Elektromechanické aktuátory
(časť 2)

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
maga@yhnet.sk

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Obsah

Časť 2:
Indukčný stroj
Synchrónny stroj
Jednosmerný stroj

Hodnotenie prednášky + študijné materiály:
www.kiwiki.info

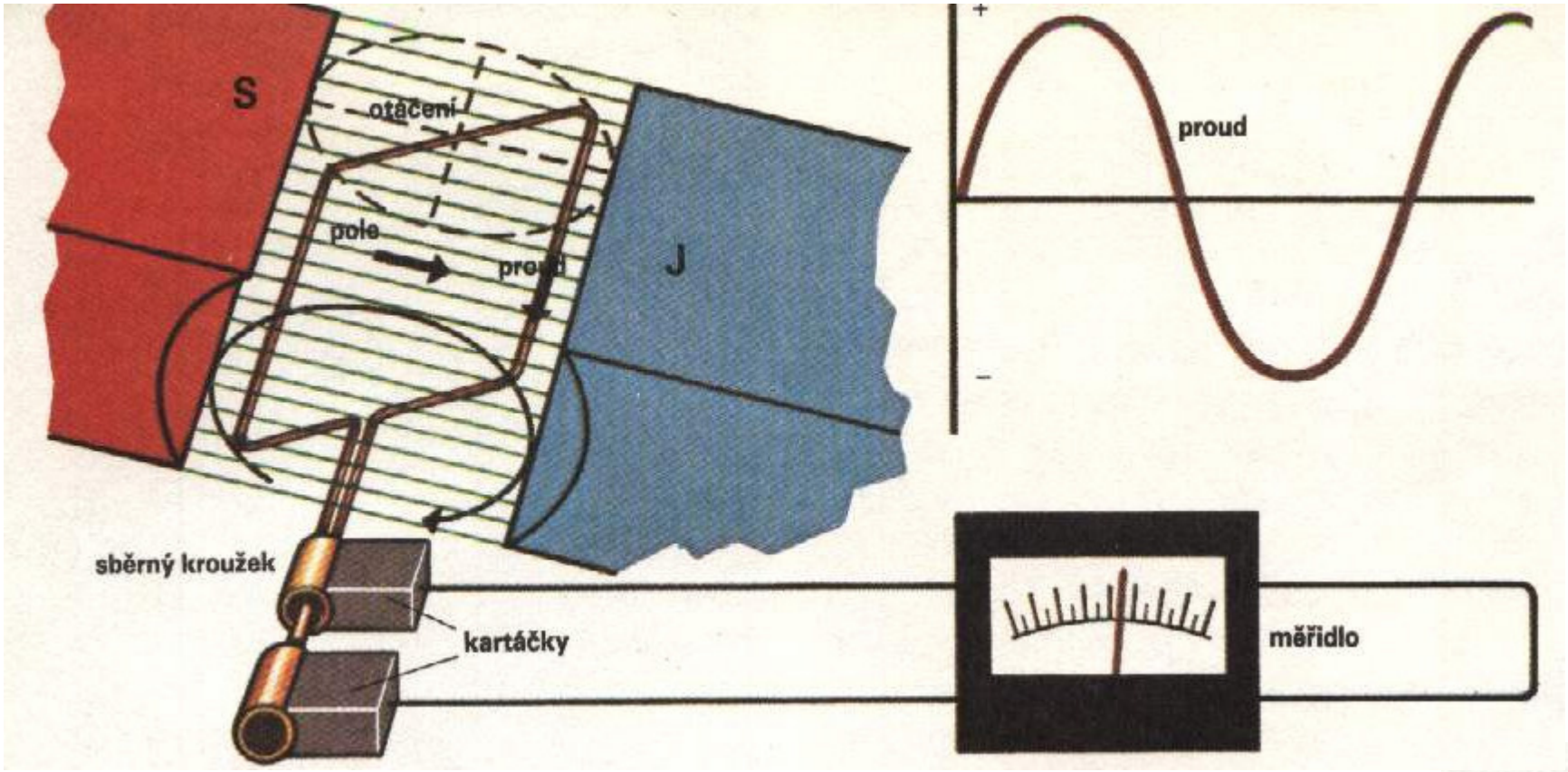
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



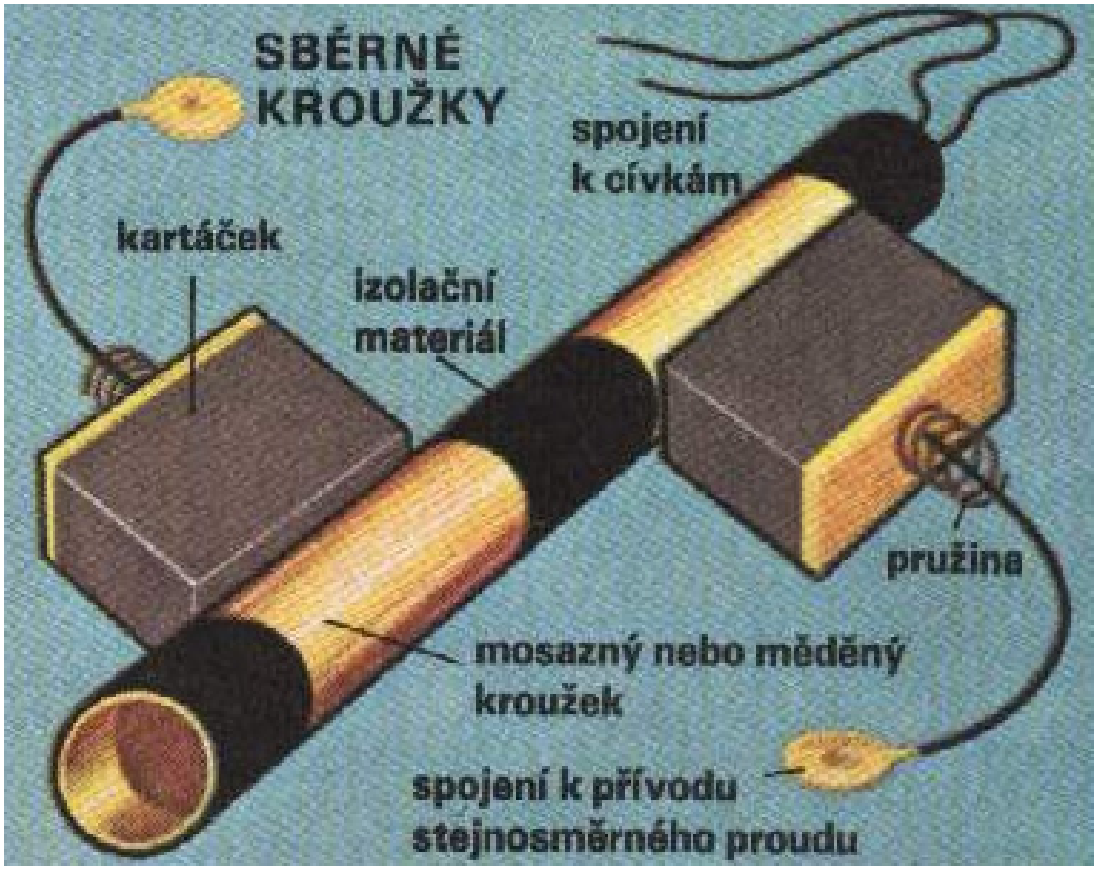
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia

$$u_i = Blv$$

$$F = Bil$$

$$i = \frac{u_i}{R_2}$$

$$M = F\frac{D}{2}$$

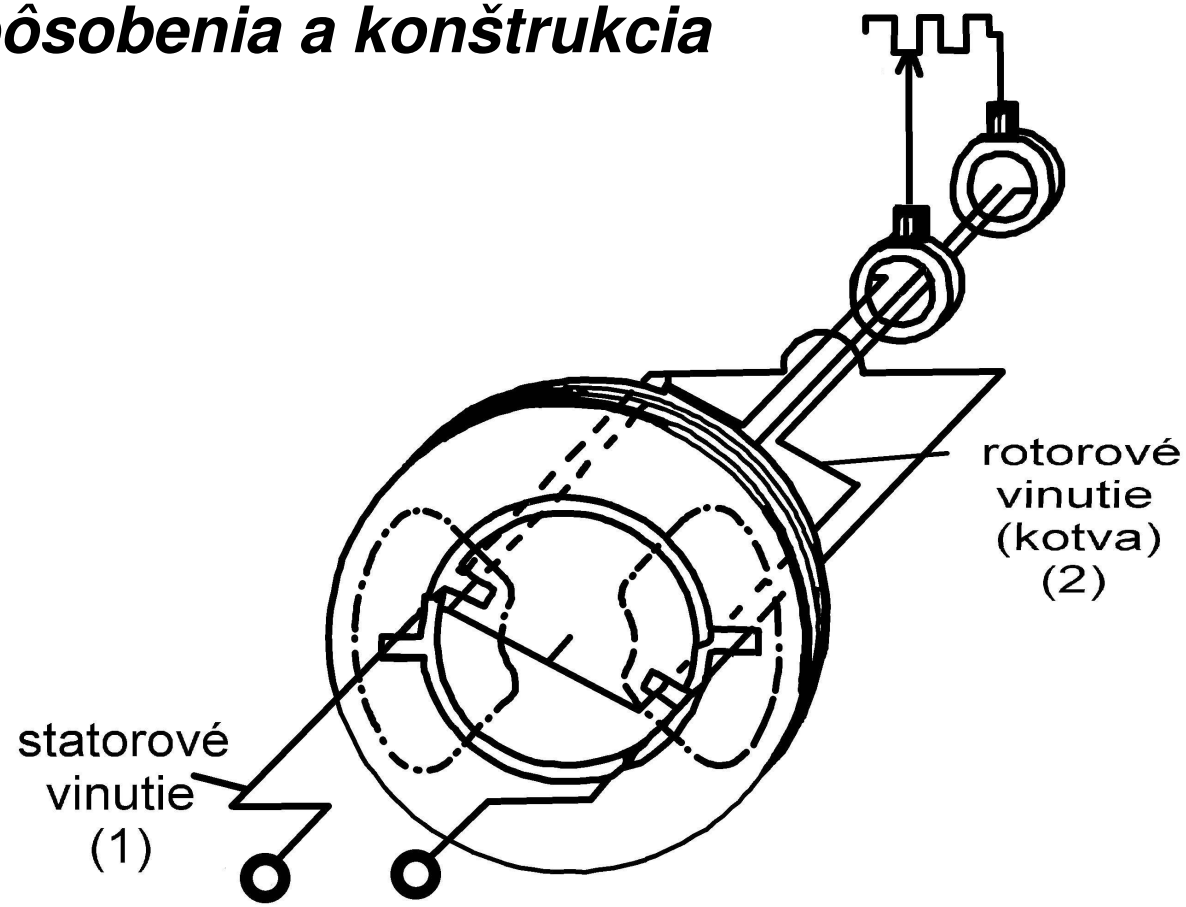
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



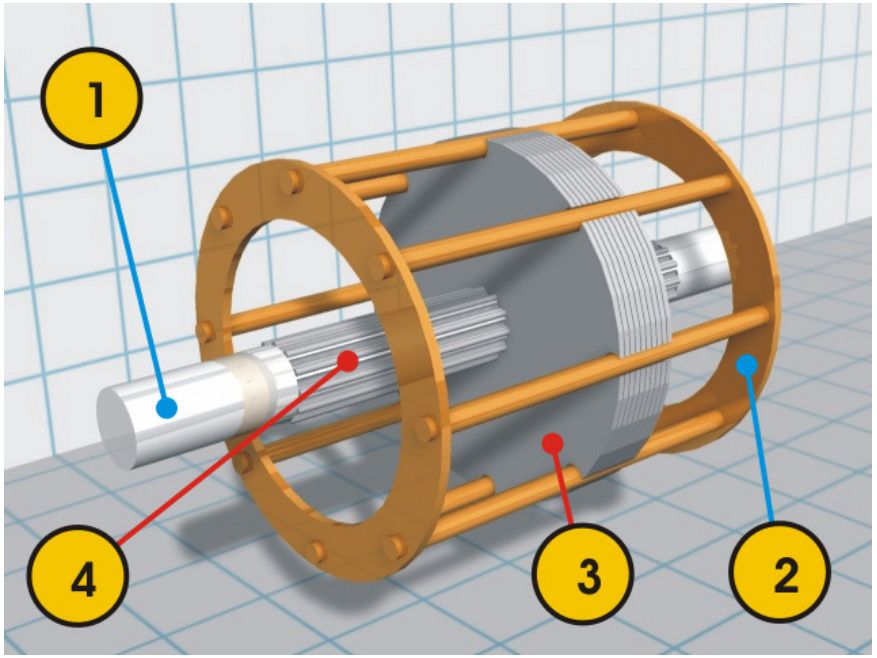
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

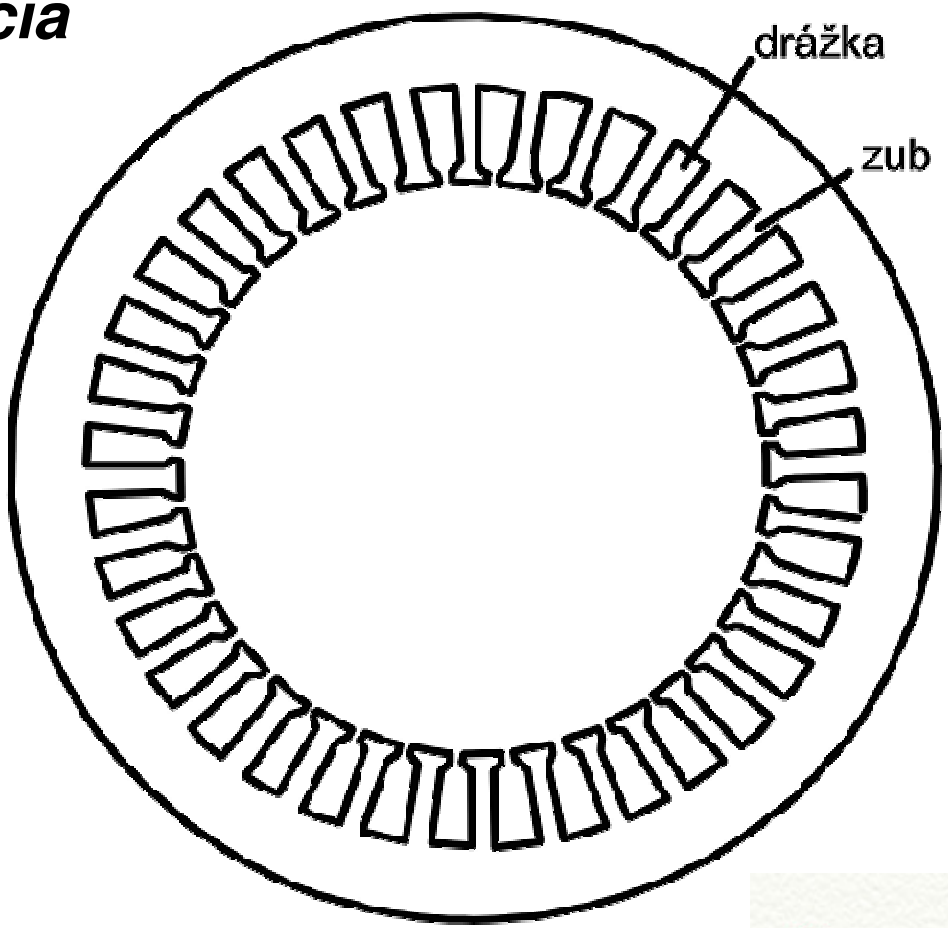
Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia





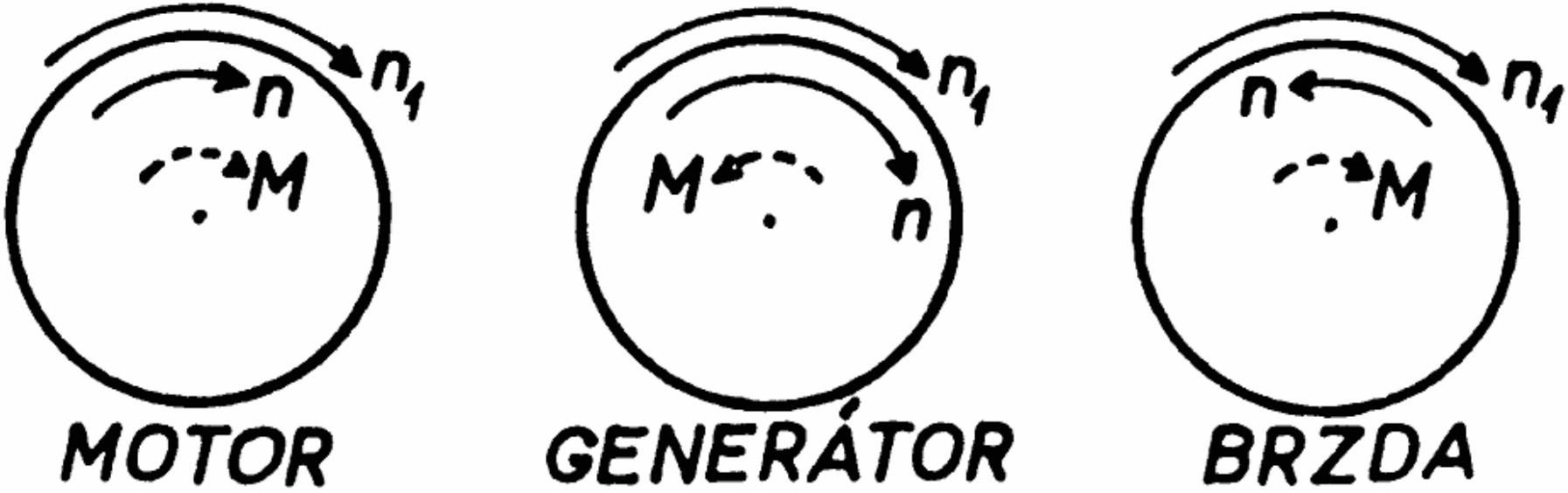
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Sklz

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

$$n_2 = n_1 - n$$

$$f_2 = p n_2$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} (\cdot 100\%)$$

$$n = n_1 (1 - s)$$

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

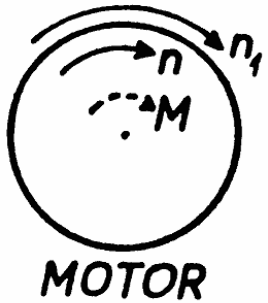
Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

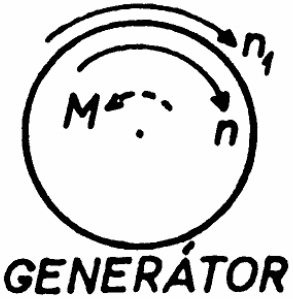
Indukčný stroj

Sklz

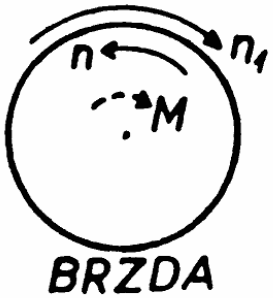
Stav naprázdno	$n = n_1$	$s = 0$
Motor	$0 < n < n_1$	$1 > s > 0$
Generátor	$n > n_1$	$s < 0$
Brzda	$n < 0$	$s > 1$



MOTOR



GENERÁTOR



BRZDA

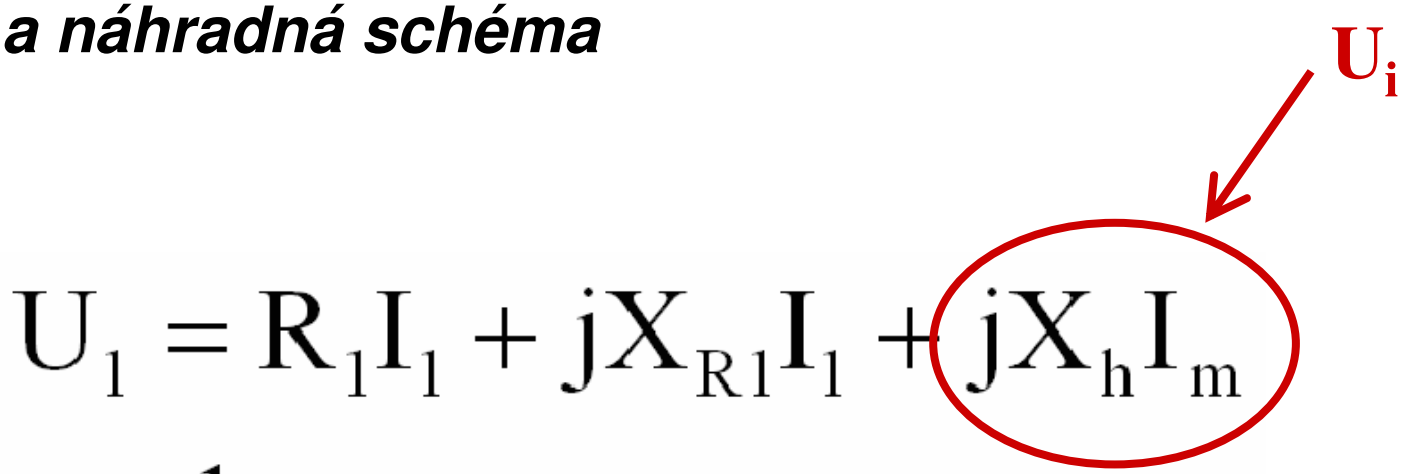
$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}(\cdot 100\%)$$

$$n = n_1(1 - s)$$

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Rovnice a náhradná schéma



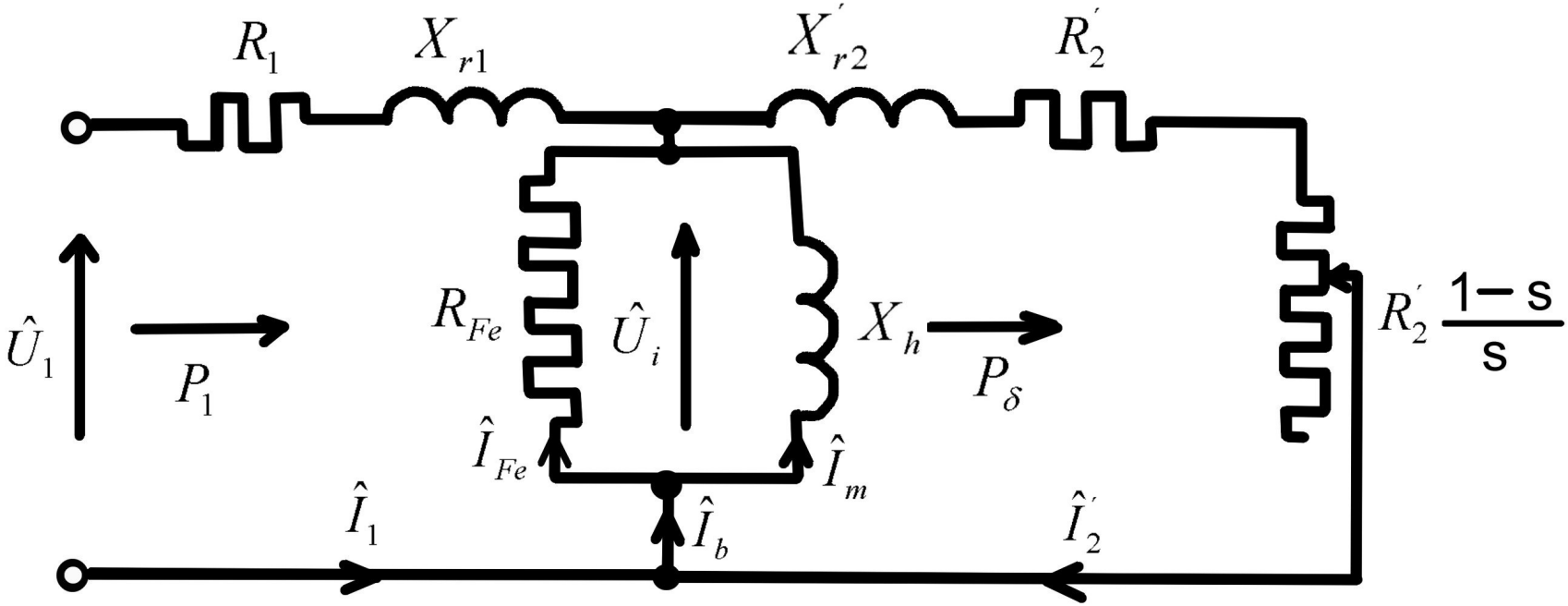
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Rovnice a náhradná schéma



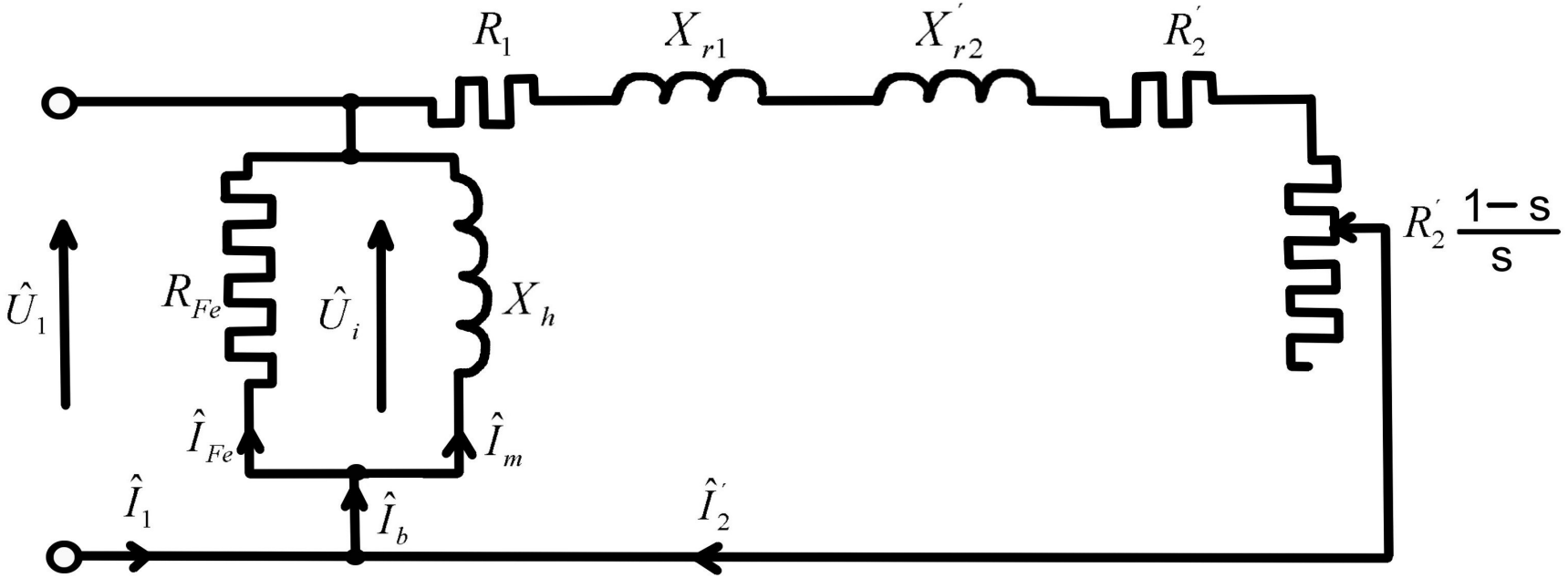
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Rovnice a náhradná schéma



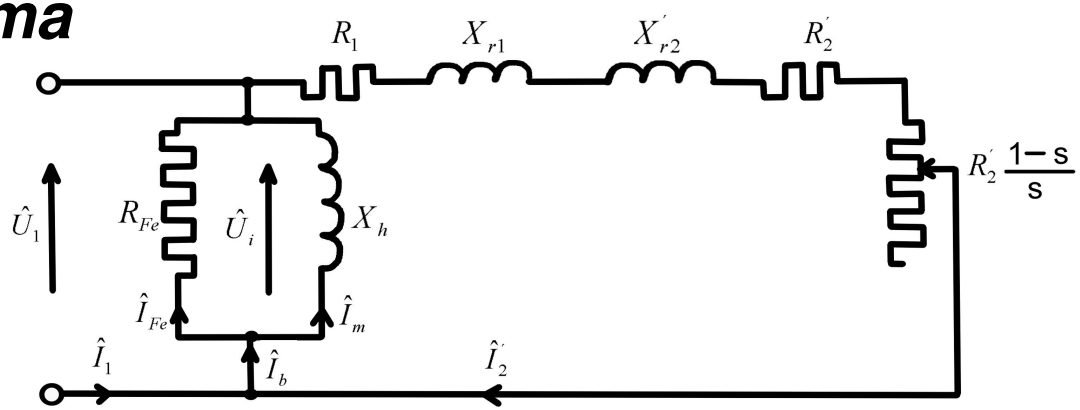
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Rovnice a náhradná schéma



$$\mathbf{U}_1 = \mathbf{U}_i$$

$$\mathbf{U}_1 = -\mathbf{I}'_2\left(\mathbf{R}_1 + \frac{\mathbf{R}'_2}{\mathbf{s}}\right) - \mathbf{j}\mathbf{I}'_2\left(\mathbf{X}_{r1} + \mathbf{X}'_{r2}\right)$$

$$-\mathbf{I}'_2 = \frac{\mathbf{U}_1}{\left(\mathbf{R}_1 + \frac{\mathbf{R}'_2}{\mathbf{s}}\right) + \mathbf{j}\mathbf{I}'_2\left(\mathbf{X}_{r1} + \mathbf{X}'_{r2}\right)}$$

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Momentová charakteristika

$$M = \frac{P_\delta}{\omega_1} = \frac{m_1 \frac{R'_2}{s} I'^2_2}{\omega_1} = \frac{pm_1 \frac{R'_2}{s} I'^2_2}{2\pi f}$$

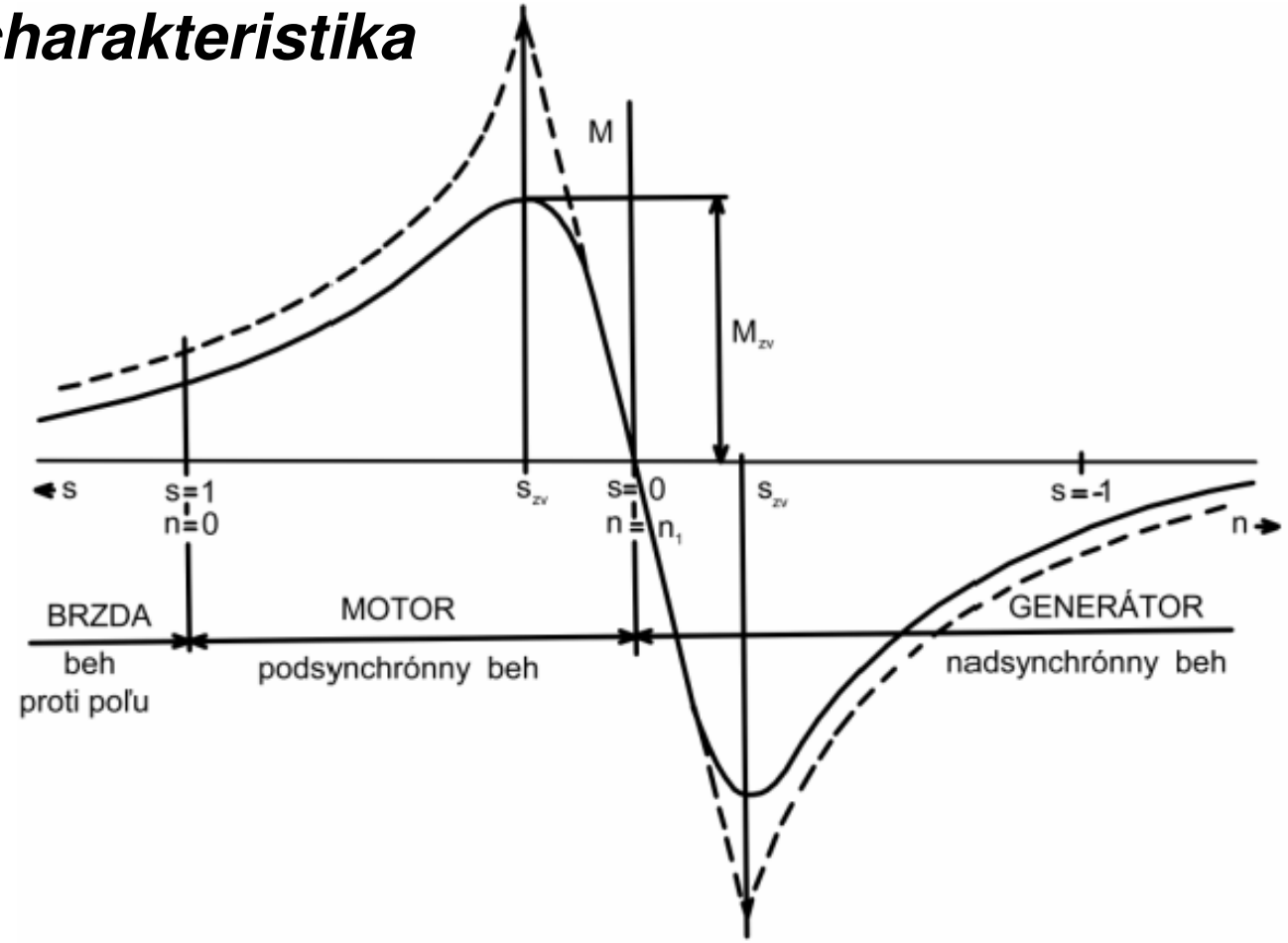
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Momentová charakteristika



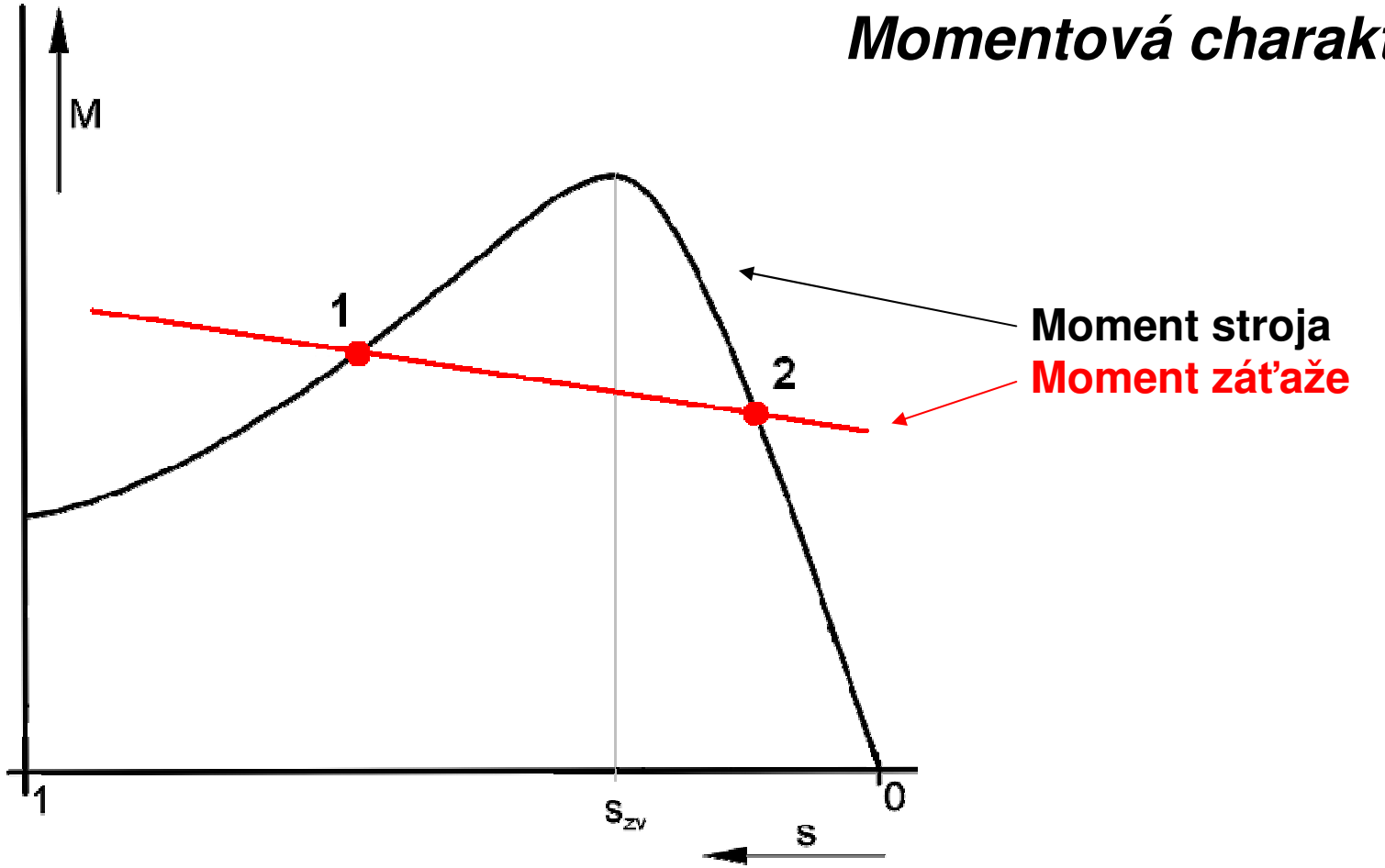
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Indukčný stroj

Momentová charakteristika



prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Ďalšie kapitoly:

rozbeh,
regulácia otáčok,
špeciálne konštrukcie (napr. 1f IS),
kruhový diagram,
...

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

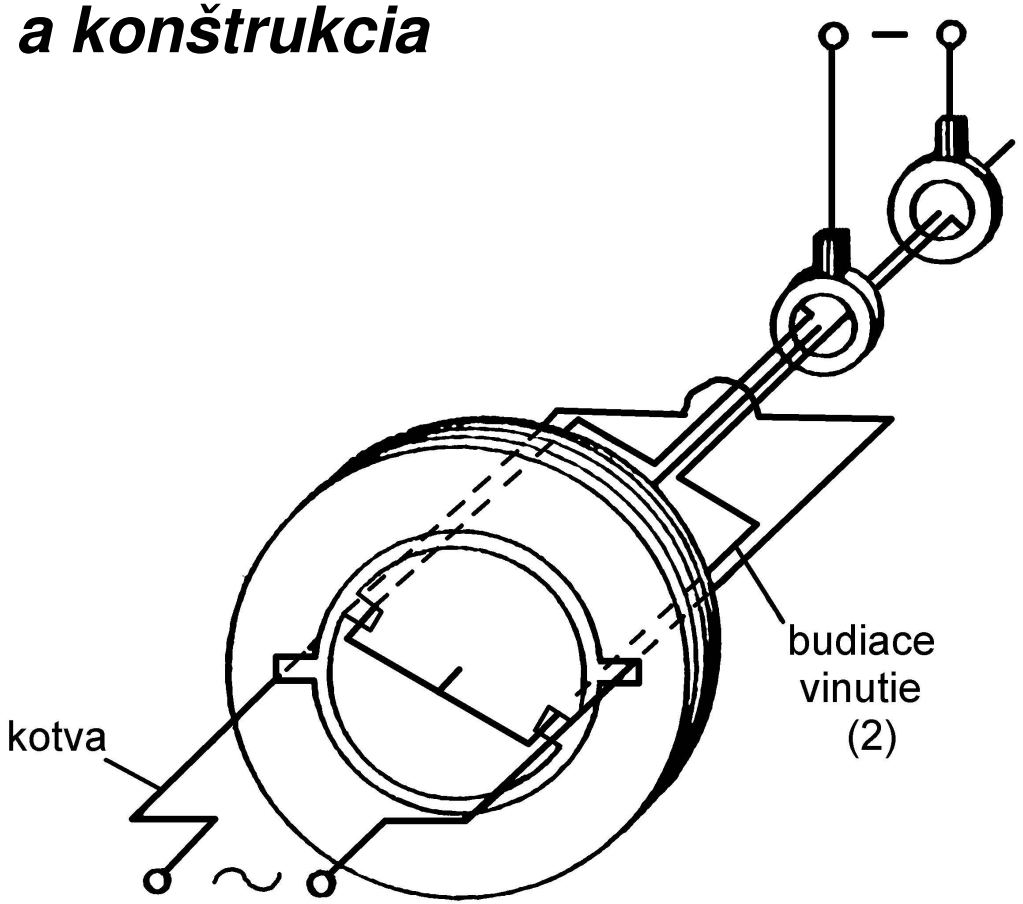
Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Synchrónny stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia

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



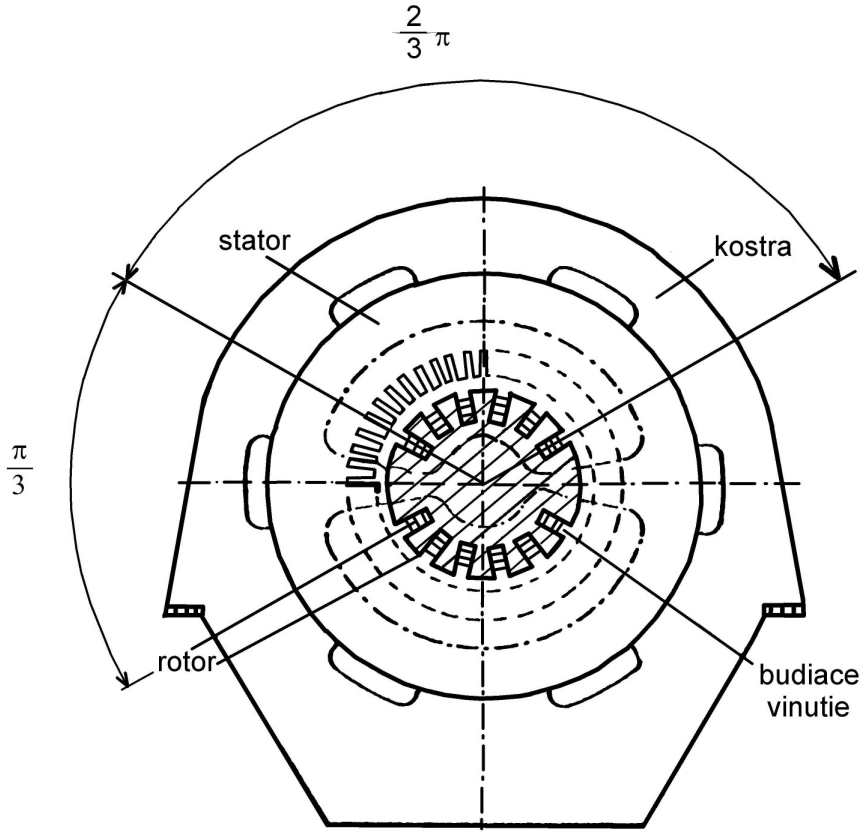
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

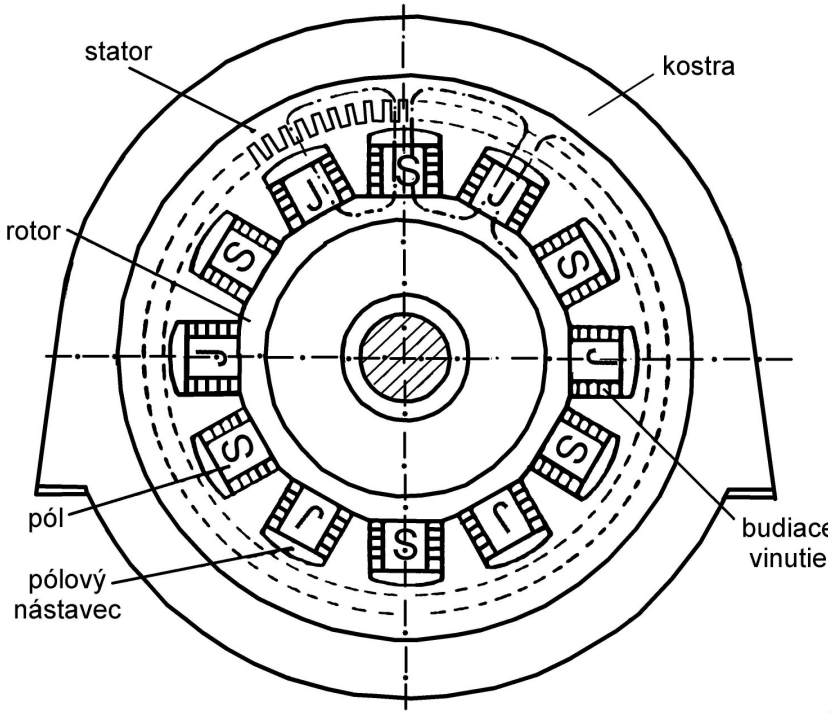
Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Synchrónny stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia





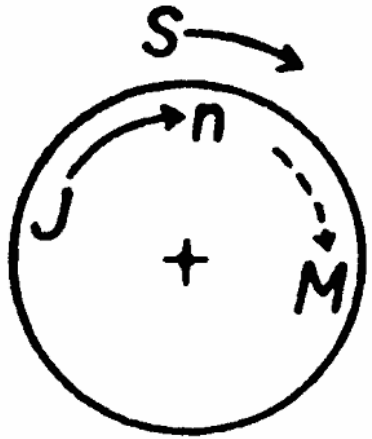
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

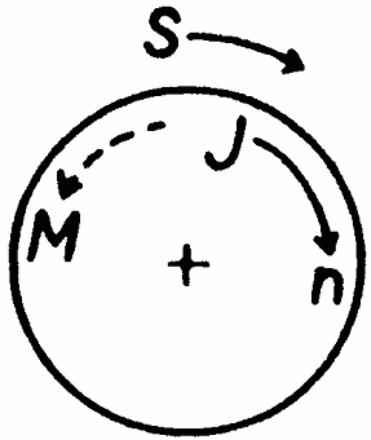
Elektromechanické aktuátory

Synchrónny stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



MOTOR



GENERÁTOR

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Momentová charakteristika

$$\mathrm{Re}\left[\mathrm{U_{ip}}\,\bar{\mathrm{I}}\right]=\left|\mathrm{U}\right|\cdot\frac{\left|\mathrm{U_{ip}}\right|}{\left|\mathrm{Z_v}\right|}\cdot\left[\sin\left(\vartheta-\rho\right)-\frac{\left|\mathrm{U_{ip}}\right|}{\left|\mathrm{U}\right|}\sin\rho\right]$$

$$\mathrm{M}=\frac{\mathrm{pm}}{\omega}\cdot\left|\mathrm{U}\right|\cdot\frac{\left|\mathrm{U_{ip}}\right|}{\left|\mathrm{Z_v}\right|}\cdot\left[\sin\left(\vartheta-\rho\right)-\frac{\left|\mathrm{U_{ip}}\right|}{\left|\mathrm{U}\right|}\sin\rho\right]$$

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Momentová charakteristika

$$M = \frac{pm}{\omega} \cdot |U| \cdot \frac{|U_{ip}|}{|Z_v|} \cdot \left[\sin(\vartheta - \rho) - \frac{|U_{ip}|}{|U|} \sin \rho \right]$$

$$M = -\frac{pm}{\omega} |U| \frac{|U_{ip}|}{|Z_v|} \cdot \sin \vartheta$$

$$M = f(\sin \vartheta)$$

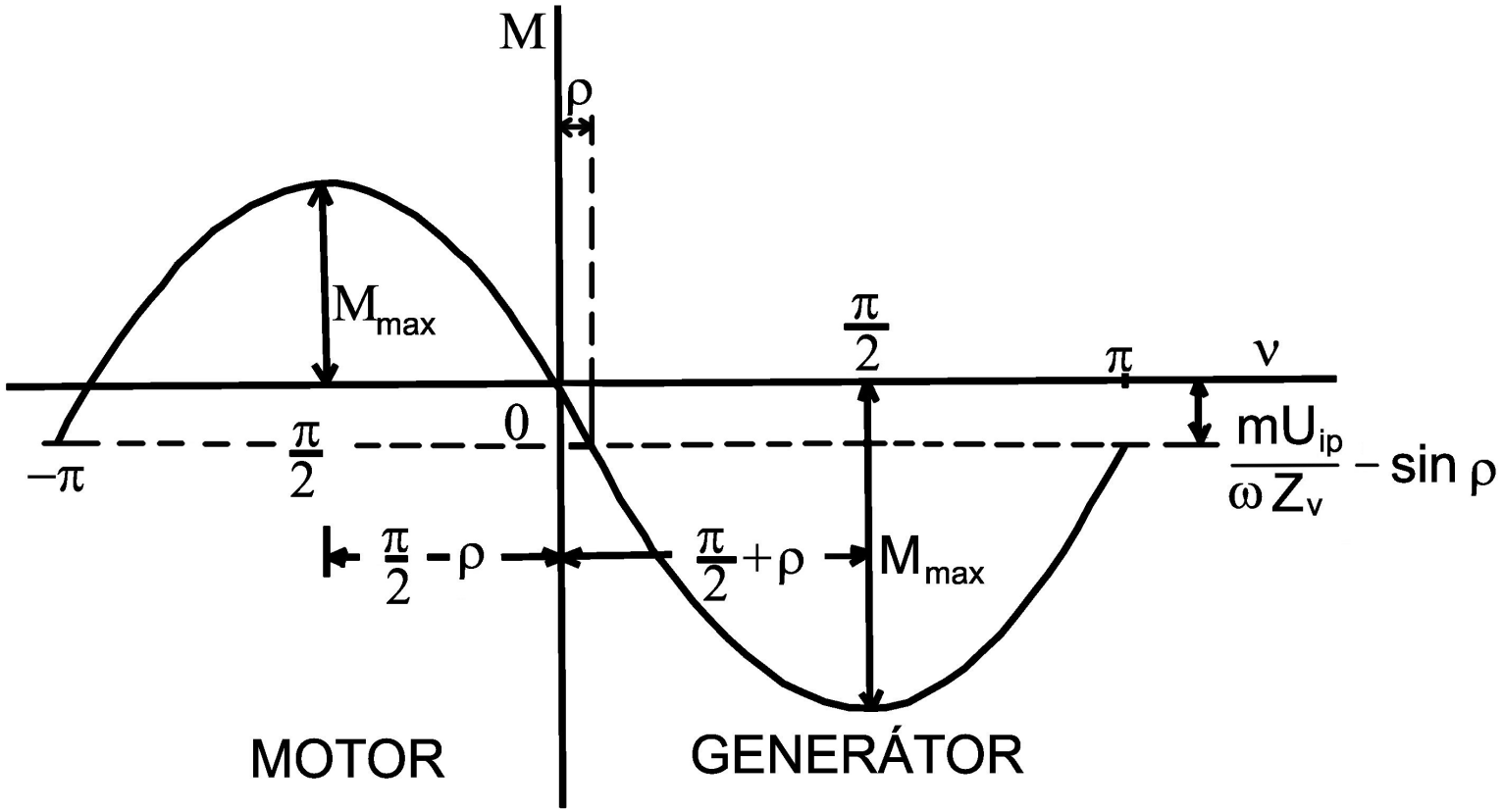
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Synchrónny stroj

Momentová charakteristika



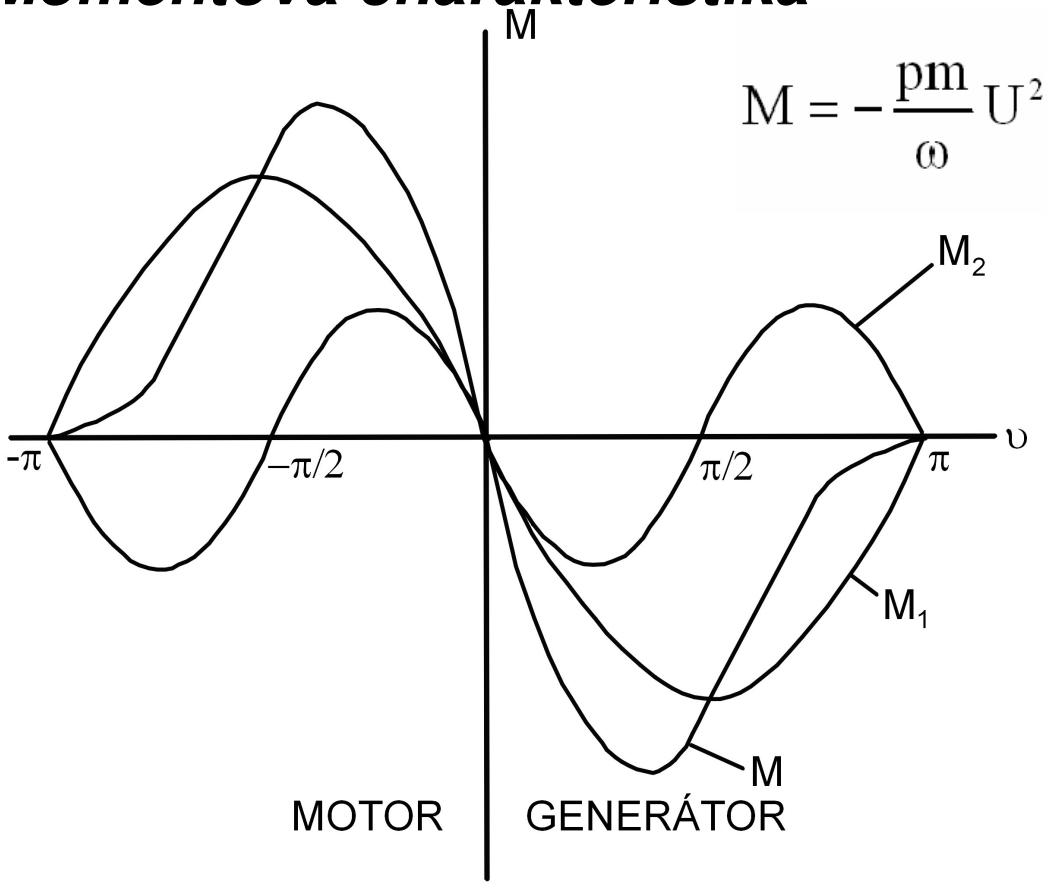
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

Synchrónny stroj

Momentová charakteristika



$$M = -\frac{pm}{\omega} U^2 \left[\frac{|U_{ip}|}{|U|} \frac{1}{X_d} \sin\vartheta + \frac{1}{2} \frac{X_{hd} - X_{hq}}{X_d X_q} \sin 2\vartheta \right]$$

$$M_1 = -A \cdot \sin\vartheta$$

$$M_2 = -B \cdot \sin 2\vartheta$$

$$M = M_1 + M_2$$

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Ďalšie kapitoly:

pripojenie k sieti,
charakteristiky (SS v sieti, SS na impedancii),
kruhový diagram,
...

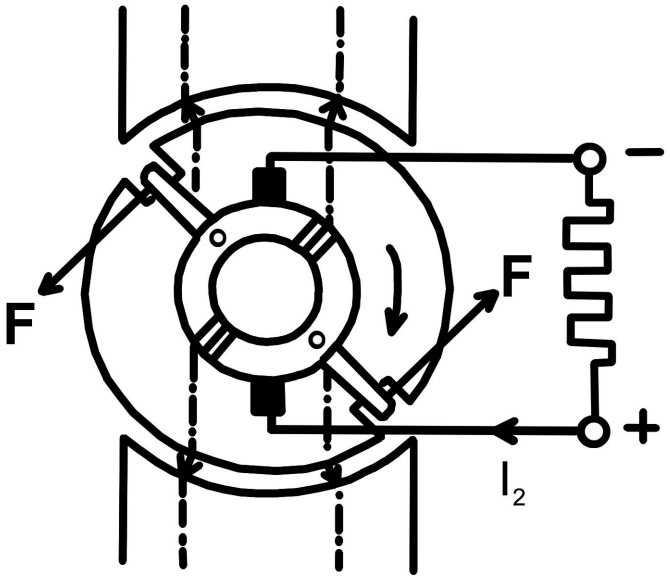
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

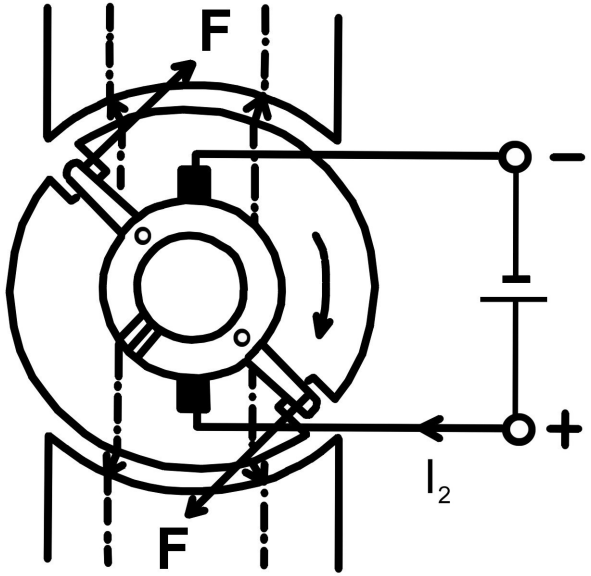
Elektromechanické aktuátory

Jednosmerný stroj

Princíp pôsobenia a konštrukcia



dynamo



motor

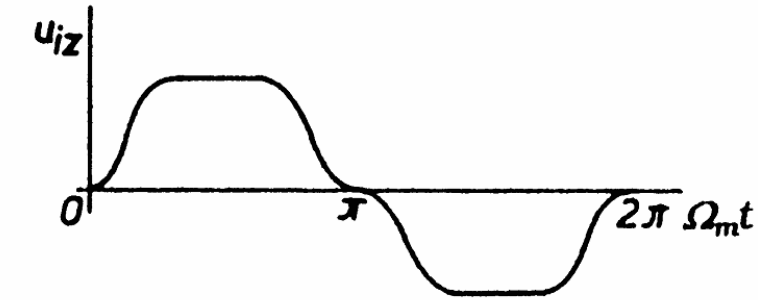
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

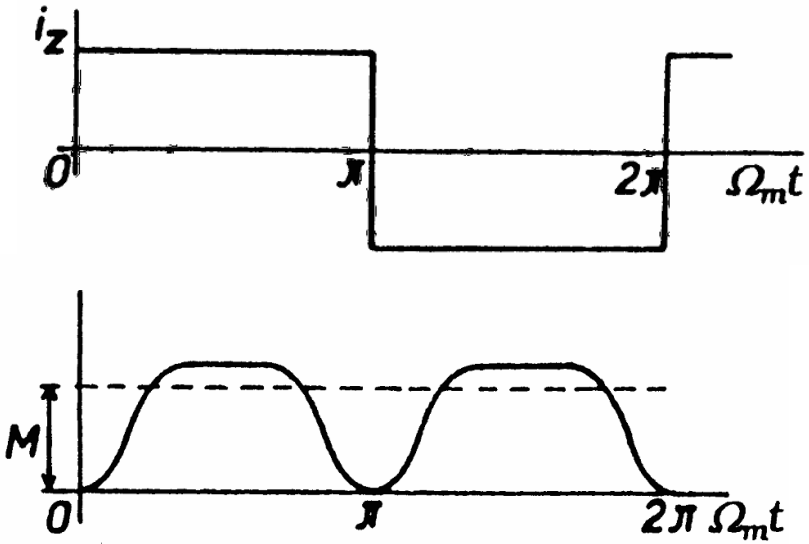
Elektromechanické aktuátory

Jednosmerný stroj

Základné charakteristiky



dynamo



motor

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Základné charakteristiky

$$U_i = B.l.v$$

$$v = 2p.\tau_p.n$$

$$U_i = B.\tau_p.l.2p.n = \Phi.2p.n$$

$$n = \frac{U_i}{\Phi.2p} \quad \Rightarrow \quad n \approx \frac{1}{\Phi}$$

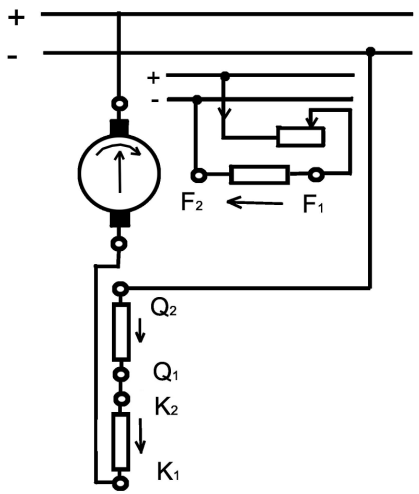
prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Elektromechanické aktuátory

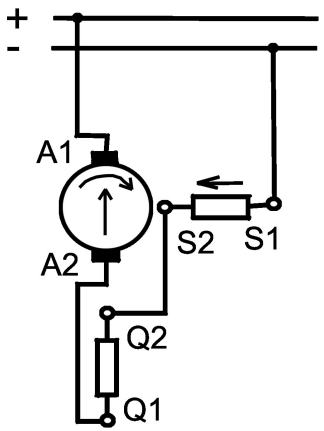
Jednosmerný stroj

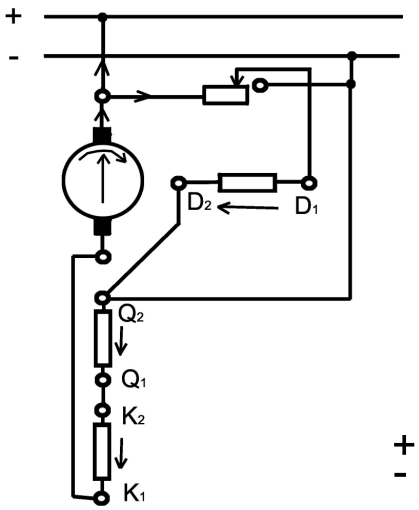
Základné možnosti zapojenia



cudzobudené

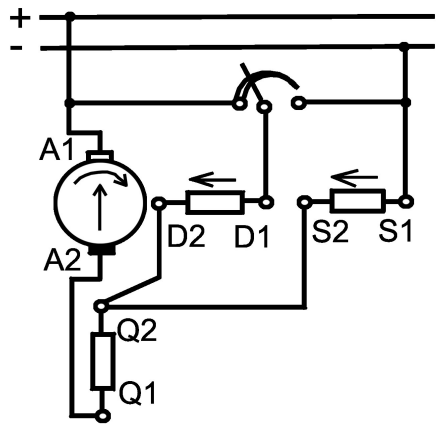
sériové





derivačné

kompaundné



prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162

Ďalšie kapitoly:

spolupráca so SS,
magnetické pole,
komutácia,
...

prof. Ing. Dušan Maga, PhD.
Brno, 11. – 15. 4. 2011
maga@yhnet.sk
www.kiwiki.info

Znalosti a dovednosti v mechatronice - transfer inovací do praxe, CZ.1.07/2.3.00/09.0162