

# ELEKTRICKÉ STROJE - POHONY

Ing. Petr VAVŘIŇÁK

2013

## 1.5.3 SÉRIOVÝ MOTOR

ROBOTI

VE ŠKOLE PRO PRAKTICKOU VÝUKU, MOTIVACI I ZÁBAVU

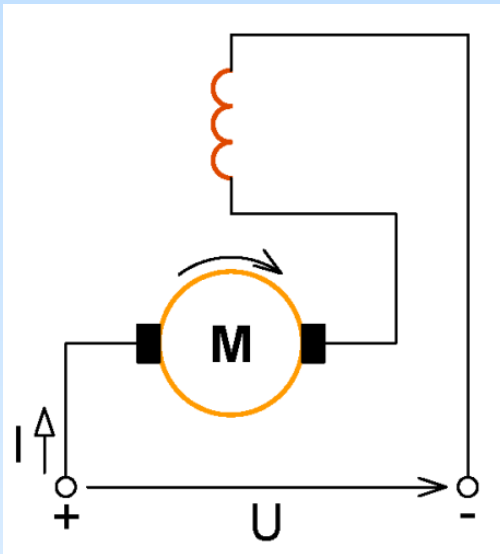
## 1.5.3 Sériový motor

Sériový motor (motor se sériovým buzením) = **vinutí statoru je přes kartáče a komutátor propojeno do série s vinutím rotoru.**

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

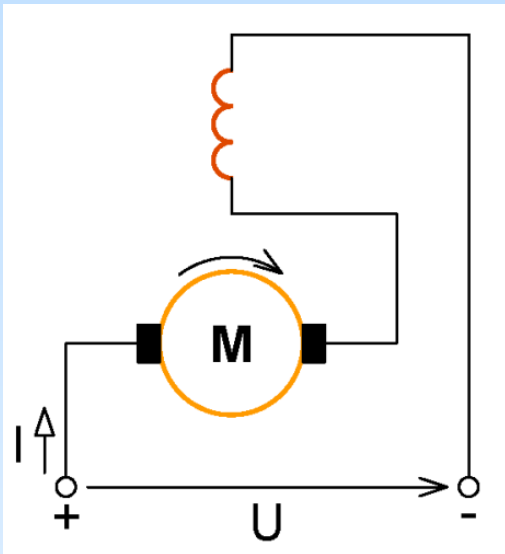
### SCHÉMA ZAPOJENÍ



ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### PRINCIP ČINNOSTI

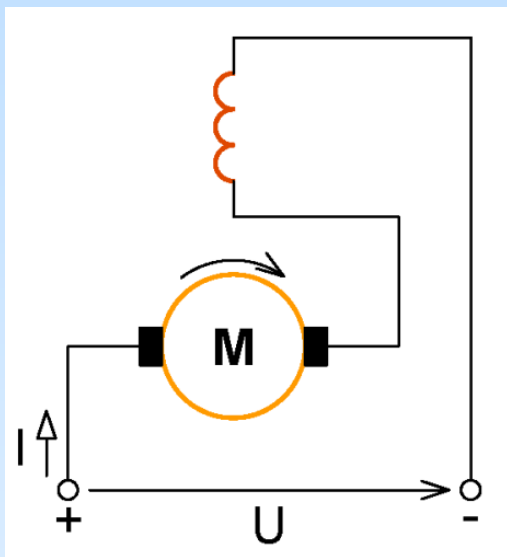


Po připojení motoru ke zdroji napětí začne proud procházet vinutím rotoru (přes kartáče a komutátor) i vinutím hlavních pólů (budícím vinutím). Proud průchodem vinutí hlavních pólů vytvoří ve statoru statické magnetické pole.

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### PRINCIP ČINNOSTI

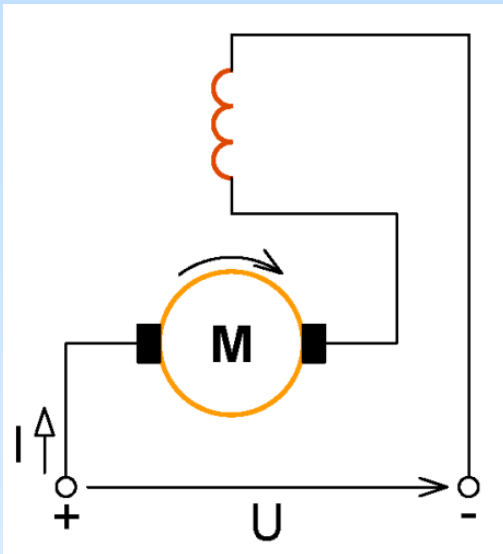


Jelikož vodiči rotoru (nachází se v magnetickém poli hlavních pólů) prochází stejný proud, bude na vodiče rotoru působit síla, která rotorem pohne a pootočí jej do magnetické neutrály.

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### PRINCIP ČINNOSTI



V neutrále jsou umístěny kartáče a dojde ke komutaci, tedy ke změně směru proudu ve vinutí rotoru. Tím na rotorové vodiče bude nadále působit síla stejným směrem a rotor se začne otáčet (komutátor s kartáči pracuje jako rotační střídač).

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### OTÁČKOVÁ CHARAKTERISTIKA

Je závislost otáček motoru na momentu stroje.

ROBOTI

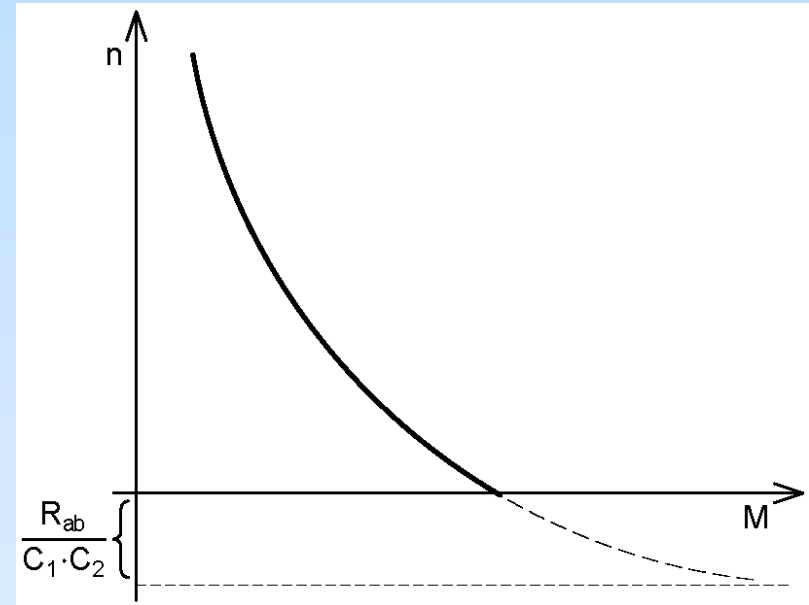
VE ŠKOLE PRO PRAKTICKOU VÝUKU, MOTIVACI I ZÁBAVU

## 1.5.3 Sériový motor

### OTÁČKOVÁ CHARAKTERISTIKA

Jedná se o rovnici hyperboly:

$$\omega = \frac{U}{\sqrt{C_1 \cdot C_2} \cdot \sqrt{M_h}} - \frac{R_{ab}}{C_1 \cdot C_2}$$





## 1.5.3 Sériový motor

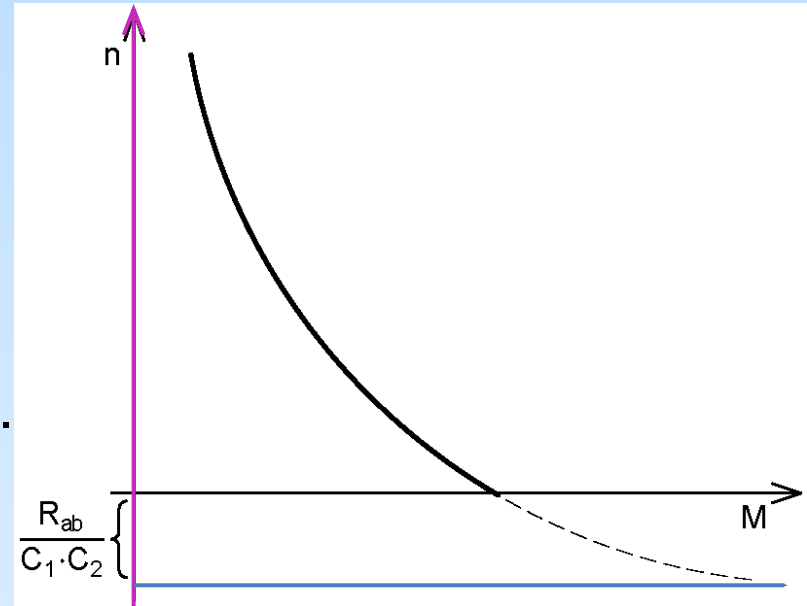
### OTÁČKOVÁ CHARAKTERISTIKA

Jednou asymptotou je osa úhlové

rychlosti (otáček  $n = \frac{60}{2\pi} \cdot \omega$ )

a druhou je rovnoběžka s osou

momentu posunutá pod tuto osu o  $\frac{R_{ab}}{C_1 \cdot C_2}$ .



ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### SPOUŠTĚNÍ

Spouštění motoru = jeho roztočení z klidového stavu.

V tomto okamžiku nastává velký proudový odběr, který musíme často omezovat.

ROBOTI

VE ŠKOLE PRO PRAKTICKOU VÝUKU, MOTIVACI I ZÁBAVU

## 1.5.3 Sériový motor

### SPOUŠTĚNÍ

Motory do výkonu cca 1 kW (omezení dané velikostí záběrného proudu) spouštíme jen přímým připojením ke zdroji napětí ( $U_a$ ).

U motorů větších musíme omezit velikost záběrného proudu:

- Spouštěcím rezistorem zapojeným sériově k motoru.
- Snížením napětí zdroje.

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Spouštění sériově řazeným rezistorem

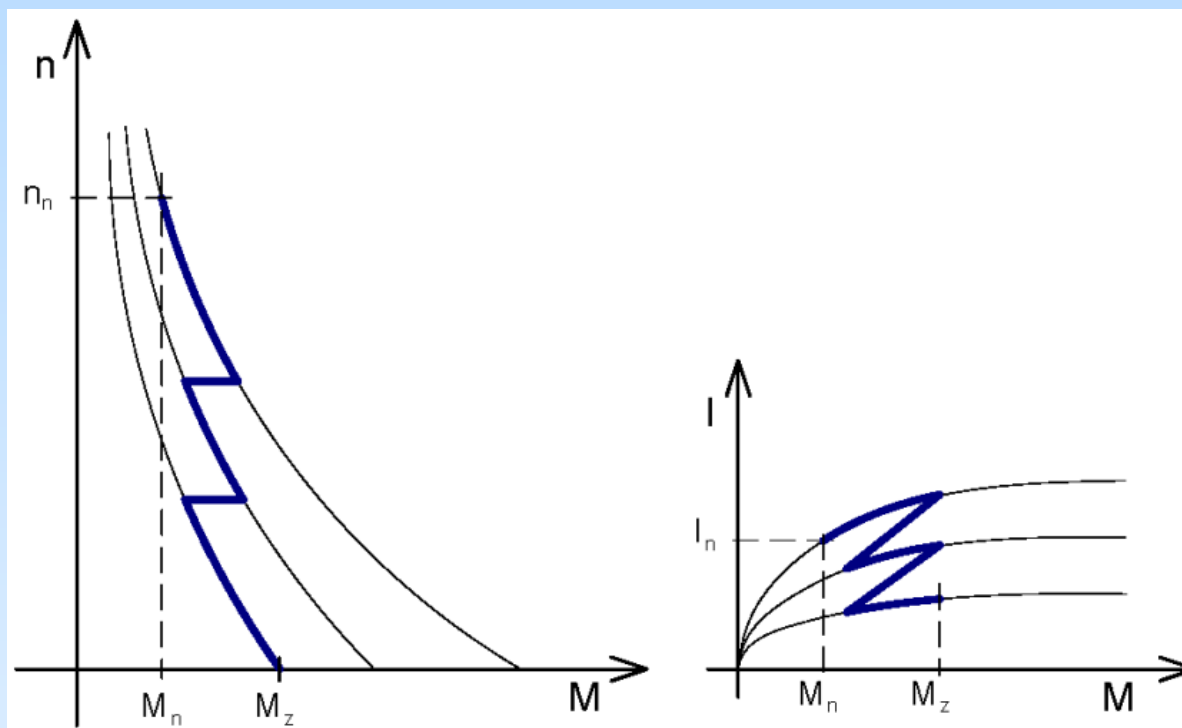
Rezistorem připojeným do série k rotorovému vinutí se oddálí asymptota dál pod osu momentu a zmenší se procházející proud.

Používáme proměnný rezistor, který nejdříve nastavíme na nejvyšší hodnotu a poté skokově hodnotu odporu snižujeme a motor přechází postupně na odpovídající charakteristiky (otáčkovou a proudovou).

Po roztočení na jmenovité otáčky rezistorový spouštěč odpojíme.

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor



ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Spouštění regulovatelným zdrojem napětí

Nejdříve nastavíme velikost napětí na minimální hodnotu a poté napětí zvyšujeme.

Máme-li zdroj s plynulou regulací napětí, pak po rozběhu zvyšujeme napětí a tím i otáčky při téměř konstantním momentu a proud narůstá přímo úměrně s napětím.

ROBOTI

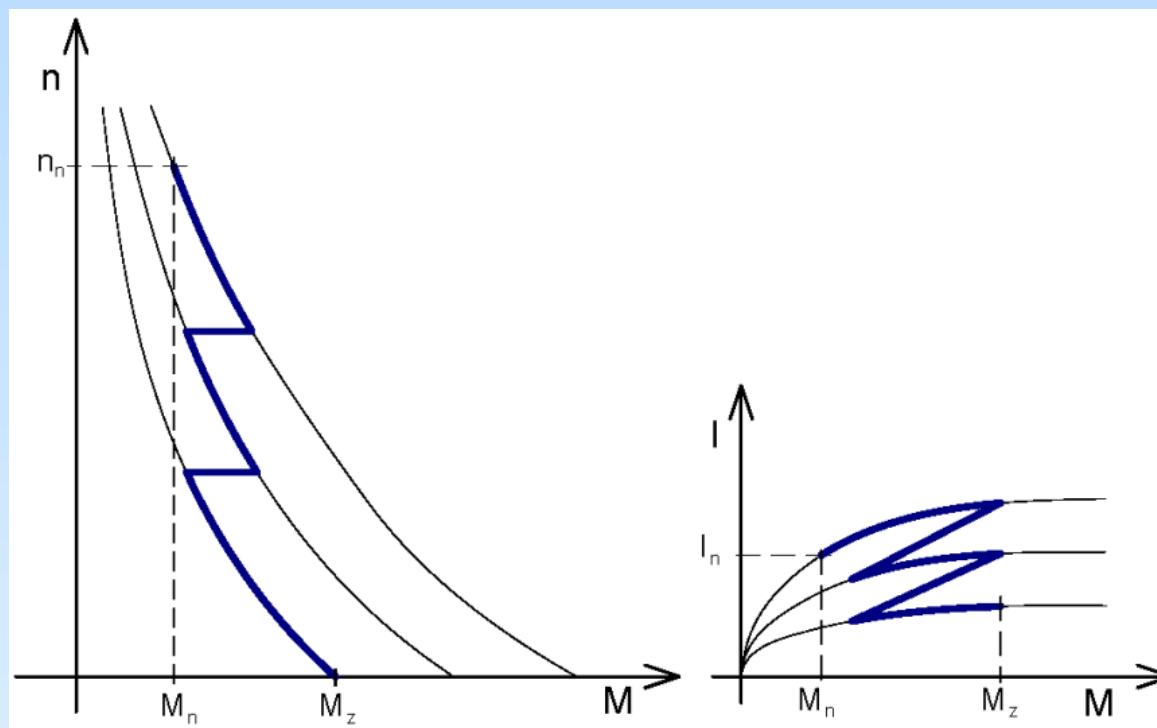
## 1.5.3 Sériový motor

### Spouštění regulovatelným zdrojem napětí

Máme-li zdroj se „skokovou“ regulací napětí, budeme přepínat postupně na vyšší hodnoty napětí a motor bude přecházet na odpovídající otáčkovou a proudovou charakteristiku.

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor



ROBOTI



## 1.5.3 Sériový motor

### REGULACE OTÁČEK

Regulace otáček = úmyslná změna otáček rotoru (ne změna jiným vlivem například náhlou změnou zatížení).

ROBOTI

VE ŠKOLE PRO PRAKTICKOU VÝUKU, MOTIVACI I ZÁBAVU

## 1.5.3 Sériový motor

### REGULACE OTÁČEK

Otáčky stejnosměrného sériového motoru lze regulovat (jak vyplývá

z rovnice otáčkové charakteristiky  $\omega = \frac{U}{\sqrt{C_1 \cdot C_2} \cdot \sqrt{M_h}} - \frac{R_{ab}}{C_1 \cdot C_2}$ ):

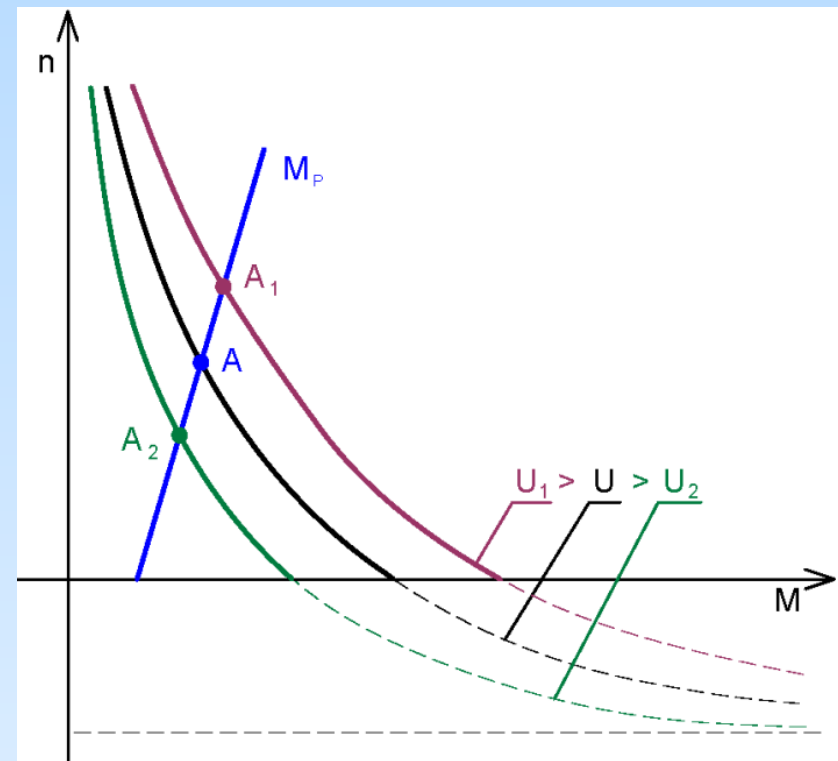
- Změnou napětí na motoru ( $U$ ).
- Zařazením rezistoru do série s motorem.
- Změnou velikosti budícího proudu (budícího toku  $C_2 = \frac{\Phi}{I}$ ).

ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Regulace otáček změnou napětí

Změnou napětí se původní charakteristika jen posouvá **dál** od průsečíku asymptot (při větším napětí -  $U_1$ ) nebo **blíže** k průsečíku asymptot (při menším napětí -  $U_2$ ), asymptoty charakteristik zůstávají stejné.



ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

Regulace otáček rezistorem do série

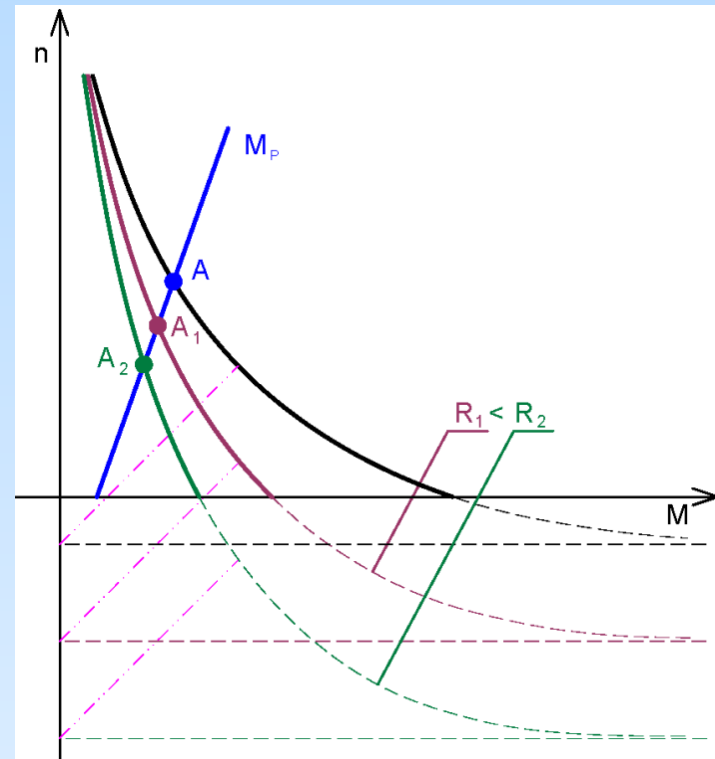
Zařazením rezistoru do série

s motorem se oproti původní

charakteristice odsouvá asymptota

rovnoběžná s osou momentu dále

pod tuto osu ( $R_1$  resp.  $R_2$ ).



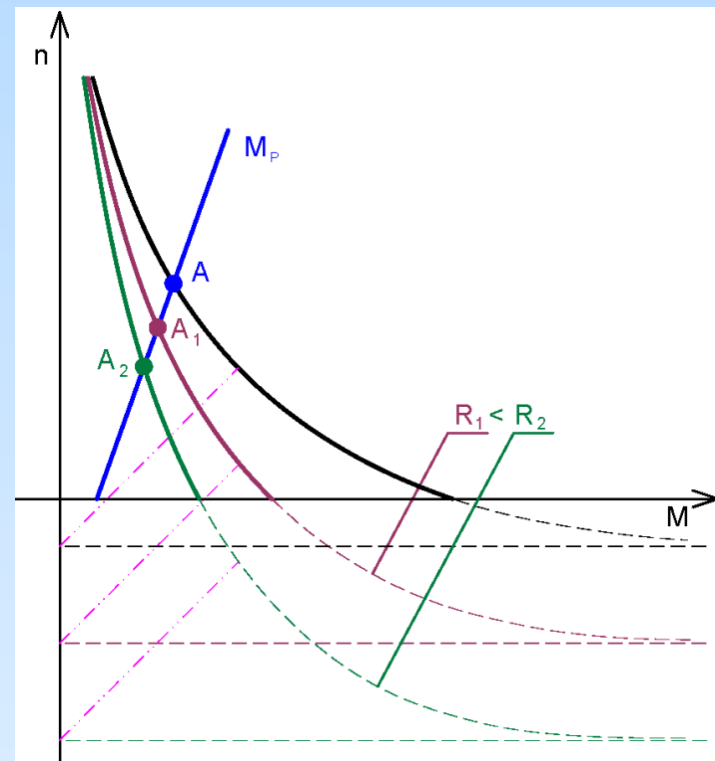
ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

Regulace otáček rezistorem do série

Vzdálenost charakteristiky od  
průsečíku asymptot se téměř  
nemění (— · — · —).

Otáčky lze regulovat jen směrem  
dolů.



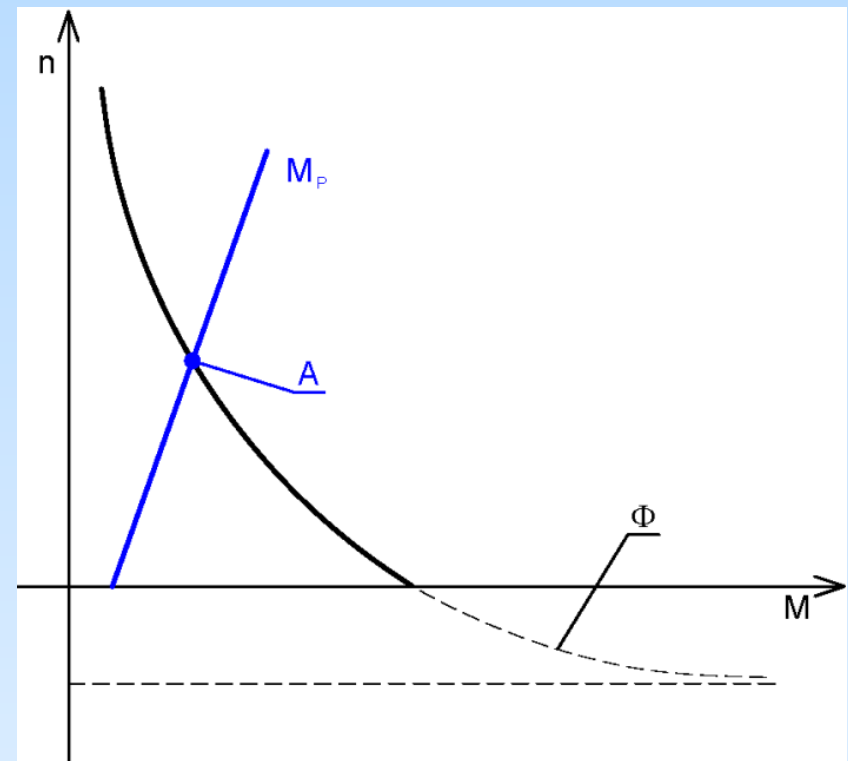
ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Regulace otáček buzením

Změnou budícího toku  $\Phi$  se mění  
obě části rovnice ( $c_2 = \frac{\Phi}{I}$ ).

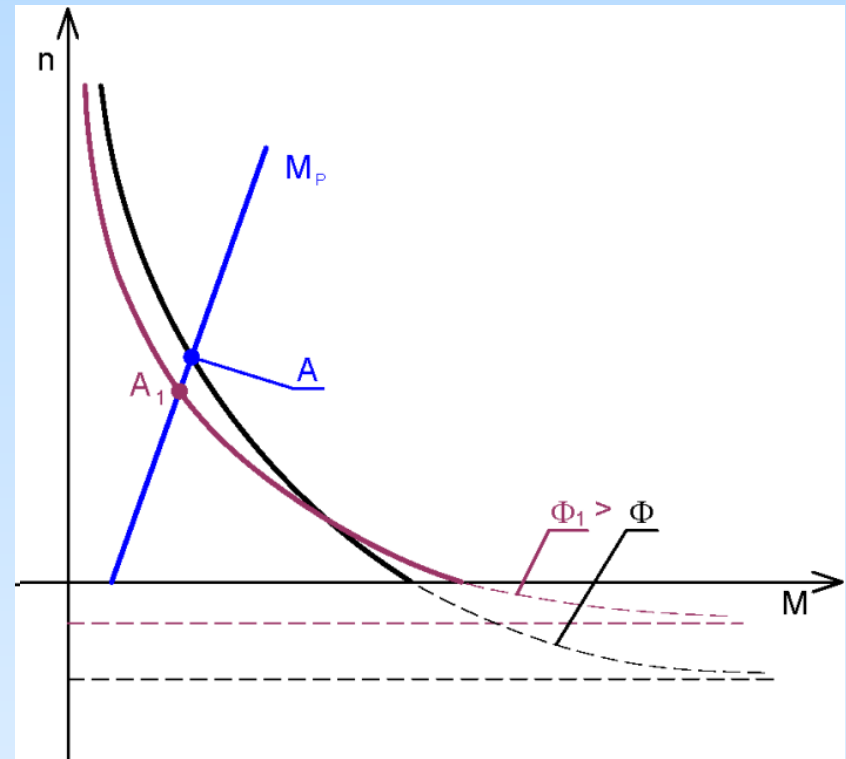
Proti původní charakteristice ( $\Phi$ )



## 1.5.3 Sériový motor

### Regulace otáček buzením

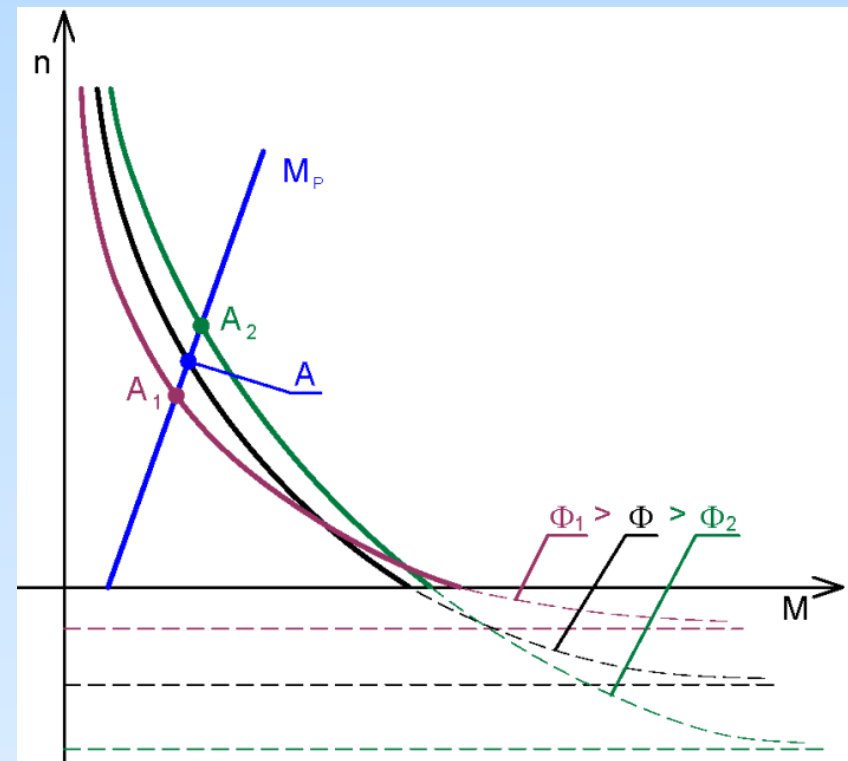
se při větším toku ( $\Phi_1$ ) bude charakteristika přibližovat k průsečíku asymptot a zároveň se bude přibližovat i asymptota charakteristiky rovnoběžná s osou momentu blíží k této ose.



## 1.5.3 Sériový motor

### Regulace otáček buzením

Naopak při zmenšení budícího toku ( $\Phi_2$ ) se bude charakteristika oddalovat od průsečíku asymptot a zároveň se bude oddalovat i asymptota charakteristiky rovnoběžná s osou momentu dál od této osy.

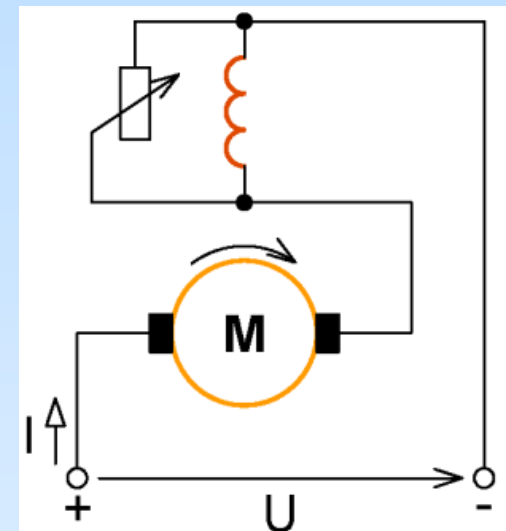
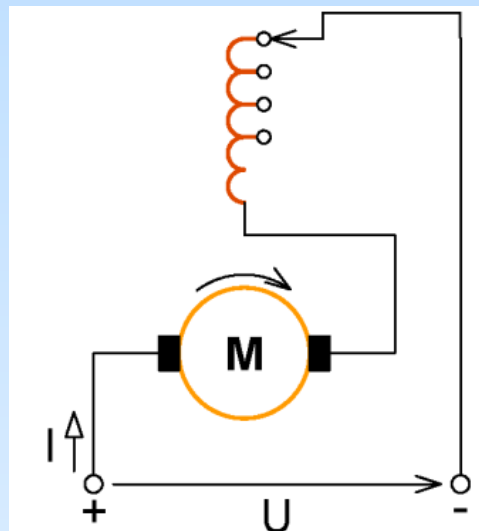




## 1.5.3 Sériový motor

### Regulace otáček buzením

Velikost budícího toku se dá regulovat **přepínáním počtu závitů** budícího vinutí nebo **zapojením bočnicku** k budícímu vinutí.



ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### BRŽDĚNÍ

Brždění = úmyslné zpomalení nebo úplné zastavení rotoru.

Sériové motory se mohou brzdit buď do odporu nebo reverzací (protiproudem).

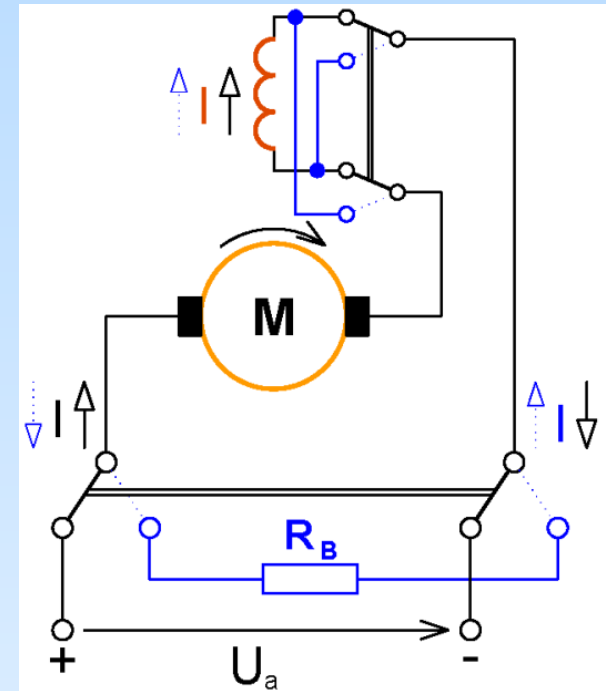
ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

Motor se odpojí od zdroje a připojí se k **brzdnému rezistoru** zapojenému sériově s vinutím kotvy a hlavními póly.

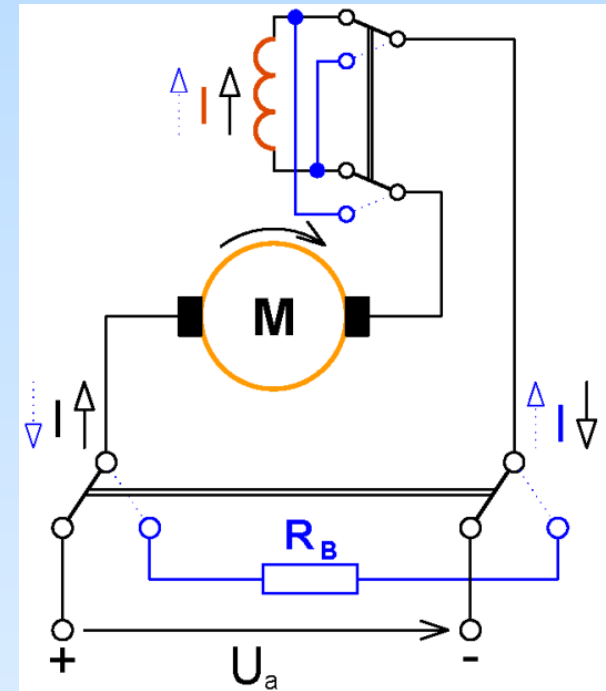
Tím se motor stane generátorem a změní se směr proudu (  $\rightarrow$  ).



## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

Aby se nezměnil i směr magnetického toku hlavních pólů, je nutné přehodit i přívody k budicímu vinutí.



## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

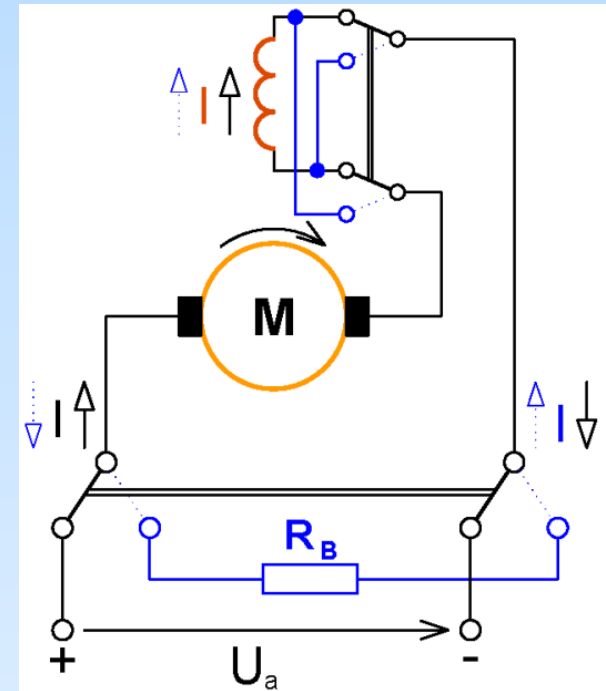
Mechanická rovnice  $\omega = \frac{U}{\sqrt{C_1 \cdot C_2} \cdot \sqrt{M_h}} - \frac{R_{ab}}{C_1 \cdot C_2}$ ,

se po odpojení zdroje napětí ( $U = 0$ ) a po připojení brzdného rezistoru ( $R_B$ ) upraví na

tvar  $\omega = + \frac{R_{ab} + R_B}{C_1 \cdot C_2}$ , (kladné znaménko vychází

z konstanty  $C_2$ , neboť při brždění je proud rotorem

opačný, tedy  $C_2 = \frac{\Phi}{-I}$ ).

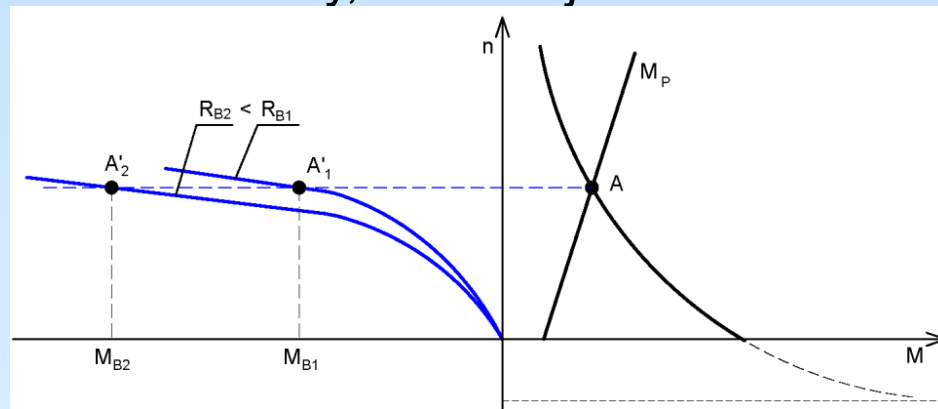


ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

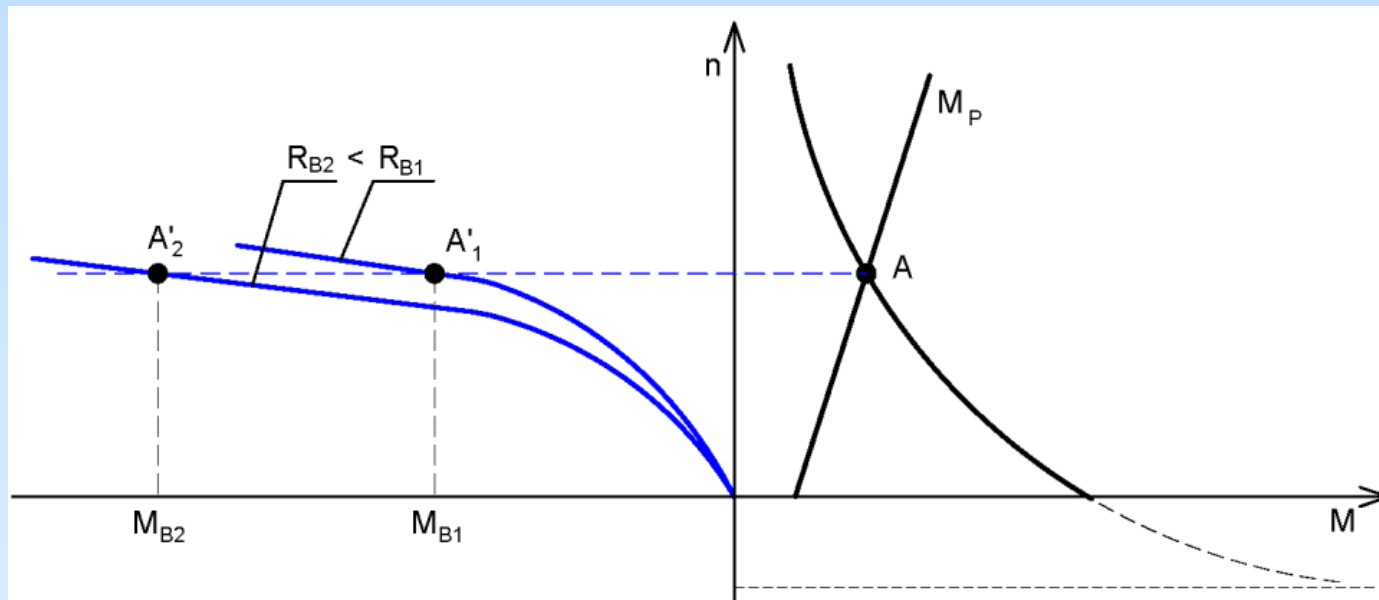
Jedná se o rovnici přímky rovnoběžné s osou momentu. Ve skutečnosti má však zpomalovací charakteristika tvar křivky, která nejdříve mírně a poté stále prudčeji klesá směrem k ose momentu ( $C_2$  se při zpomalování motoru zmenšuje).



R O B O T I

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

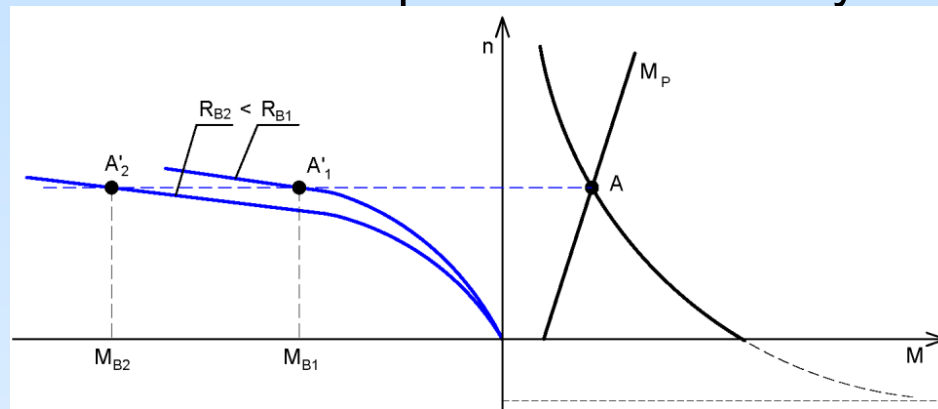


ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění do odporu

Na charakteristice jsou naznačeny dvě křivky při připojení různých rezistorů ( $R_{B1} > R_{B2}$ ) a je patrné, že menší rezistor způsobí větší brzdný moment ( $M_{B2} > M_{B1}$ ), ale obvodem bude také procházet větší proud (mohl by způsobit tepelné poškození vinutí).



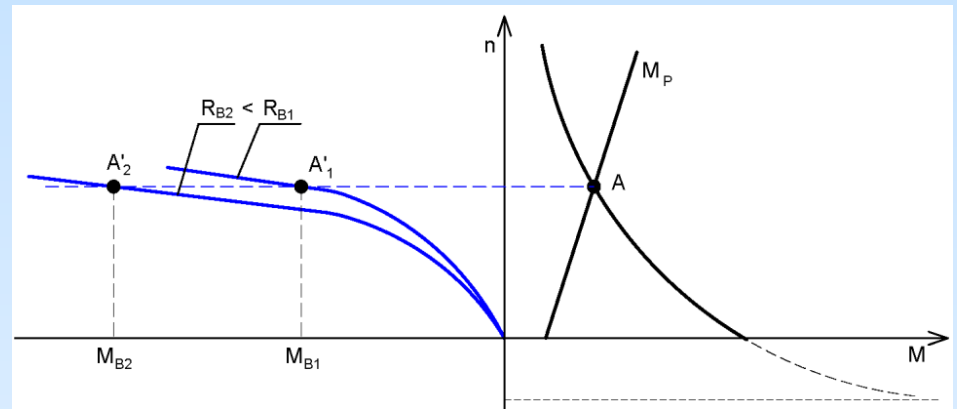
R O B O T I



## 1.5.3 Sériový motor

Brždění do odporu

Musíme tedy volit **kompromis mezi velikostí brzdného momentu a brzdného proudu.**



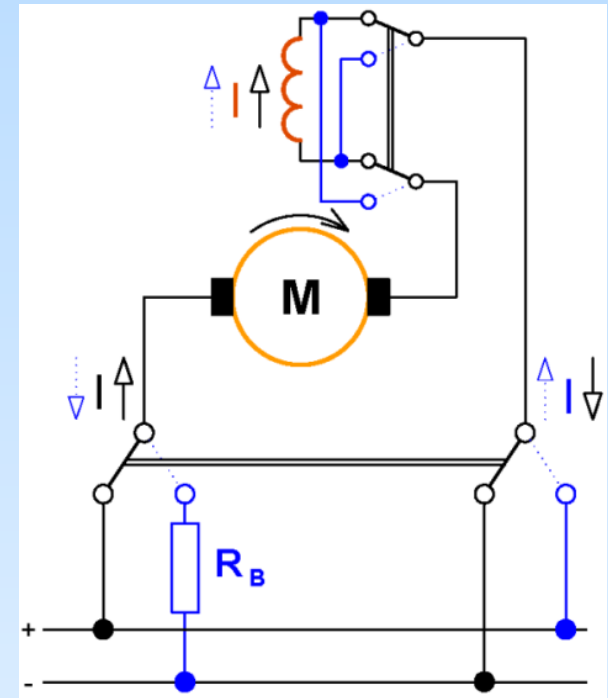
## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění reverzací neboli protiproudem

Motor zapojíme na opačný chod (přepólujeme napětí zdroje) = obrátí se směr proudu (→↔).

Velikost proudu ( $I = \frac{U+U_i}{R_{ab}}$ ) se často zmenšuje

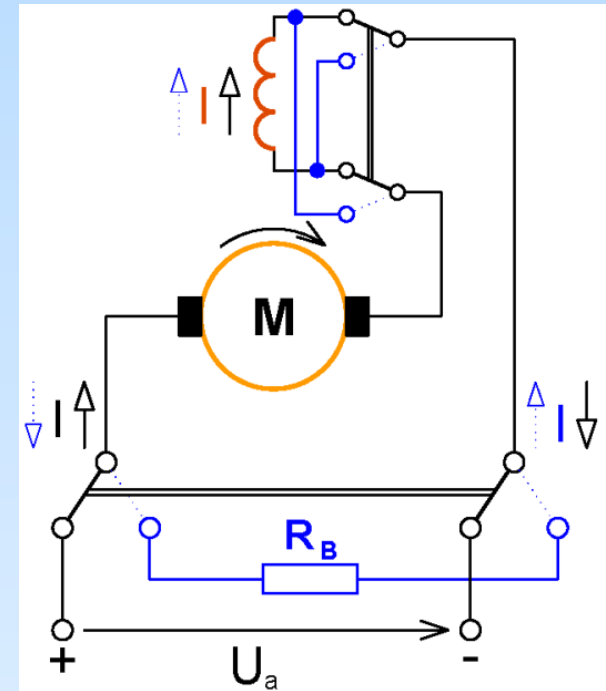
do série zařazeným rezistorem  $R_B$  ( $I = \frac{U+U_i}{R_{ab}+R_B}$ )



## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění reverzací

Opět musíme přepólovat i budící vinutí, aby se nezměnil i směr magnetického toku hlavních pólů (snaží se roztočit motor opačně).



## 1.5.3 Sériový motor

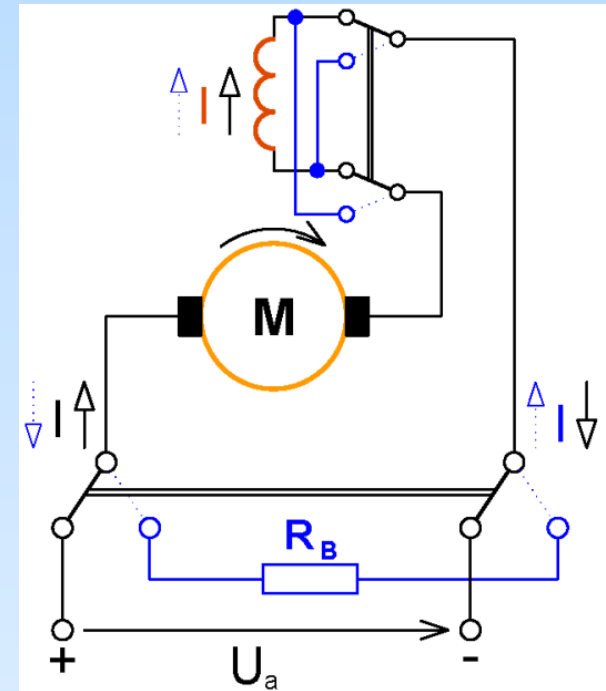
### Brždění reverzací

Mechanická rovnice  $\omega = \frac{U}{\sqrt{C_1 \cdot C_2 \cdot \sqrt{M_h}}} - \frac{R_{ab}}{C_1 \cdot C_2}$ ,  
při brždění reverzací přejde na zpomalovací  
charakteristiku ve tvaru

$$\omega = \frac{-U}{\sqrt{C_1 \cdot C_2 \cdot \sqrt{M_h}}} + \frac{R_{ab} + R_B}{C_1 \cdot C_2}$$

(znaménko + před druhou částí rovnice je opět dáno

konstantou  $C_2 = \frac{\Phi}{-I}$ ).



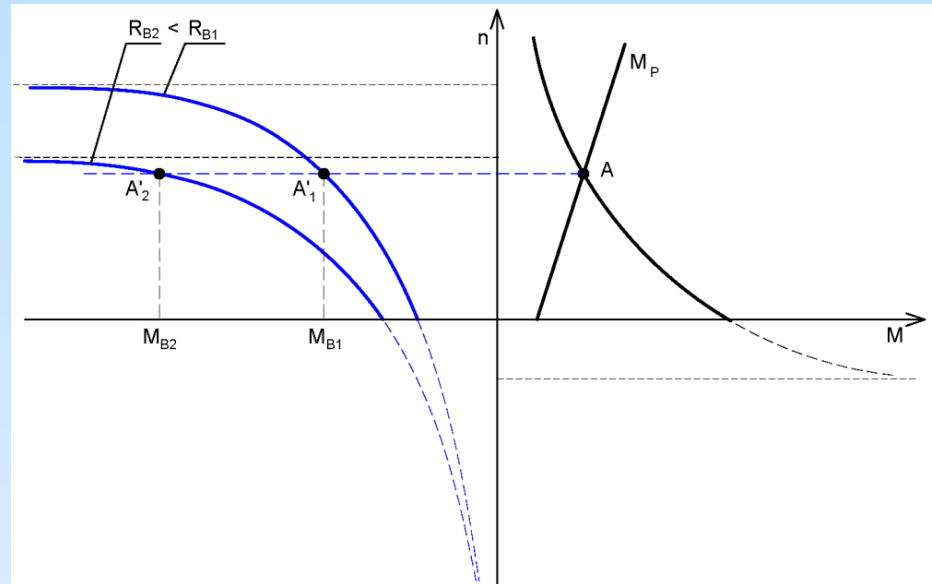
ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění reverzací

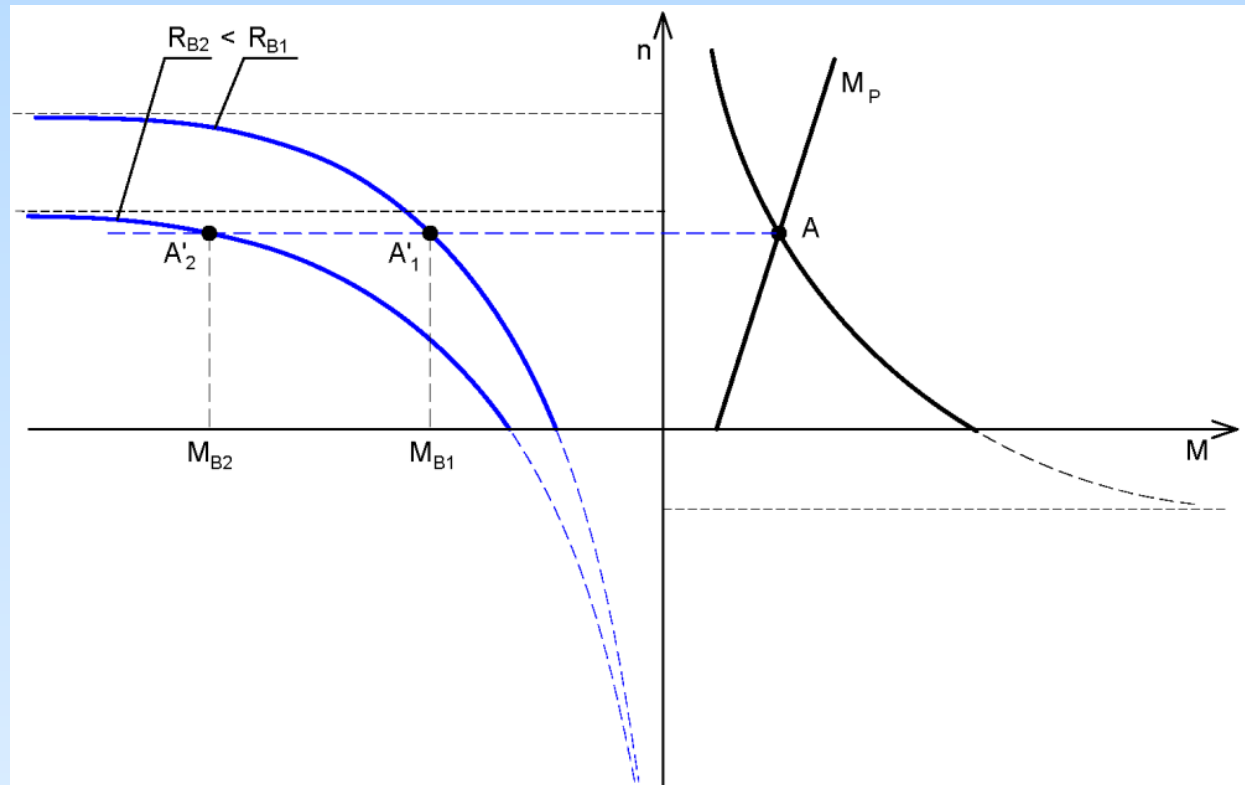
Jedná se o rovnici hyperboly, jejíž jednou asymptotou je osa otáček a druhou rovnoběžka s osou momentu posunutá nad tuto osu

$$0 \frac{R_{ab} + R_B}{C_1 \cdot C_2}.$$



## 1.5.3 Sériový motor

Brždění reverzací

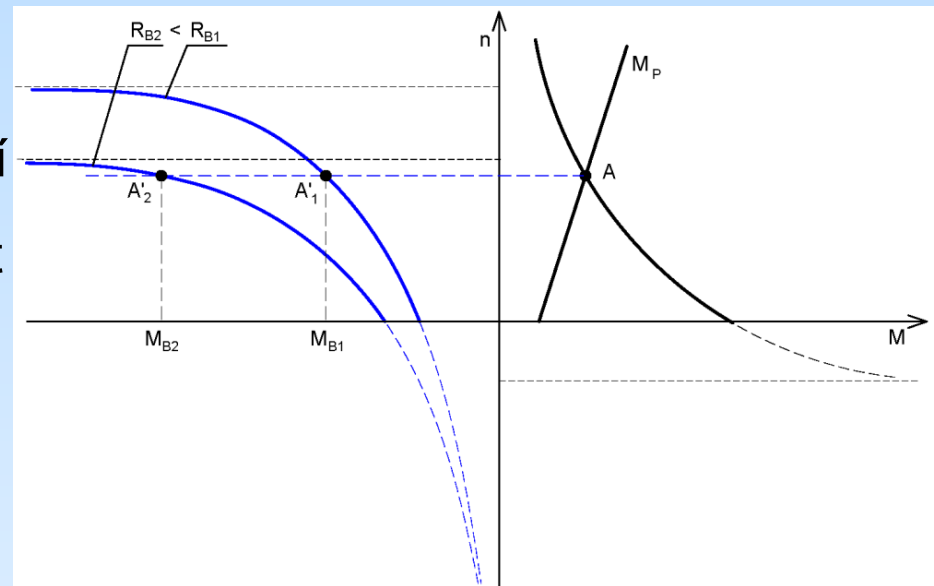


ROBOTI

## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění reverzací

Na charakteristice jsou opět naznačeny dvě křivky při připojení různých rezistorů ( $R_{B1} > R_{B2}$ ) a opět menší rezistor způsobí větší brzdny moment ( $M_{B2} > M_{B1}$ ), ale obvodem bude také procházet větší proud.



## 1.5.3 Sériový motor

### Brždění reverzací

Musíme opět volit **kompromis**  
mezi velikostí brzdného  
momentu a brzdného proudu.

