



A 2. Báthory-Brassai Konferencia

BBK 2011 – Balatonlelle

*Nemzetközi Interdiszciplináris
Gazdasági, Műszaki, és Történelmi
Konferencia*

VILLAMOS GÉPEK

EGYSÉGES SZABÁLYOZÁSI ELVE

A TÉRFÁZOR ELMÉLET ALAPJÁN



IMECS Mária

Villamosmérnöki Kar

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia



EMTE
SAPIENTIA
ERDÉLYI MAGYAR
TUDOMÁNYEGYETEM

Kivonat

- A három-fázisú váltakozó áramú (VÁ) villamos gépek (VG) általános jelleggel rendelkező, merőleges kétfázisú, **állapotváltozós** matematikai modelljei **R. H. Park**-ról elnevezett – a szinkron generátoroknál először **1929**-ben alkalmazott – kombinált (fázis- & koordináta-) transzformáció segítségével vezethetők le.
- A módszer **általános jellegét** az adja, hogy érvényes nemcsak szinuszos, hanem a fázismennyiségek bármilyen időbeli változására.
- A **térvektoros** módszer kidolgozása **Kovács K. Pál** és **Rácz István** nevéhez fűződik, amivel sikerült tárgyalni és megmagyarázni a fizikai értelmét a VG-ekben lejátszódó olyan kvázi-állandósult és tranziens jelenségeknek, melyek az akkor klasszikusnak számító VG elmélettel, nem voltak kezelhetők.
- A **térfázor** különböző megnevezései (pillanatértékű szimmetrikus összetevő, **Park / Rácz / Kovács** vektor, háromfázisú / eredő vektor, térvektor, szinor, stb.) a matematikai modell fizikai értelezésének a különböző szintjeit tükrözi, ami fokozatosan vezetett el a **Blaschke**-féle **mező-orientációs elv** ötletéhez.
- **Mező-orientáció**-val egyenáramú (EÁ) modellekhez jutunk, melyek könnyebben lineárizálhatók, s melynek alapján a VG-ek modern szabályozási módszerei lehetővé válnak.
- Következésképpen a **VÁ gépek szabályozása** EÁ-ban történik, mely kiváló szabályozási minőséget biztosít.
- A **térfázoros elmélet**-en alapuló vektoriális szabályozás általános jellege abban áll, hogy gyakorlatilag kiterjesztették minden típusú villamos motoros hajtásra és generátoros üzemmódra, ahol nemcsak **mező**-, hanem **áram**- és **feszültség-orientáció**-t is alkalmaznak.



Tartalom

- 1. Bevezető** (1/5) Ideális kéthurkú szétcsatolt szabályozás, (2/5) EÁ és VÁ motorok összehasonlítása, (3/5) VÁ motor-szabályozási nehézségei, (4/5) Modern szabályozási módszerek, (5/5) Motor-típusok a modern hajtásokban
- 2. Történelmi visszatekintés** (1/9) A térfázor-elmélet előzményei, (2/9) A Park-modell gyökerei, (3/9) Az elhíresült Park-modell, (4/9) Közös koordináta-rendszer alkalmazása, (5/9) A térfázor elmélet vektoriális kidolgozása, (6/9) A Park-/térvektor átnevezése térfázorrá, (7/9) A egységes villamosgép-elmélet, (8/9) A térfázoros és matrixos-elmélet analógiája, (9/9) Blaschke mező-orientációs elve
- 3. A térfázor-elmélet alapjai** (1/2) A térfázor definíciója és tulajdonságai, (2/2) Térfázor változatok a nemzetközi szakirodalomban
- 4. A térfázor-elmélet alkalmazása** (1/2) Mire jó a térfázor? (2/2) Hogyan alkalmazzuk a térfázor-elméletet?
- 5. A mező-orientáció története** (1/5) Ki találta fel a mező-orientációt? (2/5) Kik alkalmazták először a mező-orientációt? (3/5) Ki foglalta össze először a mező-orientációs szabályozási rendszereket? (4/5) Ki írt először önálló könyvet a mező-orientációs vektoriális szabályozási rendszerekről? (5/5) Kik írtak könyvet a mező-orientációs vektoriális szabályozási rendszerekről?
- 6. A mágneses mező-orientáció elve** (1/3) Miben áll a mező-orientációs szabályozási stratégia? (2/3) Hogyan mező-orientálunk? (3/3) Indukciós motorok kéthurkú vektoriális szabályozása
- 7. Az orientációs mező identifikációja** (1/2) Közvetlen fluxus-mérés – direkt mező-orientáció, (2/2) Közvetett fluxus-mérés – direkt és indirekt mező-orientáció
- 8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás** (1/9) Melyik mező szerint orientálunk? (2/9) Mező-orientált indukciós motorok összehasonlítása (I), (3/9) Az elektromágneses nyomaték számítása, (4/9) A mágnesezési áramok számítása, (5/9) Az áramirányító vektoriális vezérlése, (6/9) Indukciós motor mező-orientált szabályozásának összefoglaló blokkvázlata, (7/9) EA hálózatot tápláló egységnyi teljesítményteljesítővel működő szinkron generátor sztátor-mező-orientált szabályozása, (8/9) Mező-orientált VÁ gépek összehasonlítása (II), (9/9) Szinkron generátorok vektoriális szabályozása
- 9. Következtetések** (1/2) Mező-orientáció és vektoriális szabályozás, (2/2) Egységes VG elmélet és egységes szabályozási elv

Szakirodalom (1-131)



1. Bevezető (1/5)

Ideális kéthurkú szétcsatolt szabályozás

- Kezdetben a **villamos energia termelése** és felhasználása egyenáramban (EÁ), az optimálisan felépített **EÁ géppel** történt.
- Miután a villamos energia termelését **váltakozó áramú (VÁ) szinkron generátorok** vették át, mégis az **EÁ motorokkal** szabályozták a meghajtott munkagépeket.
- Az **EÁ gép** konstrukciója megengedi
 - a fordulatszám vagy/és nyomaték, valamint
 - a mágneses mezőegymástól független **kéthurkú szétcsatolt szabályozását**, mely **nagy stabilitást** és **kiváló dinamikát** biztosít a villamos hajtásnak.
- Ma már a megtermelt villamos energia több mint 75%-a **szabályozott VÁ hajtások**-on keresztül használódik fel, azaz alakul át mechanikai energiává.



1. Bevezető (2/5) *EÁ és VÁ motorok összehasonlítása*

Egyenáramú gép (EÁG)

Felépítésénél fogva a külsőgerjesztésű kompenzált EÁG a nyomatékot létrehozó két áramának a **két-hurkú szétcsatolt szabályozása** lehetséges

- a gerjesztő- (állórész-) áram i_e segítségével az eredő mező Ψ_e állandó értéken tartható
- ezért a nyomaték közvetlenül az i_a armatúra-, azaz a forgórész- áram függvénye

Váltakozó áramú gépek (VÁG)

- Elektromágneses szempontból a VÁG-ek nehezen tanulmányozhatók
- A két nyomatékot létrehozó áram **természetes szétcsatolása nem létezik**
- A **nehezen szabályozható** viselkedés a bonyolult matematikai modellel magyarázható
- Hátrányok:
 - többváltozósak
 - változó paraméterűek (hőmérséklettől, frekvenciától, mágneses telítéstől függő)
 - bonyolult belső kapcsolatokkal, visszacsatolásokkal
 - matematikailag nemlineáris szerkezettel (állapotváltozók szorzata)



1. Bevezető (3/5) *VÁ motor-szabályozási nehézségei*

I. Nem-linearitások a matematikai modellben

a **kereszthatások** (KH) hozzák be (angolul: „**cross effect**”)
ezek a motorban végbemenő sajátos fizikai jelenségeknek tulajdonáthatók:

- **elektromágneses KH** – **Faraday** törvénye (elektromágneses indukció)
forgó elektromotoros feszültség (**EMF**): $e \sim \psi \omega$
- **elektromechanikus KH** – **Ampere** törvénye (elektrodinamikus erők)
az elektromágneses nyomaték (**EMNy**): $m_e \sim \psi i$

Megjegyzés:

a ψ fluxus, ω szögsebesség és az i áram, mindhárom **állapotváltozó**

II. A **frekvenciaváltó** szaggatott feszültséggel táplálja a VÁ gépet

III. A klasszikus tanulmányozási és szabályozási eljárások:

- konvencionális időfázoros módszer
- skaláris szabályozási módszer

nem felelnek meg a követelményeknek



1. Bevezető (4/5) *Modern szabályozási módszerek*

- A villamos motorok **optimális működése** adott fordulatszámon és változó terhelés mellett
 - a motor által a hálózathoz felvett áram legyen minimális
 - a feszültség paramétereinek (amplitúdó és frekvencia) megfelelő beállítása (a teljesítmény-elektronikai beavatkozó szerv a sztatikus frekvenciaváltó)
 - a fluxus amplitúdóját az állandó névleges értéken kell tartani (a matematikai modell (MM) lineárizálása)

Modern szabályozási módszerek és eszközök megjelenése:

- Térfázor elmélet
 - Általános állapotváltozós egyenletek
 - Mező-orientációs elv
 - Vektoriális szabályozás
 - ISzM-os frekvenciaváltók (inverterek)
 - Hajtásoknak dedikált DSP-és nagysebességű digitális jelfeldolgozás
- A fentieknek köszönhetően a **forgómezős (háromfázisú) váltakozó áramú (VÁ) gépek** a **szabályozása** hasonlóvá vált, az EÁ motorokéhoz



1. Bevezető (5/5) *Motor-típusok a modern hajtásokban*

- A **forgómezős (3-fázisú) váltakozó áramú (VÁ) gépek bonyolult szabályozása**

a modern szabályozási módszerekkel és eszközökkel hasonlónak váltak az EÁ motorokéhoz

- Napjainkban a fentieknek köszönhetően a villamos hajtásokban a legelterjedtebbek

 - **3 fázisú kefenélküli VÁ motorok:**

 - kalickás forgórészű aszinkron (indukciós) motor (K-IM)
 - permanens-mágneses forgórészű szinkron gép (PM-SzG)
(generátorként is alkalmazzák)

- **Előnyök:**

 - kisebb méretűek,
 - egyszerűbb felépítésűek,
 - igénytelen a karbantartásuk,
 - olcsók,
 - robusztus a viselkedésük



2. Történelmi visszatekintés (1/9)

A térfázor-elmélet előzményei

- **1898** – **Ch. P. Steinmetz** a "*Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena*" (New York/USA) könyvében az áramkörök és váltakozó áramú gépek állandósult állapotára a szinuszos mennyiségeket szimbolikusan **időfázorok**kal ábrázolja.
- **1918** – **C. L. Fortescue** a "*Method of symmetrical co-ordinates applied to the solution of poly-phase networks*" (Trans. of AIEE) cikkében bevezeti a **szimmetrikus összetevők** alkalmazását kiegyensúlyozatlan háromfázisú rendszerek tanulmányozására.
- **1927** – **S. Bekku** a "*Sudden short circuit of alternator*" (Researches of the Electrotechnical Laboratory) írásában általánosít és a tranziens folyamatok tárgyalására bevezeti a **pillanatértékű szimmetrikus összetevők** fogalmát.



2. Történelmi visszatekintés (2/9)

A Park-modell gyökerei

- **1916** – **L. Dryfus**, "*Ausgleichvorgänge beim plötzlichen Kurzschluss von Synchron Generatoren*" (*Archiv f. Elektrotechnik*) írása alapul szolgál Park-nak az 1929-ben közölt ötletéhez a szinkron generátorok modellezésében.
- **1922** – **A. Blondel** "*A complements a la théorie des alternateus á deux réactions*" (*Rev. Gen. Electr.*) a váltakozó áramú gép két merőleges tengely szerinti modellezését tárgyalja.
- **1925-1929** – **R. E. Doherty** & **C. A. Nickle**: "*Synchronous machines*", I és II rész: "*An extension of Blondel's two-reaction theory*", III rész: "*Torque angle characteristics under transient conditions*" (*Trans. of AIEE*) cikkekben továbbfejlesztik a **Blondel** által javasolt kétfázisú villamos gép modellezést, mely később ötletül szolgál Parknak a róla elnevezett modellezés kidolgozásában.



2. Történelmi visszatekintés (3/9)

Az elhíresült Park-modell

- **1929 és 1933** – **R. H. Park** „*Two-reaction theory of synchronous machines. Generalized method of analysis*” cikkét két részben közli (*Transactions of AIEE*), melyben összegezve az addig felvetett modellezési ötleteket, a szinkron generátorokra alkalmazva, kidolgozta a **3-fázisú váltakozó áramú gépek** általános jelleggel rendelkező, **dinamikus üzemmódra** is érvényes, **állapotváltozós, merőleges két-fázisú matematikai modellezés**-ének az alapjait, melyet kombinált (fázis- & koordináta-) transzformáció segítségével vezetett le. Az eredeti számításokat az állórész-változókra is a **forgórészhez rögzített** Descartes-féle koordináta rendszerben, azaz a Gauss-féle komplex számsíkban végezte el.
- A Park-módszer általános jellegét az adja, hogy érvényes nemcsak szinuszos, hanem a fázismennyiségek bármilyen időbeli változására, tehát **alkalmas tranziensek számításra** is.
- **1933** – **Kron Gábor** – aki az AEÁ-ban kutatott – már R. H. Park II. cikkének a hozzászólásában utalt arra, hogy a komplex síkban értelmezett **áramvektor** fizikailag megfelelne **a gerjesztés térbeli eloszlás**-ának.



2. Történelmi visszatekintés (4/9)

Közös koordináta-rendszer alkalmazása

- **Célkitűzés:** a lüktető kölcsönös induktivitások átalakítása **állandó értékű fiktív paraméterekké.**
- **1938 – H. C. Stanley** az *„An analysis of the induction motor”* (*Transactions of AIEE*) című írásában alkalmazza az aszinkron motor forgórész mennyiségeinek a változó-cseréjét az **állórészre való áttranszformálásával.**
- **1951 – Kron Gábor:** *„Equivalent Circuits of Electric Machinery”* (John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y.) című írásában alkalmazza az álló- és forgórész mennyiségek változó-cseréjét egy közös **szinkron sebességgel forgó koordináta rendszer**-re vonatkoztatva.
- **1957 – D. S. Brereton, D. G. Lewis & C. G. Young:** *„Representation of induction motor loads during power system stability studies”* (*Transactions of AIEE*) Park-transzformációhoz hasonlóan az aszinkron motor **álló-részét a forgórészhez kötött koordináta-rendszerre** alakítja át.



2. Történelmi visszatekintés (5/9)

A térfázor elmélet vektoriális kidolgozása

- A térvektoros módszer kifejlesztése **Kovács K. Pál** és **Rácz István** nevéhez fűződik, akiknek az **1954**-ben magyarul megjelent *„Váltakozóáramú Gépek Tranziens Folyamatai”* könyvét öt évvel később **1959**-ben a **Magyar Tudományos Akadémia** németül is kiadta *„Transiente Vorgänge in Wechselstrommaschinen”*, s ezzel **világhírnévre emelte** a *„Magyar Villamos Gép Iskolát”* (mely még ma is használja a **Park-vektor** megnevezést).
- **Vektoriális módszer**-rel sikerült tárgyalni és megmagyarázni a fizikai értelmét a VG-ekben lejátszódó olyan **kvázi-állandósult** és **tranziens** jelenségeknek, melyek az akkor klasszikusnak számító VG elmélettel, nem voltak kezelhetők. Ilyen például a ma már a modern automatizált rendszerek nélkülözhetetlen beavatkozó eszköze a **teljesítmény elektronikai áramirányítóról táplált hajtások**, melyek négyszög hullámú árammal vagy szaggatott (ISzM) feszültséggel üzemelnek.
- **1987** – **Lázár József** angolul is leközli *„Park-Vector Theory of Line-commutated Three-phase Bridge Converters”* (OMIKK-Publisher, Budapest) a már jó pár évvel azelőtt kidolgozott térvektor-elmélet alkalmazását a **3-fázisú hálózati- kommutációs egyenirányítókra**



2. Történelmi visszatekintés (6/9)

A Park-/térvektor átnevezése térfázorrá

- **1967 – J. Stepina** a "*Raumzeiger als Grundlage der Theorie der elektrischen Maschinen*" (ETZ-A Elektrotech.) és "*Verwertung der Raumzeiger bei den Problemen der Nutzungsoberfelder in der Asynchronmaschinen*" (Acta Technica, CSAV) dolgozatokban megmagyarázza a **térvektor időbeli jellegét** és javasolja németül a **Raumzeiger** megnevezést (magyarul: **térfázor**, angolul: **space phasor**).
- **1968 – N. V. Nedelcu** a „*Regimurile de funcționare ale mașinilor de curent alternativ*” (Editura Tehnică, Bukarest) román nyelven megjelent könyvében a **fazor spațialo-temporal reprezentativ** megnevezést (angolul: *representative spatial-temporal phasor*, németül: *raum-zeitlicher Verallgemeinert Zeiger*, franciául: *phaseur spatiaux-temporaux représentatif*), majd később a "*Teoria conversiei electromecanice*" (Editura Tehnică, Bukarest 1978) könyvében **sinor reprezentativ**-nak nevezi (angolul: *representative sinor*, németül: *repräsentativer Sinor*, franciául: *sinor représentatif*) vagy egyszerűen csak a **sinor** megnevezéssel közöl külföldön, főleg Németországban.



2. Történelmi visszatekintés (7/9)

A egységes villamosgép-elmélet

- **1943 – E. Clarke:** „*Circuit Analysis of A-C Power Systems*” I rész: „*Symmetrical and Related Components*” (John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.) alkalmazza a **fázis-transzformációt háromfázisú statikus hálózatok**-nak a komplex síkban való számítására.
- **1942 – Kron Gábor:** „*The application of tensors to the analysis of rotating electrical machinery*” (General Electric Rev., Schenectady/New York/USA) közölte a **mátrixos (tenzoros)** eljárást, mely később az egységes VG elmélethez vezetett.
- **1967 – V. J. Jones:** „*The Unified Theory of Electric Machines*” (London Butterworths) könyvével veti meg az alapját az egységes (általános) villamosgép-elméletnek.



2. Történelmi visszatekintés (8/9)

A térfázoros és matrixos elméletek analógiája

- **1975** – **Retter Gyula**: “*Az Egységes Villamosgépelmélet*”
(*Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, 2. kiadás 1980-ban) könyvét később
- **1987**-ben megváltoztatott címmel “*Matrix and Space-phasor Theory of Electrical Machines*” a *Magyar Tudományos Akadémia* angolul is kiadta.
- Már az új cím is szuggerálja, hogy a **mátrixos** valamint a **térfázoros** elméletek alkalmazása két különböző ábrázolási és számítási módszere ugyanannak a tanulmányozási eljárásnak, melyet az **általános villamosgép-elmélet**-ben használnak.
- A térfázor fizikai értelmének a megmagyarázása vezetett el a **mező-orientáció**-s eljáráshoz, mely a **villamos gépek egységes vektoriális szabályozási elvé**-nek az alapját képezi.



2. Történelmi visszatekintés (9/9)

Blaschke mező-orientációs elve

- A **térfázor** különböző megnevezései (pillanatértékű szimmetrikus összetevő, **Park / Rác** / **Kovács** vektor, háromfázisú / eredő vektor, térvektor, szinor, stb.) a matematikai modell fizikai értelmezésének a különböző szintjeit tükrözi, ami fokozatosan vezetett el
- **1971**-ben a – **F. Blaschke** által közölt – kalickás forgórészű indukciós motorok szabályozására alkalmazott mező-orientáció elvnek az ötletéhez.
- **Mező-orientáció**-val egyenáramú (EÁ) modellekhez jutunk, melyek könnyebben lineárizálhatók, s melynek alapján egységessé válik a villamos gépek szabályozási elve.
- Következésképpen a **VÁ gépek szabályozása** EÁ-ba történik, mely kiváló szabályozási minőséget biztosít.
- A **térfázoros elmélet**-en alapuló **vektoriális szabályozás** általános jellege nemcsak abban áll, hogy gyakorlatilag kiterjesztették minden típusú villamos motoros hajtásra és generátoros üzemmódra, hanem ezenkívül megfelel a többfázisú sztatikus konverterek vezérlésére és a VÁ-ú hálózatok tanulmányozására is, ahol a **mező-orientáció** mellett, **áram-orientáció**-t és **feszültség-orientáció**-t is alkalmaznak.



3. A térfázor-elmélet alapjai (1/2)

A térfázor definíciója és tulajdonságai

$$\underline{g} = k_{Ph} (g_a + \underline{a}g_b + \underline{a}^2 g_c) = k_{Ph} \underline{g}^\Sigma = g_d + \underline{j}g_q$$

$$g_0 = k_0 (g_a + g_b + g_c)$$

$$k_{Sc} = \frac{g_a}{\text{Pr}_a(\underline{g})} = \frac{g_b}{\text{Pr}_b(\underline{g})} = \frac{g_c}{\text{Pr}_c(\underline{g})} = \frac{g_a}{\text{Pr}_{\text{Re}}(\underline{g})} = \frac{g_a}{g_d}$$

$$\underline{m}_e = k_{M1} z_p (\underline{\psi}_s \times \underline{i}_s) = k_{M1} z_p (\underline{\psi}_m \times \underline{i}_s) = k_{M1} z_p (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_m) = k_{M1} z_p (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_r) = \frac{k_{M1} z_p}{1 + \sigma_r} (\underline{\psi}_r \times \underline{i}_s) = \frac{k_{M1} z_p}{1 + \sigma_s} (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_m)$$

$$k_{Ph} k_{Sc} = \frac{2}{3}$$

$$k_{M1} = \frac{3}{2} (k_{Sc})^2 = \frac{2}{3} (k_{Ph})^{-2}$$

$$k_{Sc} = \frac{2}{3} (k_{Ph})^{-1} = k_{Ph} k_{M1}$$



3. A térfázor-elmélet alapjai (2/2)

Térfázor-változatok a nemzetközi szakirodalomban

A NEMZETKÖZI SZAKIRODALOMBAN FELLEMLHETŐ TÉRFÁZOR VÁLTOZATOK

	A térfázornak megfelelő vektor megnevezése	Térfázor- modulus $ g $	Térfázor koefficiens k_{ph}	A zérus-sorrendű összetevő koefficiense k_0	Nyomaték-és teljesítmény-koefficiens k_{M1}	A fázismennyiségek lépték-koefficiense k_{sc}
1	Fázismennyiségeknek megfelelő EREDETI TÉRFÁZOR *	$\hat{g} = G_{max}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{2}$	1
2	EFFEKTÍV ÉRTÉKŰ IDŐFÁZOR -nak megfelelő térfázor	$g^{eff} = G_{eff} = G_{max} / \sqrt{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1}{3}$	3	$\sqrt{2}$
3	HÁROMFÁZISÚ EREDŐ VEKTOR -nak megfelelő térfázor	$g_R = \frac{3}{2} G_{max}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
4	EGYSÉGNYI NYOMATÉK-KOEFFICIENS -nek megfelelő térfázor **	$\frac{\sqrt{3}}{2} G_{max} = \sqrt{3} G_{eff}$	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$
5	PILLANATÉRTÉKŰ SZIMMETRIKUS ÖSSZETEVŐ	$G_{max}/2$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	6	2
6	PILLANATÉRTÉKŰ VONALMENNYISÉGEK -nek megfelelő térfázor	$\frac{\sqrt{3}}{2} G_{max} = \sqrt{\frac{3}{2}} G_{eff}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	2	$\frac{2}{\sqrt{3}}$

* „Clarke”-féle *aszimmetrikus* nem-teljesítményinvariáns fázis-transzformáció (angolul „*Power Non-Invariant Transformation*”)

** „Concordia”-féle *szimmetrikus* teljesítmény invarianciának megfelelő fázis-transzformáció („*Power Invariant Transformation*”)



4. A térfázor-elmélet alkalmazása (1/2)

Mire jó a térfázor?

- A **vektoriális rendszerekben** figyelembe vesszük a villamos gép természetes viselkedését, felhasználva a **térfázor-elmélet** alapján levezetett dinamikus matematikai modellt a
 - **visszacsatolás** mennyiségeinek a becslésében, valamint a
 - **beavatkozó** változók kiszámításában, a szabályozási hurkok kialakításában alkalmazva a **mező-orientáció**-t.
- A korszerű **vektoriális szabályozási eljárások** tehát a **mező-orientáció** elvén alapulnak, ami nemcsak a hajtástechnikában a **VÁ motoroknál**, hanem a villamos energia termelésében a **VÁ generátoroknál** is alkalmazható.
- A fentieknek tulajdonítható, hogy a **tranziens folyamatok** alatt is nagyon **jó dinamikai viselkedést és stabilitást** lehet biztosítani a VÁ-ú rendszereknek, melyek így megközelítik az **egyenáramú hajtások** minőségét.



4. A térfázor-elmélet alkalmazása (2/2)

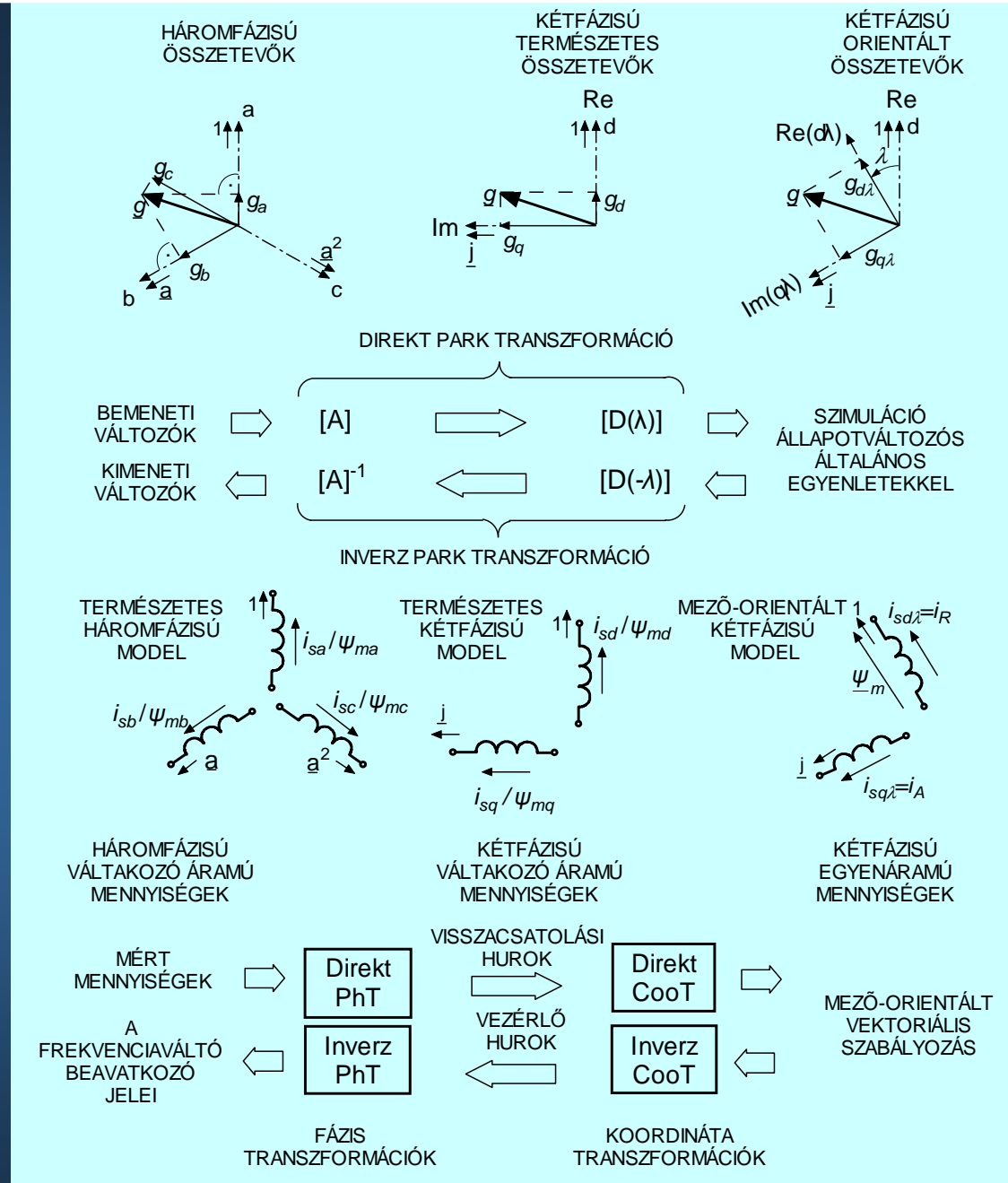
Hogyan alkalmazzuk a térfázor-elméletet?
A **térfázor-** és **mátrix-**elmélet

a váltakozó áramú (VÁ) villamos gépek (VG)

matematikai modellezésében (MM) és mező-orientált (MO)

vektoriális szabályozásában

PhT - fázis-transzformáció az **[A]**
CooT - koordináta-transzformáció a **[D(λ)]** matrix alkalmazásával



5. A mező-orientáció története (1/5)

Ki találta fel a mező-orientációt ?

- **1969** – **K. Hasse** *”Zur Dynamik drehzahl geregelter Antriebe mit stromrichter gespeiste Asynchron-Kurzschlussläufermaschinen“* doktori disszertációjában (*TU Darmstadt*) már alkalmazta a közvetett (indirekt) mező-orientációt, melyet nem nevezett meg.
- **1971**-ben a mező-orientációt a *SIEMENS Zeitschrift* egyazon számában közölt 5 tudományos dolgozattal mutatják be, ezért eredetileg németül nevezik el **”Feldorientierung”**-nak és mint alkalmazott szabályozási eljárás a **”Transvektorregelung”** névvel látják el.
- Az elvet **F. Blaschke** magyarázta meg a cikkében *”Das Prinzip der Feldorientierung, die Grundlage für die Transvektor-Regelung von Drehfeldmaschinen”*, majd két év múlva 1973 ő is ledoktorál (*TU Braunschweig*).



5. A mező-orientáció története (2/5)

Kik alkalmazták először a mező-orientációt?

A "**Feldorientierung**"-nak nevezett mező-orientáció elvét alkalmazó "**Transvektorregelung**" szabályozási rendszer főbb részeinek a leírása (*Siemens-Zeitschrift*, 1971) :

- **W. Flöter** és **H. Ripperger** "*Das Transvektor-Regelung für den feldorientierten Betrieb einer Asynchronmaschine*" egy mező-orientált aszinkron motoros hajtás kísérleti eredményeit mutatja be.
- **K. Böhm** és **F. Wesselak** "*Drehzahlregelbare Drehstromantriebe mit Umrichterspeisung*" a váltakozó áramú hajtások sebesség-szabályozására szolgáló áramirányító bemutatása.
- **K. H. Bayer**, **H. Waldmann** és **H. D. Weibelzahl** "*Die Transvektor-Regelung für den feldorientierten Betrieb einer Synchronmaschine*" egy mező-orientált szinkron motoros hajtás kísérleti eredményeit mutatja be
- **F. Langweiler** és **M. Richter** "*Flusserfassung in Asynchronmaschinen*" Hall-generátoros orientációs fluxus méréstechnikáját írja le.



5. A mező-orientáció története (3/5)

*Ki foglalta össze először
a mező-orientációs szabályozási rendszereket?*

- **1974 - W. Leonhard**
"Regelung in der elektrischen Antriebe"
(Teubner Studienbücher, Stuttgart)
- **1977 - H. Späth**
"Steuerverfahren der Drehstrommaschinen"
(Springer Verlag, Berlin)
- **1983 - W. Leonhard**
"Control of AC machines with help of microelectronics"
(3rd IFAC Symposium on Control
in Power Electronics and Electrical Drives, Lausanne)
- **1985 - W. Leonhard**
"Control of Electrical Drives"
(Springer Verlag, Berlin)



5. A mező-orientáció története (4/5)

*Ki írt először önálló könyvet
a mező-orientációs vektoriális szabályozási rendszerekről?*

Kelemen Árpád és Imecs Mária

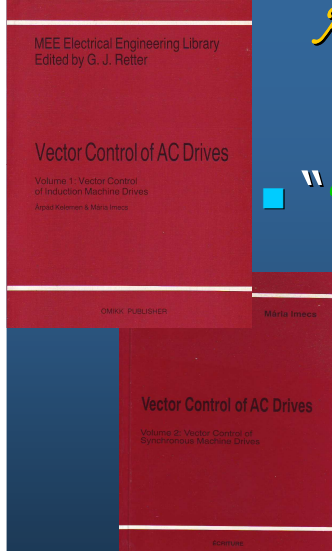
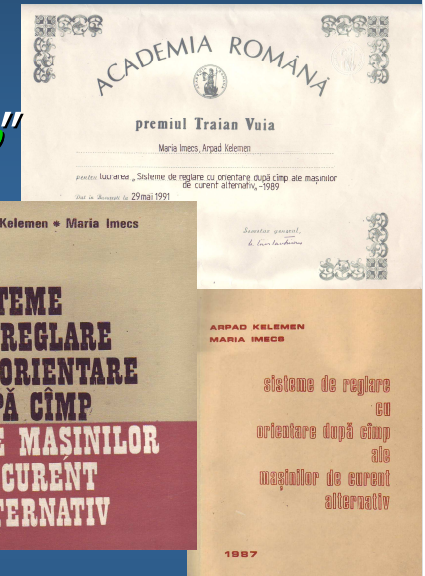
- *"Sisteme de reglare cu orientare după cîmp ale mașinilor de curent alternativ"*
 - **1987** (*Lito, Institutul Politehnic, Cluj-Napoca*)
 - **1989** (*Editura Academiei Române, București*)

*A Román Akadémia 1991-ben „Traian Vuia” Díjával
kötüntetett könyv*

- *"Vector Control of AC Drives"*

- **1991** - *Volume 1: "Vector Control of Induction Machine Drives"*
(OMIKK Publisher, Budapest)
- **1993** - *Volume 2: "Vector Control of Synchronous Machine Drives"*
(Ecriture, Budapest)

*Magyar Feltalálók Egyesületének a "Génius '96" Díja,
a "Szinkron gépek vektoriális szabályozása" munkáért*



5. A mező-orientáció története (5/5)

*Kik írtak még könyvet
a mező-orientációs vektoriális szabályozási rendszerekről?*

- **1992 - I. Boldea, S. A. Nasar**
"Vector Control of AC Drives"
(CRC Press, Boca Raton, Florida, USA)
- **1994 - P. Vas**
"Vector Control of AC Machines"
(Clarendon Press, Oxford, New York, Tokyo)
- **1994 - A. M. Trzynadlowski**
"The Field Orientation Principle in Control of Induction Motors"
(Kluwer Academic Publisher, Boston, Dordrecht, London)
- **„1996, 1998, 2000 – D. W. Novotny, T. A. Lipo**
"Vector Control and Dynamics of AC Drives"
(Clarendon Press, Oxford)
- **1998 - P. Vas**
"Sensorless Vector and Direct Torque Control "
(Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo)



6. A mágneses mező-orientáció elve (1/3)

Miben áll a mező-orientációs szabályozási stratégia?

- A VÁ gépek állórészét tápláló **sztatikus frekvenciaváltó** a villamos gép bemenő tápfeszültségének két paraméterével avatkozhat be:
 - **amplitúdó** (vagy effektív érték)
 - **frekvencia**
- Következésképpen matematikailag ugyancsak két alapjelt lehet előírni a szabályozási struktúrában, melyek az állórész-áram **mező-orientált összetevői**
 - **Reaktív összetevő**, mellyel a mágneses mennyiségeket szabályozzuk (fluxusok, mágnesezési áramok)
 - **Aktív összetevő**, mellyel a mechanikai mennyiségeket szabályozzuk (pozíció, sebesség, nyomaték)



6. A mágneses mező-orientáció elve (2/3)

Hogyan mező-orientálunk?

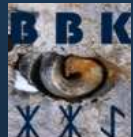
- A **mezőorientáció** elve alapján a gépben végbemenő fizikai jelenségeket, azaz a gép **természetes viselkedését** vesszük figyelembe a szabályozási hurkok kialakításában és a beavatkozó változók generálásában, a **térfázor / Park vektor** elmélete alapján.
- A **mezőorientáció** abban áll, hogy a váltakozó áramú gép áram-vektorát / vektorait a kiválasztott mágneses mező irányába orientált komplex síkban az **aktív és reaktív összetevő**-ire bontjuk.
- Az állórész-áram két összetevője a gép **elektromágneses nyomatékát** létrehozó két mennyiségnek felel meg, melyekkel ugyancsak két változó független, **szétcsatolt** szabályozását lehet elvégezni; ezeket **referencia alapjel**-ként írjuk elő.
- A két szabályozási hurok **újracsatolása** a gép térfázor elméletén alapuló matematikai modellen alapszik, és a rendszer **beavatkozó vezérlési mennyiségei**-nek a generálásából áll.



6. A mágneses mező-orientáció elve (3/3)

Indukciós motorok kéthurkú vektoriális szabályozása

Előírt referencia alapjelek	Szétcsatolt hurok	Közbenső vezérlő mennyiségek		Össze- csatolt hurok	Vezérlő be- avatkozó változók
Pozíció / Sebesség / Nyomaték	→	Aktív állórész-áram összetevő			
			Feszül- ség számítás	X	Feszültség vektor u_s & γ_s
Sztátor / légrés / rotor fluxus	→	Reaktív állórész-áram összetevő			



7. Az orientációs mező identifikációja (1/2)

Közvetlen fluxus-mérés – direkt mező-orientáció

- Az eredetileg alkalmazott **közvetlen mágneses mező-mérési eljárások**-at ma már nem alkalmazzák:
 - **1971 - F. Langweiler** (*Siemens*) fluxusmérés
Hall generátorokkal orientáció
 - **1977 – T. A. Lipo** (*General Electric*) fluxusmérés a
hornyokba elhelyezett tekercsekkel
(fluxus-érzékelésre szolgáló menetek)
- A **közvetlen fluxus-mérés direkt mező-orientáció**-hoz vezet (a fluxus-vektor pozíció-szögét közvetlenül számítjuk ki (a szinkron sebesség integrálása nélkül).



7. Az orientációs mező identifikációja

(2/2)

Közvetett fluxus-mérés – direkt és indirekt mező-orientáció

Közvetett mágneses mező-mérés

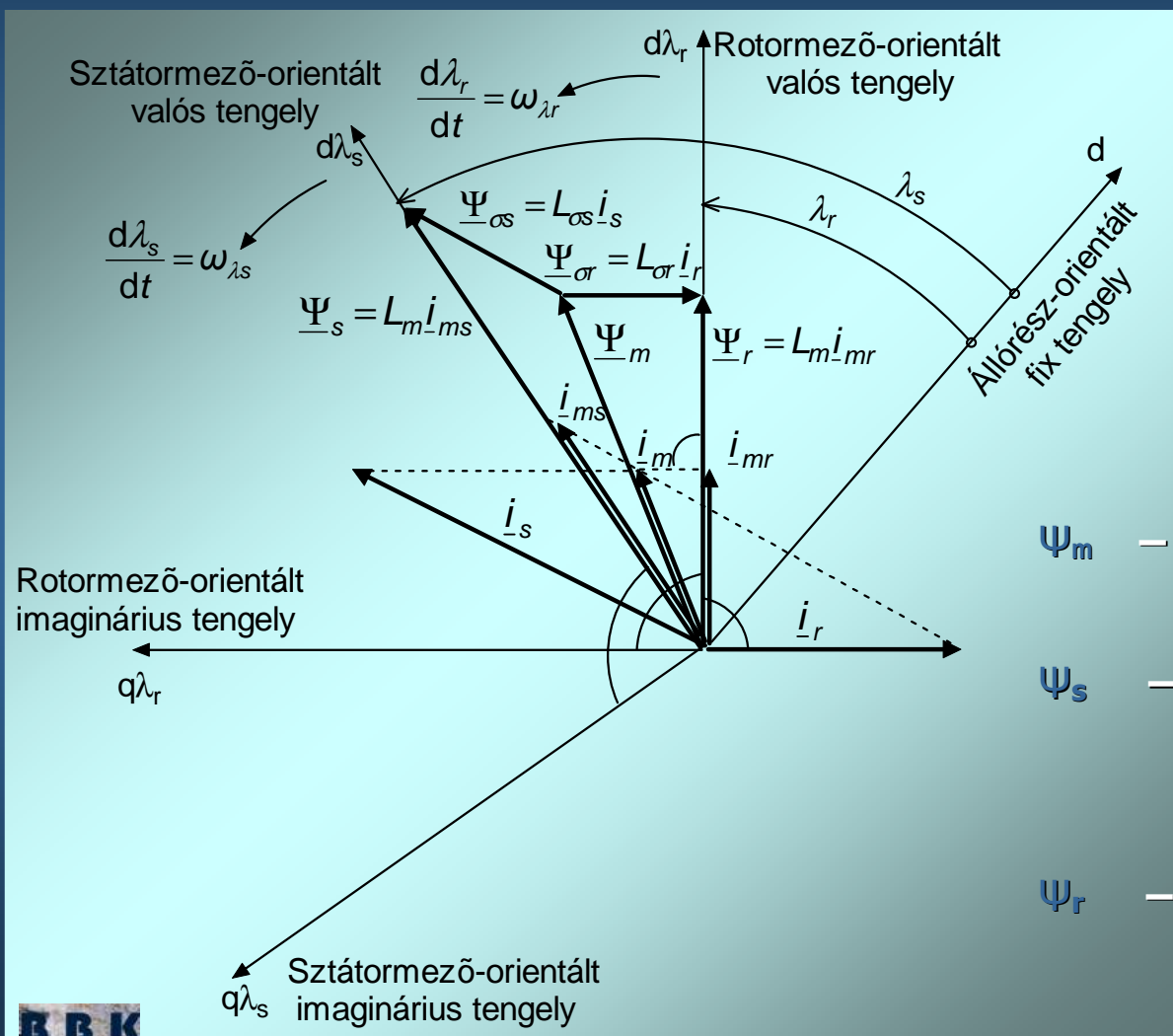
(fluxus identifikáció számítások útján)

- **1969 - K. Hasse** elsőként alkalmazza az **$I-\Omega$ (áram-szögsebesség)** módszert rotor-fluxus-orientált áram-összetevőkkel, mely **indirekt (közvetett) mező-orientáció**-ra vezet (a fluxus-vektor pozíció-szögét a szinkron sebesség integrálásával határozzuk meg)
- **'70-'80-as évek - direkt (közvetlen) mező-orientáció** -ra vezet[módszerek
 - **PWM-VSI** - azaz impulzus-szélesség-modulációs (ISzM) feszültség-inverteres hajtás **$I-\Omega$ módszer** -rel (számítás a forgórész-feszültség egyenletből természetes állórész-áram-összetevőkkel)
 - **PAM-CSI** – azaz impulzus-amplitúdó-modulációs (IAM) áram-inverteres hajtás a sztátár **EMF direkt integrálás**-án alapuló módszerrel (számítás az állórész-feszültség egyenletből természetes állórész-áram-összetevőkkel), mely rotor-mező-orientáció esetén fluxus-kompenzálást igényel.



8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (1/9)

Melyik mező szerint orientálunk?



Az aszinkron motor 3 orientációs fluxusa nemcsak **modulusban** de **térbeli irányban** is különbözik.

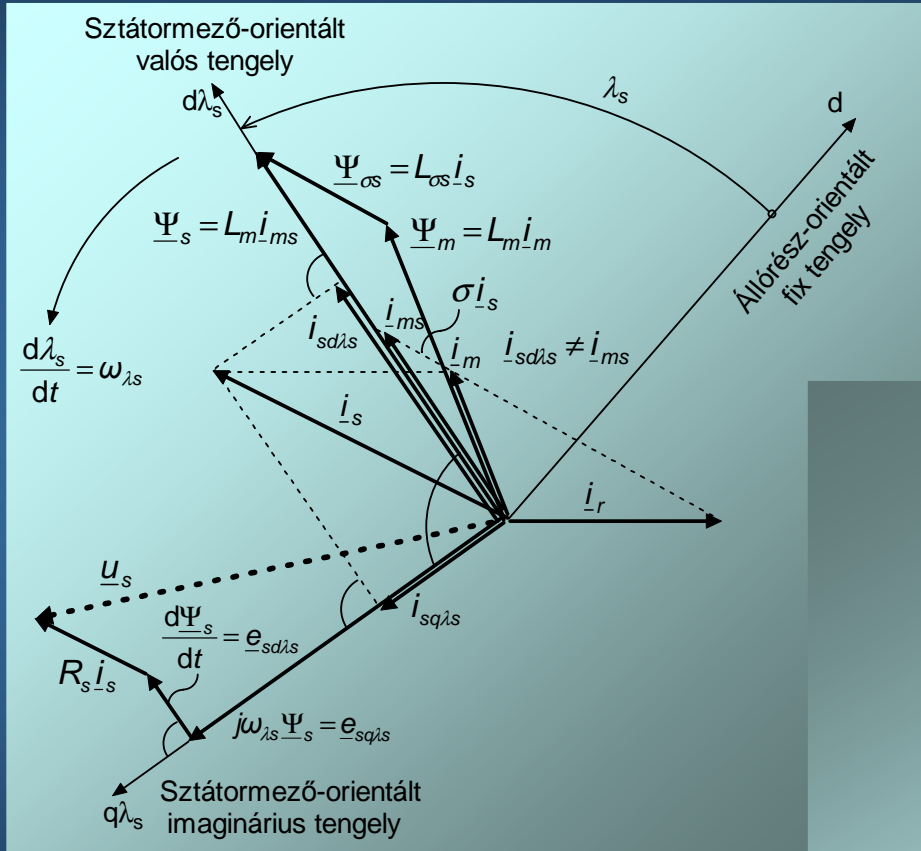
Eredő fluxusok:

- Ψ_m – a **hasznos légrés** vagy **mágnesezési fluxus**
- Ψ_s – a **státor fluxus** magába foglalja a **hasznos fluxust** & a **státor szórását**
- Ψ_r – a **rotor fluxus** magába foglalja a **hasznos fluxust** & a **rotor szórását**

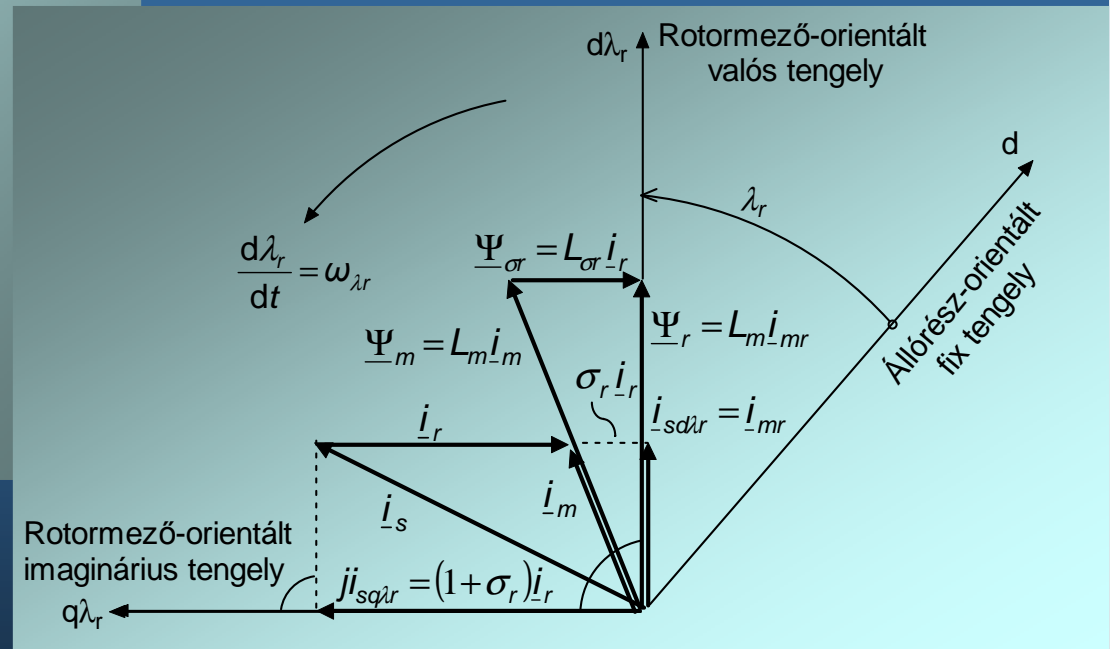


8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (2/9)

Mező-orientált indukciós motorok összehasonlítása (I)



Rotor-mező-orientált kalickás aszinkron motor



Sztátor-mező-orientált kalickás aszinkron motor



8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (3/9)

Az elektromágneses nyomaték számítása

$$\underline{m}_e = k_{M1} z_p (\underline{\psi}_s \times \underline{i}_s) = k_{M1} z_p (\underline{\psi}_m \times \underline{i}_s) = k_{M1} z_p (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_m) = k_{M1} z_p (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_r) = \frac{k_{M1} z_p}{1 + \sigma_r} (\underline{\psi}_r \times \underline{i}_s) = \frac{k_{M1} z_p}{1 + \sigma_s} (\underline{i}_r \times \underline{\psi}_m)$$

$$m_e = k_M (\psi_{s,md} i_{sq} - \psi_{s,mq} i_{sd}) = k_M (\psi_{r,mq} i_{rq} - \psi_{r,md} i_{rq})$$

$$m_e = k_M \psi_{s,m} i_{sq} \lambda_{s,m} = -k_M \psi_{r,m} i_{rq} \lambda_{r,m} = \frac{k_M}{1 + \sigma_r} \psi_r i_{sq} \lambda_r = -\frac{k_M}{1 + \sigma_s} \psi_s i_{rq} \lambda_s$$

A mágnesezési áramok számítása

$$i_{mr} = \frac{\Psi_r}{L_m} = i_{sd} \lambda_r$$

$$i_m = \frac{\Psi_m}{L_m} = \frac{1 + (\Delta\Omega\tau_r)^2 \left(\frac{\sigma_r}{1 + \sigma_r}\right)^2}{1 + (\Delta\Omega\tau_r)^2 \frac{\sigma_r}{1 + \sigma_r}} i_{sd} \lambda_m$$

$$i_{ms} = \frac{\Psi_s}{L_m} = \frac{1 + (\Delta\Omega\tau_r)^2 \sigma^2}{1 + (\Delta\Omega\tau_r)^2 \sigma} i_{sd} \lambda_s$$



8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (4/9)

A mágnesezési áramok számítása

ÖSSZEFÜGGÉSEK A VILLAMOS GÉPEK ÁRAMÁNAK A MEZŐ-ORIENTÁLT ÖSSZETEVŐI KÖZÖTT

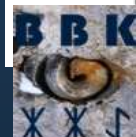
	ÁRAMÖSSZETEVŐK	Reaktív / direkt / hosszanti mágnesező összetevő	Aktív / merőleges / keresztirányú nyomaték-képző összetevő
A VILLAMOS GÉP MODELLJE			
1	Kompenzált egyenáramú gép a szénkefékkel a semleges mágnesezési tengelyen	i_e	$i_a = -i_c$
2	Rotor-mező-orientált kalickás (rövidre-zárt) forgórészű aszinkron (indukciós) gép ($i_r \perp \psi_r$)	$i_{sd\lambda_r} = i_{mr}$	$i_{sq\lambda_r} = -(1 + \sigma_r)i_r$
3	Légrés-mező-orientált két-oldalról táplált tekercselt forgórészű (csúszógyűrűs) aszinkron (indukciós) gép	$i_{rd\lambda_m} \neq i_m$	$i_{rq\lambda_m} \neq i_r$
4	Sztátor-mező-orientált kalickás (rövidre-zárt) forgórészű aszinkron (indukciós) gép	$i_{sd\lambda_s} \neq i_{ms}$	$i_{sq\lambda_s} \neq i_r$
5	Maximális teljesítménytényezővel működő sztátor-mező-orientált szinkron gép ($i_s \perp \psi_s$) *	$i_{ed\lambda_s} = i_{ms}$ és $i_{sd\lambda_s} = 0$	$i_{eq\lambda_s} = -(1 + \sigma_s)i_{sq\lambda_s}$
6	Kapacitív teljesítmény-tényezővel működő sztátor-mező-orientált szinkron gép ($i_{sd\lambda_s} > 0$) **	$i_{ed\lambda_s} = i_{ms} - (1 + \sigma_s)i_{sd\lambda_s}$	$i_{eq\lambda_s} = -(1 + \sigma_s)i_{sq\lambda_s}$
7	Hosszanti armatúra-visszahatás nélkül működő rotor-orientált szinkron gép ($i_s \perp \psi_e$) ***	$i_e = i_{md\theta}$ és $i_{sd\theta} = 0$	$i_{sq\theta} = i_s = i_{mq\theta}$
8	Maximális teljesítménytényezővel működő rotor-orientált szinkron gép ($i_s \perp \psi_s$) ****	$i_e = i_{msd\theta} + (1 + \sigma_s)i_{sd\theta}$	$i_{msq\theta} = (1 + \sigma_s)i_{sd\theta}$

* Maximális (egységnyi) teljesítménytényezővel működő **sztátor-mező-orientált** szinkron gép analóg lesz egy olyan külsőgerjesztésű (KG) kompenzált egyenáramú géppel, melynek a szénkeféi a semleges mágnesezési tengelyen vannak.

** Ha a teljesítmény-tényező nem maximális (kisebb mint 1), akkor a **sztátor-mező-orientált** szinkron gép analóg lesz egy olyan KG kompenzált egyenáramú géppel, melynek a szénkeféi el vannak elforgatva a semleges mágnesezési tengelyhez képest.

*** Hosszanti armatúra-visszahatás nélkül működő **rotor-orientált** szinkron gép analóg lesz egy olyan nem-kompenzált KG egyenáramú géppel, melynek a szénkeféi a semleges mágnesezési tengelyen vannak.

**** Maximális (egységnyi) teljesítménytényezővel működő **rotor-orientált** szinkron gép analóg lesz egy olyan nem-kompenzált KG egyenáramú géppel, melynek a szénkeféi el vannak forgatva a semleges mágnesezési tengelyhez képest.



8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (5/9)

Az áramirányító vektoriális vezérlése

INVERTER TÍPUSOK, IMPULZUS-MODULÁCIÓS ELJÁRÁSOK ÉS A VEKTORIÁLIS BEAVATKOZÓ JELEK

INVERTER TÍPUSOK	IGBT / MOS-FET tranzisztoros "VSI" FESZÜLTÉS-INVERTER (Voltage-Source Inverter)		GTO / közönséges tirisztoros "CSI" ÁRAM-INVERTER (Current-Source Inverter)	
INVERTER KIMENET	FESZÜLTÉS-FORRÁS JELLEGŰ		ÁRAM-FORRÁS JELLEGŰ	
IMPULZUS-MODULÁCIÓS ELJÁRÁSOK	Feszültség impulzus-szélesség moduláció ISzM (PWM) Nyílthurkú feszültség-szélesség-moduláció		Áram-ISzM (PWM) Zárthurkú áram-szélesség-moduláció	
INVERTER SZABÁLYOZÁSI / VEZÉRLÉSI ELJÁRÁSOK	"Carrier-wave" Vivő- (hordozó-) hullámú moduláció	"SVM" Térfázoros moduláció (Space-Vector Modulation)	"Bang-bang" Kétpontos (hiszterézises) áram-szabályozás	"PAM" áramszabályozás az egyenáramú közbensőkörben („DC link”) vagy "PWM" nyílthurkú áram ISzM
AZ INVERTER VEKTORIÁLIS JELLEGŰ VEZÉRLŐ JELEI	A feszültség-vektor 3-fázisú koordinátái: a feszültségek pillanatértékei: $u_{a,b,c}$	A feszültség-vektor poláris koordinátái: modulusa u és térszöge γ	Az áram-vektor 3-fázisú koordinátái: az áramok pillanatértékei: $i_{a,b,c}$	Az áram-vektor poláris koordinátái: modulusa i és térszöge ε
AZ INVERTER VEZÉRLÉSI JELEINEK SZÁMÍTÁSA	Inverz Park-transzformáció -val	Koordináta transzformáció- és vektor-analízissel	Inverz Park-transzformáció -va	Koordináta transzformáció- és vektor-analízissel
SZÁMÍTÁSI BLOKKOK	CooT + PhT Koordináta-transzformáció és fázis-transzformáció	CooT + VA Koordináta-transzformáció és vektor-analizátor	CooT + PhT Koordináta-transzformáció és fázis-transzformáció	CooT + VA Koordináta-transzformáció és vektor-analizátor



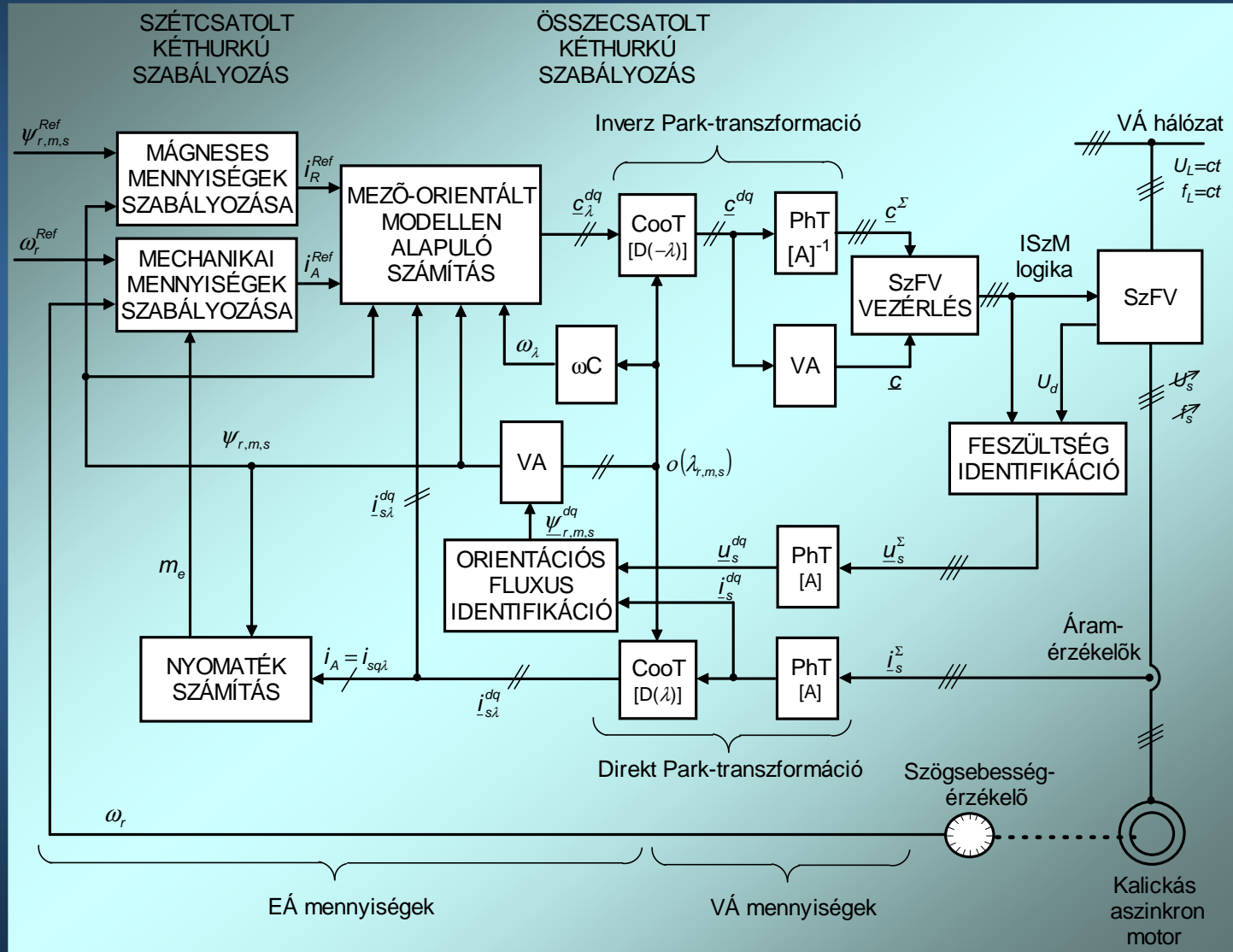
$$\underline{u} = u e^{j\gamma} = k_{Ph} \left(\underline{u}_a + \underline{a} \underline{u}_b + \underline{a}^2 \underline{u}_c \right)$$

$$\underline{i} = i e^{j\varepsilon} = k_{Ph} \left(\underline{i}_a + \underline{a} \underline{i}_b + \underline{a}^2 \underline{i}_c \right)$$

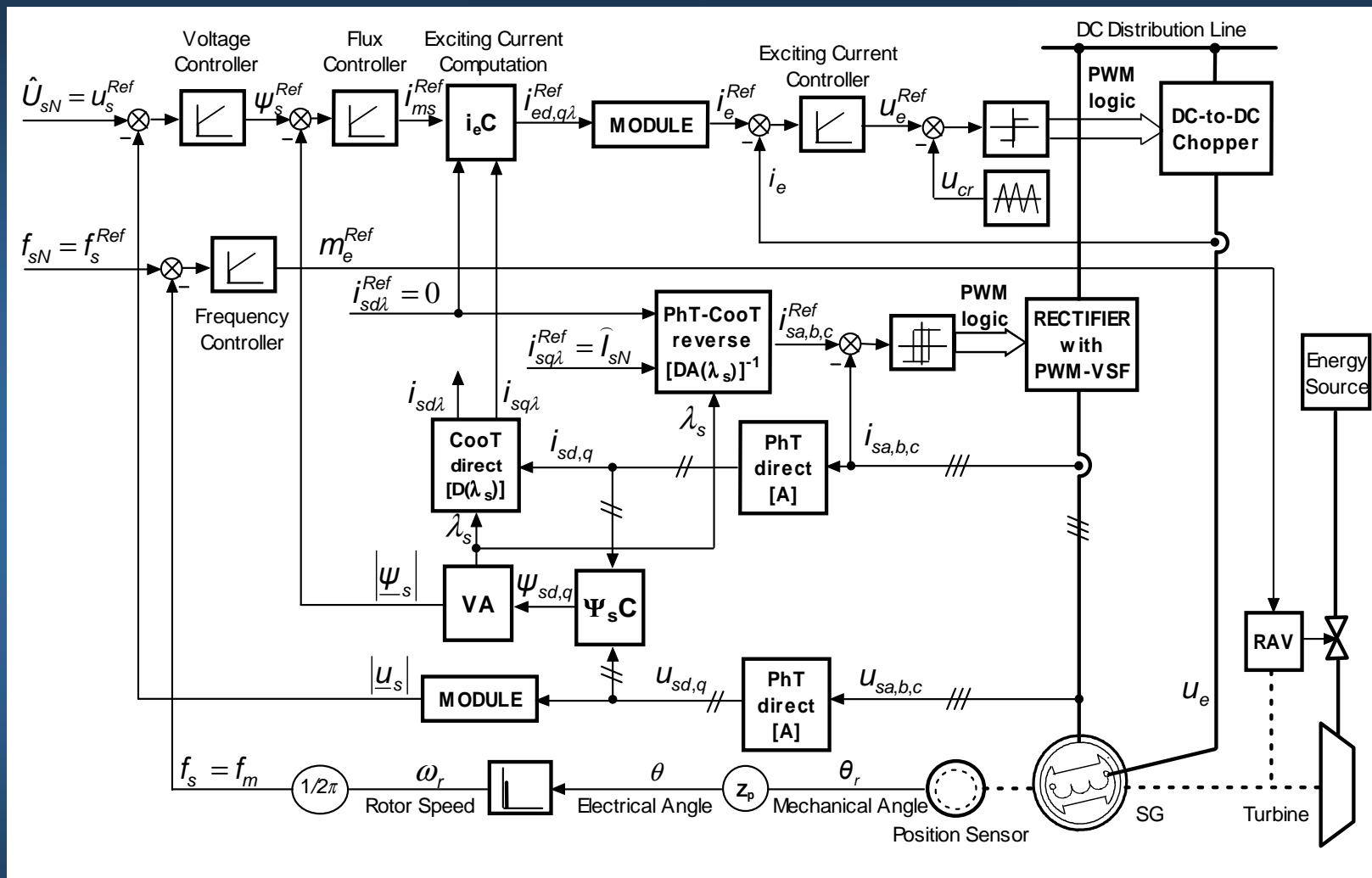


8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (6/9)

Indukciós motor mező-orientált szabályozásának összefoglaló blokkvázlata



8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (7/9)

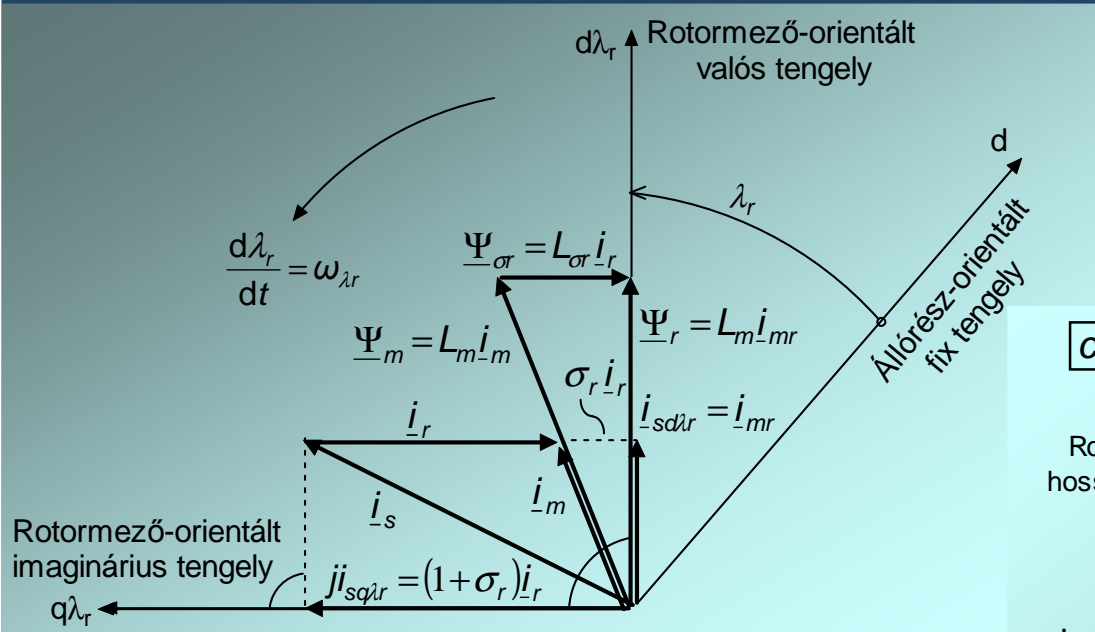


ÉÁ hálózatot tápláló egységnyi teljesítménytényezővel működő szinkron generátor sztátor-mező-orientált szabályozása



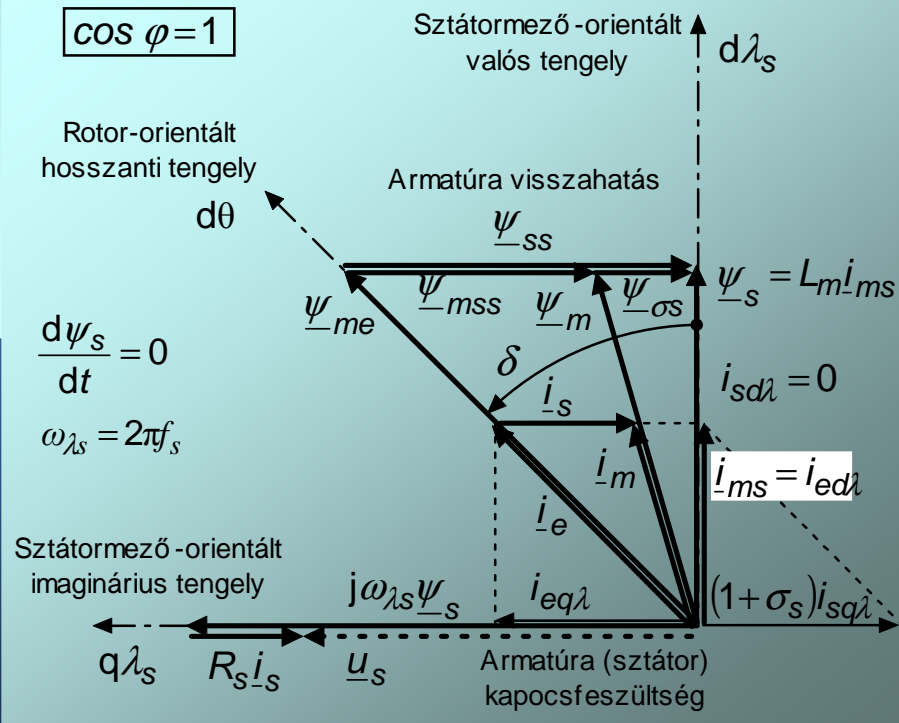
8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (8/9)

Mező-orientált VÁ gépek összehasonlítása (II)



Sztátor-mező-orientált gerjesztő-tekerces szinkron generátor

$\cos \varphi = 1$



Rotor-mező-orientált kalickás aszinkron motor



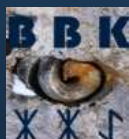
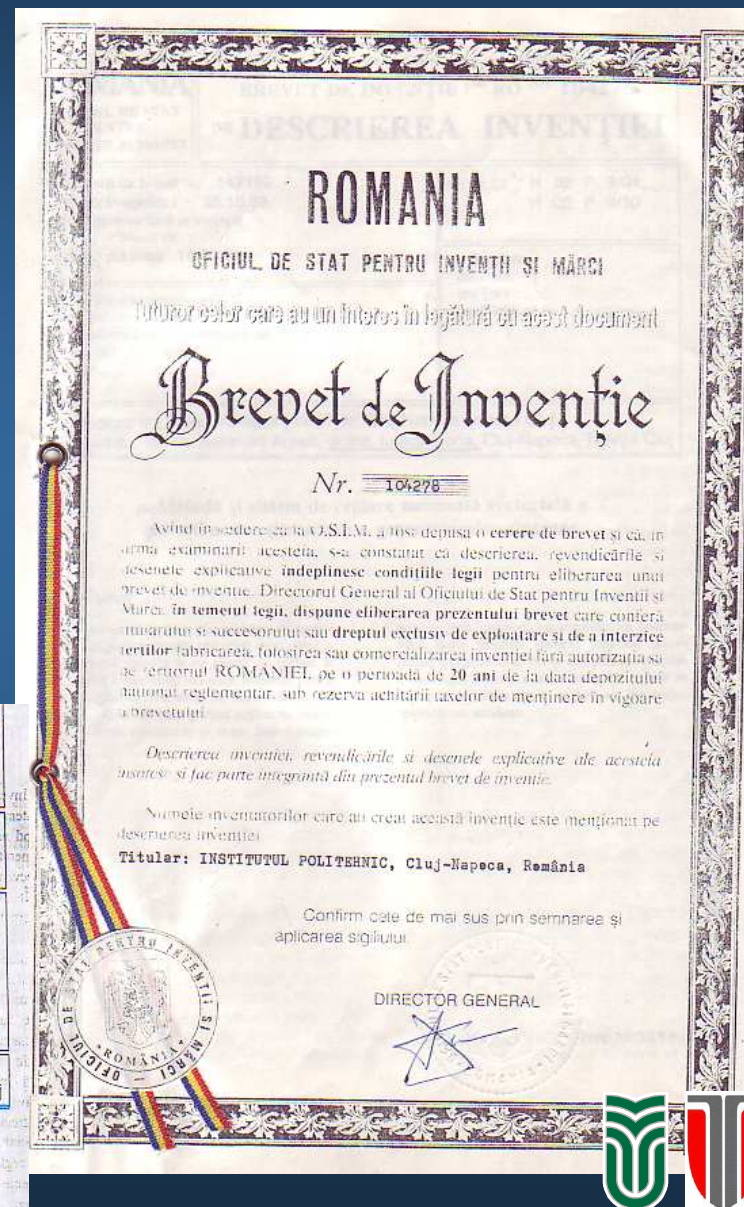
8. Mező-orientációs vektoriális szabályozás (9/9)

Szinkron generátorok vektoriális szabályozása

- A nagyteljesítményű szinkron generátorok mező-orientáción alapuló vektoriális szabályozásának az ötlete **1989**-ben egy **Romániában szabadalmaztatott** [*Kelemen Árpád & Imecs Mária*] **találmány** keretében került nyilvánosságra.
- Külföldön 1990-ben került közlésre az USA-ban a **Boston**-i MIT egyetemen meg-rendezett **ICEM Nemzetközi Villamos Gép Konferencia** alkalmával.
- Könyvben önálló fejezetként 1993-ban jelent meg angolul "*Vector Control of Synchronous Machine Drives*" (*Ecriture, Budapest*).

ROMANIA OFICIUL DE STAT PENTRU INVENTII SI MARCI		BREVET DE INVENTIE (19) RO (11) 104278 (12) DESCRIEREA INVENTIEI	
(21) Cerere de brevet nr.: 142189	(51) Int. Cl. ⁴ : H 02 P 9/04; H 02 P 9/30	(32) Prioritate:	
(22) Data înregistrării: 30.10.89		(33) Data:	
(51) Complementară la invenția brevet nr.:		(31) Certificat nr.:	
(43) Data publicării: 14.02.93			
(86) Cerere internațională(PCT) nr.: data:			
(87) Publicarea cererii internaționale nr.: data:			
(89)			
(71) Solicitant; (73) Titular: Institutul Politehnic, Cluj-Napoca, județul Cluj Inventator: dr.ing. Kelemen Arpad, dr.ing. Imecs Maria, Cluj-Napoca, județul Cluj			

(54)Metodă și sistem de reglare automată vectorială a puterii active și reactive a generatoarelor sincrone



9. Következtetések (1/2)

Mező-orientáció és vektoriális szabályozás

- Az áram mező-orientációja alapján kialakított szétcsatolt **kéthurkos szabályozási struktúra** jó dinamikát biztosít a rendszernek a terhelésben vagy az előírt alapjelben hirtelen beállt változás esetén.
- VÁ hajtások **mezőorientáció** elvén alapuló **vektoriális szabályozási struktúrái** mindenképpen javított dinamikát és stabilitást biztosítanak a **skaláris** rendszerekkel szemben.
- Ennek az a magyarázata, hogy a **mezőorientáció** –val és a vektoriális szabályozási struktúrában figyelembe vesszük a villamos gépek **természetes viselkedés**-t, ami a mágnesezési folyamatot valamint az áramokon és fluxuson alapuló **nyomatékképzés**-t illeti.
- A **mezőorientáció**-t akkor is érdemes előnyben részesíteni, ha csak egyszerűsített vagy indirekt formában lehet alkalmazni, vagy ha gyakorlatilag **kvázi-vektoriális** jelleggel lehet a struktúrát kivitelezni.
- A szabályozási struktúrában a **tranziens folyamatok** időtartalmát még jobban lecsökkenthetjük, ha a mező-identifikáció során valamint a vezérlő mennyiségek számításában figyelembe vesszük a VÁ gép **térfázoros dinamikus matematikai modelljét**.



9. Következtetések (2/2)

Egységes VG elmélet és egységes szabályozási elv

- A térfázor elmélet az **általános villamosgép-elmélethez** vezet, ezek alkalmazása a **mező-orientáció**, ami a villamos gépek **egységes szabályozási elv**-ének az alapjait adta meg.
- **Mező-orientáció**-val egyenáramú (EÁ) modellekhez jutunk, melyek könnyebben lineárizálhatók, s melynek alapján egységessé válik a VG-ek szabályozási elve.
- Következésképpen a **VÁ gépek szabályozása** EÁ-ba történik, mely kiváló szabályozási minőséget biztosít.
- A **térfázoros elmélet**-en alapuló **vektoriális szabályozás általános jellege** nemcsak abban áll, hogy gyakorlatilag kiterjesztették minden típusú villamos motoros hajtásra és generátoros üzemmódra, hanem ezenkívül megfelel a többfázisú sztatikus konverterek vezérlésére és a VÁ-ú hálózatok tanulmányozására is, ahol a **mező-orientáció** mellett, **áram-** és **feszültség-orientáció**-t is alkalmaznak.



Szakirodalom (1/10)

1. Steinmetz, Ch. P., "Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena", New York/USA, 1898.
2. Dryfus, L., "Ausgleichvorgänge beim plötzlichen Kurzschluss von Synchron Generatoren" (in German), *Archiv f. Elektrotechnik*, 1916, 5 S 103.
3. Fortescue, C. L., "Method of symmetrical co-ordinates applied to the solution of poly-phase networks", *AIEE Trans.* Vol. 37, Pt. II, 1918, pp. 1027-1115.
4. Blondel, A., "A complements a la théorie des alternateus á deux réactions" (in French), *Rev. Gen. Electr.* 12, 1922, pp. 203-235.
5. Doherty, R. E., Nickle, C. A., "Synchronous machines", *Trans. AIEE*, Parts I and II: "An extension of Blondel's two-reaction theory", Vol. 45, 1925, pp. 912-947, Part III: "Torque angle characteristics under transient conditions", Vol. 46, 1927, pp.1-18, *Trans. AIEE Quarterly*, Part IV: "Single phase short circuits", Vol. 47, No. 2, April, 1928, pp. 457-492, Part V: "Three phase short circuits", Vol. 48, No. 2. April, 1929.
6. Bekku, S., "Sudden short circuit of alternator", *Researches of the Electrotechnical Laboratory*, No. 203, 1927.
7. Park, R. H., "Two-reaction theory of synchronous machines. Generalized method of analysis", *Transactions of AIEE*, Part I: Vol. 48, 1929, pp. 716-730, Part II: Vol. 52, 1933, pp. 352-355.
8. Stanley, H. C., "An analysis of the induction motor", *Transactions of AIEE*, Vol. 57 (Supplement) 1938, pp. 751-755.
9. Kron, G., "The application of tensors to the analysis of rotating electrical machinery", *General Electric Rev.*, Schenectady/New York/USA, 1942.
10. Clarke, E., "Circuit Analysis of A-C Power Systems, Symmetrical and Related Components", Vol. I: 1943, Vol. II, 1950, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.
11. Gorev, A. A., "Transient Processes of the Synchronous Machines" (in Russian: "Perehodnie procesi sinhronoi masini"), Gosenergoisdat, Moscow/Soviet Union, 1950.
12. Kron, G.: "Equivalent Circuits of Electric Machinery", John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., 1951.
13. Concordia, Ch., "Synchronous Machines", New York/USA, 1951.
14. Concordia, Ch., "Synchronous machines damping and synchronizing torques, *Trans. AIEE*, 1951.
15. Lyon, W. V., "Transient Analysis of Alternating-Current Machinery", Technology Press of MIT and John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., 1954.
16. Kovács, K. P., Rácz, I., "Váltakozóáramú Gépek Tranziens Folyamatai" (in Hungarian), Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary, 1954.
17. Nedelcu, N. V., "Perehodnie procesi v iavnopoliusnih sinhronih masinah (in Russian), PhD Dissertation, MEI Energetic Institute, Moscow/Soviet Union, 1955.
18. Brereton, D. S., Lewis, D. G., Young, C. G., "Representation of induction motor loads during power system stability studies", *Trans. of AIEE*, Vol. 76 August, 1957, pp. 451-461.



Szakirodalom (2/10)

19. Kovács, K. P., Rácz, I., "Transiente Vorgänge in Wechselstrommaschinen" (in German), Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest, Hungary, 1959.
20. Pfaff, G., "Zur Dynamik des Asynchronmotors bei Drehzahlsteuerung mittels veränderlicher Speisefrequenz" (in German), *ETZ-A* 85, H. 22, 1962, pp. 719-724.
21. Nedelcu, N. V., "Eine neue Methode zur Ableitung allgemeiner Betriebsgleichungen von Synchronmaschinen", (in German), *Bul. Inst. Pol. Buc.* XXV, fasc. 3, 1963, pp. 113-132.
22. De Carli, A., Ruberti, A., "Modello matematico di un motore asincrono controlato in frequenza" (in Italian), *L'Elettrotecnica*, Vol. 52, No 12, 1965, pp. 851-859.
23. Jones, V. J., "The Unified Theory of Electric Machines", London, Butterworths, 1967, 542 pgs.
24. Stepina, J., "Raumzeiger als Grundlage der Theorie der elektrischen Maschinen" (in German), *ETZ-A Elektrotech. Z.* 88, No. 23, 1967, pp. 584-588.
25. Stepina, J., "Verwertung der Raumzeiger bei den Problemen der Nutungsoberefelder in der Asynchronmaschinen" (in German), *Acta Technica, CSAV*, 12, 1967.
26. Stepina, J., "Fundamental equations of the space vector analysis of electrical machines", *Acta Technica, CSAV*, Nr. 2, 1968.
27. Naunin, D., "Ein Beitrag zum dynamischen Verhalten der frequenzgesteuerten Asynchronmaschine" (in German), PhD Thesis, Technischen Universität of Berlin, 1968.
28. Nedelcu, N. V., "Performances of AC Electrical Machines" (in Romanian "Regimurile de funcționare ale mașinilor de curent alternativ"), Editura Tehnica, Buchrest, Romania, 1968.
29. Hasse, K., "Zur Dynamik drehzahl geregelter Antriebe mit stromrichter gespeiste Asynchron-Kurzschlussläufermaschinen" (in German), PhD Dissertation, Supervisor Prof. R. Jötten, T. H. Darmstadt, 1969.
30. Kovács, K. P., "Villamos gépek tranziens folyamatai" (in Hungarian), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
31. Blaschke, F., "Das Prinzip der Feldorientierung, die Grundlage für die Transvektor-Regelung von Drehfeldmaschinen" (in German), *Siemens-Zeitschrift*, 45, Heft 10, 1971, pp. 757-760.
32. Flöter, W., Ripberger, H., "Das Transvektor-Regelung für den feldorientierten Betrieb einer Asynchronmaschine" (in German), *Siemens-Zeitschrift*, 45, Heft 10, 1971, pp. 761-764.
33. Bayer, K. H., Waldmann, H., Weibelzahl, H. D., "Die Transvektor-Regelung für den feldorientierten Betrieb einer Synchronmaschine" (in German), *Siemens-Zeitschrift*, 45, Heft 10, 1971.
34. Langweiler, F., Richter, M., "Flusserfassung in Asynchronmaschinen" (in German), *Siemens-Zeitschrift*, 45, Heft 10, 1971, pp. 768-771.
35. Böhm, K., Wesselak, F., "Drehzahlregelbare Drehstromantriebe mit Umrichterspeisung" (in German), *Siemens-Zeitschrift*, 45, Heft 10, 1971.



Szakirodalom (3/10)

36. Nedelcu, N. V., "On voltage equations of Synchronous Machine", ETZ-A, Vol. 92, No. 7, 1971, pp.434-439, Reprint of SIEMENS Aktiengesellschaft, Germany.
37. Blaschke F.: „Das Verfahren der Feldorientierung zur Regelung der Drehfeldmaschine " (in German), PhD Dissertation, Supervisor Prof. W. Leonhard, Technische Universität, Braunschweig, Germany, 1973.
38. Szablya, J. F., Bressane, J. M., "Transfer function of AC machines", *T-PAS*, Jan/Febr, USA, 1973, pp. 177-186.
39. Leonhard, W., "Regelung in der elektrischen Antriebe" (in German), Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1974.
40. Retter, Gy., "The Unified Theory of Electrical Machines", (in Hungarian: "Egységes Villamosgép-elmélet"), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, Hungary, 1st edition, 1975, ISBN 963 10 0879 7, 2nd edition, 1980, ISBN 963 10 2689 2.
41. Kelemen, Á., "Electrical Drives" (in Romanian: "Acționări electrice"), Editura Didactică și Pedagogică, București, Ediția I-a 1975, Ediția a II-a 1979.
42. Späth, H., "Steuerverfahren für Drehstrommaschinen" (in German), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, Tokyo, 1977.
43. Lipo, T. A., "Flux sensing and control of static AC drives by the use of flux coils", *IEEE Trans. On Magn.*, Vol. MAG-13, No 5, Sept. 1977.
44. Naunin, D., "The calculation of the dynamic behaviour of electric machines by space-phasors", *International Conference on Electrical Machines ICEM '78*, Brussels, Belgium, T/5, 1978, pp. 1-11.
45. Nedelcu, N. V., "Theory of Electrical-mechanical Conversion" (in Romanian: "Teoria conversiei electromecanice"), Editura Tehnica, Buchrest, Romania, 1978.
46. Kelemen, A., Imecs, Maria, "Procedeu pentru comanda sistemului de reglare a vitezei motoarelor asincrone. *Brevet de invenție CNST OSIM*, Romania, Nr. 75853/30.03.1979, România.
47. Kelemen Á., Imecs Maria, "Mutatoare" (in Romanian), Editura Didactică și pedagogică, București, 1978, 408 pgs.
48. Kelemen Á., Imecs Maria, Matlac I., Titz, G., "Mutatoare, aplicații" (in Romanian), Editura Didactică și pedagogică, București, 1980, 400 pgs.
49. Kovács, K. P., "Analiza regimurilor tranzitorii ale mașinilor electrice" (in Romanian), translated and completed by Á. Kelemen and Mária Imecs, Technical Press, Bucharest, Romania, 1980.
50. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Power Electronics" (in Romanian: "Electronică de putere"), Editura Didactică și pedagogică, București, 1983, 544 pgs.
51. Boldea, I., Atanasiu, Gh., "The Unified Analysis of Electrical Machines" (in Romanian: Analiza unitară a mașinilor electrice), Romanian Academy Press, Bucharest, Romania, 1983.
52. Leonhard, W., "Control of AC machines with help of microelectronics", *3rd IFAC Symposium on Control in Power Electronics and Electrical Drives*, Survey Paper, Lausanne, Switzerland, 1983.



Szakirodalom (4/10)

53. Vauhkonen, V., "A cycloconverter-fed synchronous motor drive having isolated output phases", *Proceedings of International Conference on Electrical Machines, ICEM '84*, Lausanne, Switzerland, 1984.
54. Leonhard, W., "Control of Electrical Drives", Springer Verlag, Berlin, Germany, 1985.
55. Naunin, D., "Space-phasor representation of damper currents in synchronous machines at different wave-forms", *Electric Machines and Power Systems*, Vol. 10, Nr. 1, 1985.
56. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Analogy between DC- and synchronous machine for field-oriented control", *Proceedings of Beijing International Conference on Electrical Machines BICEM '87*, Beijing, China, China Academic Publishers, 1987.
57. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Analogy between dc-and synchronous machine for field-oriented control", *Proceedings of the Conference on Optimization of Electric, Electronic Driving, Automation ant Computing Equipments OPTIM'87*, Brasov, Romania, Nov. 1987, pp. 293-300.
58. Kelemen, Á., Imecs, Maria, Trifa, V., "Vector control of stepping motors", *Proceedings of the Conference on Optimization of Electric, Electronic, Driving, Automation and Computing Equipments, OPTIM'87*, Brasov, Romania, 1987, pp. 325-336.
59. Kelemen, Á., Imecs, Maria, Trifa, V., "Fundamentals of the vector control of stepping motors", Part I. and Part II., *Proceedings of the 5th National Conference on Electrical Drives CNAE'88*, Timisoara, Romania, May, 1988, pp. 3.25-3.36.
60. Kelemen, Á., Trifa, V., Imecs, Maria, Székely, A., "The identification of PM-hybrid stepping motor for the field orientation control", *Proceedings of the International Conference on Electrical Drives, ICED'88*, Poiana Brasov, Romania, Sept. 1988, pp. C 2.13-1/14.
61. Retter, Gy., "Matrix and Space-phasor Theory of Electrical Machines", Academic Press, Budapest, Hungary, 1987.
62. Lázár, J., "Park-vector Theory of Line-commutated Three-phase Bridge Converters", OMIKK-Publisher, Budapest, Hungary, 1987, ISBN 963 592 727 4, ISSN 0238-4744.
63. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ" (in Romanian), IPCN Press, Cluj-Napoca, Romania, 1987.
64. Imecs, Maria, "Vector Control Systems for Positioning of Induction Motors Fed by Static Converters" (in Romanian: "Sisteme de reglare vectorială a poziției motoarelor asincrone alimentate de la convertoare"), PhD Thesis, Supervisor Prof. A. Kelemen, Polytechnical Institute of Cluj-Napoca, Romania, 1989.
65. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Field-oriented Control Systems of the AC Machines" (in Romanian: "Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ"), Romanian Academy Press, Bucharest, Romania, 1989, 320 pgs.
66. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Procedure and Driving Device for Unitary Automatic Vector Control of the Active and Reactive Power of Synchronous Generators by Means of Frequency and Voltage Regulation" (in Romanian: "Procedeu și dispozitiv pentru reglarea automată, vectorială, în mod unitar a puterii active și reactive a generatoarelor sincrone, prin reglarea frecvenței și tensiunii", *Brevet de invenție CNST OSIM*, Romania, Nr. 104278/30.10.1989, Patent of Invention ISI.



Szakirodalom (5/10)

67. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Vector control system for frequency and voltage of synchronous generators", *Proceedings of International Conference on Electrical Machines, ICEM '90*, Cambridge, Massachusetts, USA, 1990, pp. 416-421.
68. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Vector Control of AC Drives", Vol. 1: "Vector Control Of Induction Machine Drives", OMIKK-Publisher, Budapest, 1991, 304 pgs.
69. Boldea, I., Nasar, S. A., "Vector Control of AC Drives", CRC Press, Boca Raton, Florida, 1992.
70. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Vector Control of AC Drives", Vol. 2: "Vector Control of Synchronous Machine Drives", Ecriture Publisher, Budapest, 1993, Hungary, ISBN 963 593 140 9, 302 pgs.
71. Serrano-Iribarnegaray, L., „The modern space-phasor theory”, Part I: "Its coherent formulation and its advantages for transient analysis of converter-fed AC machines", *ETEP*, Vol. 3, No. 2, March/April 1993, pp.171-180.
72. Serrano-Iribarnegaray, L., „The modern space-phasor theory”, Part II: "Comparison with the generalized machine theory and the space-vector theory", *ETEP*, Vol. 3, No. 3, May/June 1993, pp.213-219.
73. Kazmierkowski, M. P., Tunia, H. "Automatic Control of Converter Fed Drives", Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, 1994.
74. Trzynadlowski, A. M., "The Field Orientation Principle in Control of Induction Motors", Kluwer Academic Publisher, Boston, Dordrecht, London, 1994.
75. Vas, P., "Vector Control of AC Machines", Clarendon Press, Oxford 1994.
76. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Polyphase space-phasor theory for vector control of servo drives", Vol.: "A Romanian Contribution to International Electrical Engineering Science", *Acta Electrotehnica Napocensis*, Technical University of Cluj-Napoca, Romania, Mediamira Science Publisher, Cluj-Napoca, Vol. 35, Nr. 1, 1994, pp. 13-24.
77. Kelemen, Á., Imecs, Maria, "Poly-phase space-phasor theory for vector control of servo drives", *Electric Drive Design and Applications EPE '94 Symposium*, Lausanne, Switzerland, 1994, pp. 301-306.
78. Leonhard, W., „Advances of AC-drives, a review", *Proceedings of the First International Power Electronics and Motion Control Conference IPEM'94*, Beijing, China, China Academic Publishers, 1994, pp. 1-11.
79. Imecs, Maria, Kelemen, Á., "Comparison between multiphase servo drives using the poly-phase space-phasor theory", *Proceedings of the Twenty-Seventh International Conference on Power Conversion, Intelligent Motion and Power Quality – PCIM '95*, Nürnberg, Germany, June 20-22, 1995, pp. 79-91.
80. Novotny, D. W., Lipo, T. A., „Vector Control and Dynamics of AC Drives", Clarendon Press, Oxford, 1996, 1998, 2000.
81. Vas, P., "Sensorless Vector and Direct Torque Control", Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 1998.
82. Birou, I. T. M., "Vector Control of AC Drives Optimized with Fuzzy Logic and H₂ and H_∞ Robust Controllers" (in Romanian: „Reglarea vectorială a acțiunilor de curent alternativ optimizate cu logica fuzzy și reglatoarele robuste H₂ și H_∞"), PhD Thesis, Supervisor Prof. Maria Imecs, Technical University, Cluj-Napoca, Romania, 1998.
83. Imecs, Maria, "Synthesis about pulse modulation methods in electrical drives", Part 1 and Part 2, *Proceedings of CNAE '98*, Craiova, Romania, 1998, pp. 19-33.



Szakirodalom (6/10)

- 84.. Imecs, Maria, "Open-loop voltage-controlled PWM procedures", *Proceedings of ELECTROMOTION '99*, Patras, Greece, Vol. I, 1999, pp. 285-290.
85. Imecs, Maria, Birou, I., Szabó, Cs., "Control strategies for synchronous motors with permanent magnet or constant exciting current", *Proceedings of International Conference on Power Conversion, Intelligent Motion and Power Quality – PCIM '99*, Nürnberg, Germany, 1999, pp. 339-344.
86. Imecs, Maria, "How to correlate the mechanical load characteristics, PWM and field-orientation methods in vector control systems of AC drives", *Bulletin of Polytechnic Institute of Iassy*, Tomul XLVI (L), Fasc. 5, 2000, pp. 21-30.
87. Imecs, Mária, "Villamos hajtások szabályozása mai szemmel", Plenáris előadás, *ENELKO 2000, Energetika-Elektrotechnika Konferencia*, Kiadó: EMT, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2000, pp. 7-16.
88. Szabó, Cs., Imecs, Mária: "Permanens mágnes forgórészű szinkron motorok szabályozásának szimulációs modelljei", *ENELKO 2000, Energetika - Elektrotechnika Konferencia*, Kiadó: EMT, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2000, pp. 44-49.
89. Incze, J. J., Imecs, Mária, "Aszinkron motorok általánosított modellje és szimulációja", *ENELKO 2000, Energetika - Elektrotechnika Konferencia*, Kiadó: EMT, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2000, pp. 32-37.
90. Imecs, Mária, "Villamos hajtások", *Terminológia, Magyar nyelvű szakelőadások a 2000-2001-es tanévben, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar*, Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2001, pp. 64-68.
91. Imecs, Mária, "Teljesítményelektronika", *Terminológia, Magyar nyelvű szakelőadások a 2000-2001-es tanévben, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar*, Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2001, pp. 69-73.
92. Imecs, Mária, Szabó, Cs., Incze, J. J., "Frekvenciaváltós villamos hajtások négynegyedes üzemmódban", *ENELKO 2002, Energetika - Elektrotechnika Konferencia*, Kiadó: EMT, Kolozsvár/Cluj-Napoca, Románia, 2002, pp. 53-58.
93. Imecs, Mária, Incze J. J., Szabó, Cs., Ádám, T., "Váltakozó áramú motorok skaláris és vektoriális szabályozási struktúrái", Plenáris előadás, *ENELKO 2003, Energetika - Elektrotechnika Konferencia*, Kiadó: EMT, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2003, pp. 82-98.
94. Imecs, Maria, Szabó, Cs., "Control structures of induction motor drives - state of the art", Plenary paper, *WESIC 2003* Lillafüred, Ed. Miskolc University, 2003, ISBN 963 661 570, pp. 495-510.
95. Vásárhelyi J., "Reconfigurable Architectures for Vector Control Structures of Induction Motor Drives" (in English). PhD Thesis, Supervisor Prof. Maria Imecs, Technical University of Cluj-Napoca, Romania, 2004.
96. Incze, I. I., "Implementation of Scalar and Vector Control Structures for Induction Motors" (in Romanian: "Implementarea unor structuri de comandă scalară și reglare vectorială pentru motoare de inducție"), PhD Thesis, Supervisor Prof. Maria Imecs, Technical University of Cluj-Napoca, Romania, 2004.



Szakirodalom (7/10)

97. Imecs, Mária, Szabó, Cs., "Villamos hajtások matematikai modellezése és szimulálása (I): Külső gerjesztésű kompenzált egyenáramú motorok", *Terminológia, Magyar nyelvű szakelőadások a 2002-2003-es tanévben, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar*, Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2004, pp. 39-46.
98. Imecs, Mária, Szabó, Cs., "Villamos hajtások matematikai modellezése és szimulálása (II): Impulzus-szélesség-modulációs áramirányítók", *Terminológia, Magyar nyelvű szakelőadások a 2002-2003-es tanévben, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar*, Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2004, pp. 47-55.
99. Imecs, Mária Szabó, Cs., "Villamos hajtások matematikai modellezése és szimulálása (III): permanensmágneses-forgórészű szinkronmotor", *Terminológia, Magyar nyelvű szakelőadások a 2002-2003-es tanévben, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar*, Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Romania, 2004, pp. 56-64.
100. Imecs, Maria, Incze, I. I., Szabó, Cs., Ádám, T., Szóke Benk, Enikő, "Kis és nagy teljesítményű hálózatbarát egyenáramú közbenső-körös frekvenciaváltós hajtások", Plenary paper, *International Conference of Energetics and Electrical Engineering ENELKO 2004*, Kolozsvár/Cluj-Napoca, Románia, 2004, ISBN 973-86852-9-X, pp. 86-96.
101. Incze, J. J., Imecs, Mária, Mátis, I., Szabó, Cs., "Korszerű kísérleti próbapad szabályozott váltakozóáramú hajtások fejlesztésére", *International Conference of Energetics and Electrical Engineering ENELKO 2005*, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2005, ISBN 973-7840-06-2, pp. 62-68.
102. Incze, I. I., Szabó, Cs. Mátis, I., Imecs, Mária, Zoltán E. A., "Váltakozóáramú villamos hajtások vezérlésének kísérleti implementációja", *International Conference of Energetics and Electrical Engineering ENELKO 2005*, Kolozsvár / Cluj-Napoca, Románia, 2005, ISBN 973-7840-06-2, pp. 69-75.
103. Imecs, Maria, Trzynadlowski, A. M., Incze I. I., Szabó, C., "Vector control schemes for tandem-converter fed induction motor drives", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 20, No. 2, 2005, pp. 493-501.
104. Incze, I. I., Imecs, Maria, Szabó, Cs., Vásárhelyi, J., "Orientation-field identification in asynchronous motor drive systems", *6th IEEE-ICCC International Carpathian Control Conference*, Lillafüred, Ed. Miskolc University, Vol. I, 2005, ISBN 963 661 644 2, pp. 131-136.
105. Incze, I. I., Szabó, Cs., Imecs, Maria, Mátis, St., Szóke, Enikő, "Computer controlled up-to-date experimental equipment for ac drive development", *6th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, HUCI '05*, Budapest, Hungary, 2005, ISBN .963 7154 43 4, pp. 355-365.
106. Imecs, Maria, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Stator-field-oriented control of the variable-excited synchronous motor: numerical simulation", *The 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence HUCI '06*, Budapest, Hungary, 2006, ISBN 963 7154 54 X, pp. 95-106.



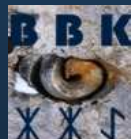
Szakirodalom (8/10)

107. Szabó, Cs., "Implementation of Scalar and Vector Control Structures for Synchronous Motors" (in Romanian "Implementarea unor structuri de comandă scalară și reglare vectorială pentru motoare sincrone"), PhD Thesis, Supervisor Prof. Maria Imecs, Technical University of Cluj-Napoca, Romania, 2006.
108. Imecs, Maria, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Stator-field-oriented vectorial control for VSI-fed wound-excited synchronous motor", *International Aegean Conference on Electric Machines and Power Electronics and International Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems ACEMP & ELECTROMOTION'2007 Joint Conference*, Bodrum, Turkey, 2007, ISBN 978-975-93410-2-2, pp. 303-308.
109. Szabó, Cs., Imecs, Maria, Incze, I. I., "Synchronous motor drive with controlled stator-field-oriented longitudinal armature reaction", *The 33rd International Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2007*, Taipei, Taiwan, CD-ROM, 2007, IEEE Cat. No. 07CH37855D, ISBN 1-4244-0783-4, ISSN 1553-572X, & Conference Digest p. 105.
110. Maria, Imecs, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Modelling and simulation of controlled bi-directional power electronic converters in a DC energy distribution line with AC grid- and motor-side active filtering", *12th European Conference on Power Electronics and Applications EPE 2007*, Aalborg, Denmark, 2007, CD-ROM, ISBN 9789075815108/IEEE Catalog No. 07EX1656C. Proceeding ISI (Web of Knowledge).
111. Imecs, Maria, Incze, I. I., Szabó, Cs., "Control of the energy flow in a dc distribution line, autonomous synchronous generator and ac grid by means of power electronic converters: modeling and simulation", *ICCC 2008, 9th International Carpathian Control Conference ICC 2008*, Sinaia, Romania, 2008, ISBN 978-973-746-897-0, pp. 255-258.
112. Imecs, Maria, Incze, I. I., Szabó Cs., "Stator-field oriented control of the synchronous generator: numerical simulation", *Proc. of the 12th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems INES 2008*, Miami, Florida (USA), 2008, CD-ROM, pp. 93-98, ISBN 978-1-4244-2083-4, IEEE Catalog Number: CFP08IES-CDR, Library of Congress: 2008900450.
113. Imecs, Maria, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Modelling and simulation of a vector controlled synchronous generator supplying a DC energy distribution line coupled to the AC grid", *19th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2008*, Ischia, Italy, 2008, CD-ROM, pp. 538-543, IEEE Catalog Number CFP 0848 A-CDR, ISBN 978-1-4244-1664-6, Library of Congress: 2007936381.
114. Szabó, Cs., Incze, I. I., Imecs, Maria, "Szinkronmotor fluxusának áram-modellen alapuló identifikációja" (in Hungarian), *9th International Conference on Energetics, Electrical Engineering and Informatics, ENELKO '08*, Csíksomlyó / Șumuleu-Ciuc, Romania, 2008, pp. 64-69, ISSN 1842-4546.
115. Imecs, Maria, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Vector control of the cage induction motor with dual field orientation", *9th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics CINTI '08*, Budapest, Hungary, 2008, ISBN 978-963-7154-82-9, pp. 47-58.



Szakirodalom (9/10)

116. Imecs, Maria, "A survey of speed and flux control structures of squirrel-cage induction motor drives", *Acta Universitatis Sapientiae, Vol. Electrical and Mechanical Engineering, Scientific Journal of Sapientia University of Transilvania*, Vol. 1, Scientia Publishing House, 2009, ISSN 2065-5616, <http://www.acta.sapientia.ro> and pp. 5-28.
117. Incze, I. I., Szabó, Cs., Imecs, Maria, "Voltage-model-based flux identification in synchronous machine drives", *10th International Carpathian Control Conference ICCC '09*, Zakopane, Poland, 2009, ISBN 8389772-51-5, pp. 253-256.
118. Imecs, Maria, Incze, I. I., Szabó, Cs., "Dual Field Orientation for Vector Controlled Cage Induction Motors", *Proc. of the 11th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, INES '09*, Barbados, 2009, CD-ROM, ISBN 978-1-4244-4111-2, pp. 143-148.
119. Imecs, Maria, Incze, J. J., Szabó, Cs., "Fluxus-identifikációs és szabályozási módszerek kalickás indukciós motorok mező-orientált hajtásrendszereiben" (in Hungarian), *10th International Conference on Energetics, Electrical Engineering, ENELKO & 19th International Conference on Computer Science SzamOkt '09*, Marosvásárhely / Tîrgu Mureş, Romania, 2009, ISSN 1842-4546, pp. 60-65.
120. Imecs, Mária, "Kalickás indukciós motorok forgó- és állórész mező-orientált vektoriális szabályozási rendszereinek összehasonlítása" (in Hungarian), *10th International Conference on Energetics, Electrical Engineering, ENELKO & 19th International Conference on Computer Science SzamOkt '09*, Marosvásárhely / Tîrgu Mureş, Romania, 2009, ISSN 1842-4546, pp. 66-71.
121. Imecs, Mária, Szabó, Cs., Incze, J. J., "Kalickás indukciós motorok vektoriális szabályozása kettős mező-orientációval" (in Hungarian), *10th International Conference on Energetics, Electrical Engineering, ENELKO & 19th International Conference on Computer Science SzamOkt '09*, Marosvásárhely / Tîrgu Mureş, Romania, 2009, ISSN 1842-4546, pp. 72-77.
122. Szabó, Cs., Incze, I. I., Imecs, Maria, "Double-field orientation of unity power factor synchronous motor drive", *14th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems INES 2010*, Las Palmas of Gran Canaria, Spain, 2010, CD-ROM, ISBN 978-1-4244-7651-0.A.
123. Imecs, Maria, "Vector control of the current-excited synchronous generators", *Proceedings of the 2nd International Conference in Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Science and Robotics MACRo2010*, Tg. Mures, Scientia Publishing House, Cluj-Napoca, 2010, ISBN 978-973-1970-39-4, pp.143-154.
124. Imecs, Maria, "Unitary control theory of the electrical machine drives", Vol.: "*Förderung der nachhaltigen Entwicklung im Donaauraum durch kulturelle und wissenschaftliche Zusammenarbeit*" ("*Promovarea dezvoltării durabile în spațiul dunărean prin cooperare culturală și științifică*"), Humboldt-Kolleg Cluj-2010, Alexander von Humboldt Stiftung/Foundation, Humboldt-Transilvania Club Klausenburg / Cluj-Napoca, Rumänian /Romania, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 2010, pp. 328-338.



Szakirodalom (10/10)

125. Imecs, Maria, Szabó, Cs., Incze, I. I., "Comparison of rotor- and stator-field-oriented control structures of the induction motors", *11th International Carpathian Control Conference – ICC 2010*, Eger, Hungary, May 2010, ISBN 978-963-06-9289-2, pp. 35-38.
126. Preda, N. S., Rus, D. C., Incze, I. I., Imecs, Maria, Szabó, Cs., "Fixed-point DSP implementation of advanced discontinuous PWM methods", *11th International Carpathian Control Conference – ICC 2010*, Eger, Hungary, 2010, ISBN 978-963-06-9289-2, pp. 149-152.
127. Preda, N. S., Rus, D. C., Incze, I. I., Imecs, Maria, Szabó, Cs., "Analysis and DSP implementation of flat-top space-vector modulation", *Scientific Bulletin of "Politehnica University of Timișoara"*, Romania, Transactions on Automation Control and Computer Science (BS-UPT TACCS), Vol. 55 (69), No. 2, June 2010, pp. 73-80. Szabó, Cs., Imecs, Maria, Incze, I. I., "Synchronous Motor Drive at Maximum Power Factor with Double Field-Orientation", *Acta Universitatis Sapientiae Vol. Electrical and Mechanical Engineering, Scientific Journal of Sapientia University of Transilvania*, Vol. 2, 2010, Scientia Publishing House, Cluj-Napoca, ISSN 2065-5616, pp. 16-26. <http://www.acta.sapientia.ro>
128. Incze, I. I., Negrea, A., Imecs, Maria, Szabó, Cs., "Incremental encoder based position and speed identification. Modeling and simulation", *Acta Universitatis Sapientiae Vol. Electrical and Mechanical Engineering, Scientific Journal of Sapientia University of Transilvania*, Vol. 2, Scientia Publishing House, Cluj-Napoca, 2010, ISSN 2065-5616, pp. 27-39, <http://www.acta.sapientia.ro>
129. Incze, I. I., Szabó, Cs., Imecs, Maria, "Modeling and simulation of an incremental encoder used in electrical drives", Vol.: *"Studies in Computational Intelligence"*, Editors: Imre J. Rudas, János Fodor, Janusz Kacprzyk, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-642-15219-1, e-ISBN 978-3-642-15220-7, DOI 10.1007/978-3-642-15220-7, 2010, pp. 287-300.
130. Imecs, Maria, "Modern control procedures of the electrical machines based on the space-phasor theory" (in Hungarian: "A villamos gépek modern szabályozási módszerei a térfázor elmélet alapján"), Plenary paper, *XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülészaka – FMTU Nemzetközi Tudományos Konferencia / International Scientific Conference*, Erdélyi Múzeum Egyesület kiadványa / Ed. Transilvanian Museum Association, Kolozsvár / Cluj, 2011, ISSN 2067-6 808, pp. XIX-XLIV.
131. Imecs, Maria, "From space-phasors to the modern control theory of the AC motor drives", *Proceedings of the 3rd International Conference in Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Science and Robotics MACRo2011*, Tg. Mures, Scientia Publishing House, Cluj-Napoca, 2011, ISBN 978-973-1970-54-7, pp.143-154.



Köszönetnyilvánítás

Dr. INCZE János Jób és Dr. SZABÓ Csaba

munkatársaimnak

akik számos közös tudományos munkánk társszerzői

a szabályozási rendszerek szimulálására

és implementációs kísérletekre áldozott munkájukért,

melyekkel alátámasztották a kutatási eredmények

érvényességét

és ötletül szolgáltak újabb megoldásokhoz





MAGYAR
ILÁGTALALKOZÓ
BALATONLELLE - 2011. JÚNIUS 30 - JÚLIUS 3



BÁTHORY – BRASSAI KONFERENCIA
XPIΞENT – XHΛAT JCCΘΞKCTA

*Köszönöm
a megtisztelő figyelmüket!*

