neurtzea bat ere erraza ez denez gero, 63 %aren metodoa erabiliko dugu. Korrontearen kurbaren azken balioa 100 % jartzen badugu, 63 %tik denborarekiko zuzen paralelo bat marrazten, bien ebakiguneak denbora konstantearen balioa ematen digu.

Erregulazio-tekniketan dihardutenek sarritan bloke-diagramen metodoa erabiltzen dute bloke barruan. Bertan adierazten den elementuan, sarrera malla bat bezala aldatuko balitz irterak izango lukeen portaera adierazten da.

Gure kasu honetan (induzituko zirkuituko korrontea), sarreran  $e_0$  — e tentsio-diferentziak agertuko dira, irteran  $i_A$  induzitu korrontea agertzen delarik. Bestalde, bloke honetan idazten dira datu karakteristikoak ere. 4. irudiak induzituko zirkuitu bati dagokion erregulazio teknikaren diagrama agertzen du.

Induzituko zirkuitua lehen ordenako funtzio batez adierazten da beraz.



### 4. Irudia

KEPA ZALBIDE  
ANDONI SAGARNA