

Električni strojevi i pogoni

Električni pogoni

Električni pogoni

Uvod

Električni pogoni - Uvod

- Klasični elektromotorni pogoni:
 - motor,
 - radni stroj,
 - uklopni aparati.
- Električni pogonski sustavi:
 - motor,
 - radni stroj,
 - upravljački i/ili regulacijski uređaji.
- Električni pogoni danas - veza između energetske tehnike i automatizacije.

Električni pogoni - Uvod

- Električne pogonske sustave određuju:
 - radni mehanizmi,
 - elementi energetske elektronike,
 - mikroelektronika,
 - informacijska tehnika.
- Električni pogoni bitno utječu na rad naprava, strojeva, industrijskih postrojenja:
 - smanjuju proizvodne troškove,
 - povećavaju stupanj djelovanja pri pretvorbi energije,
 - povećavaju kvalitetu proizvoda.

Električni pogoni - Uvod

- Električni pogonski sustavi omogućuju:
 - točno i brzo podešavanje brzine vrtnje i okretnog momenta motora,
 - točno i brzo podešavanje cjelokupnog pogona,
 - rad gotovo bez gubitaka.
- Inteligentni pogonski sustavi:
 - sami se kontroliraju,
 - sami mogu optimirati svoje dinamičko ponašanje.

Električni pogoni - Uvod

- Električni pogonski sustavi - svojstva:
 - vrlo dobra raspoloživost električne energije i visoka sigurnost opskrbe,
 - visoki stupanj djelovanja pri pretvorbi energije,
 - jednostavno održavanje i visoka životna dob,
 - izvanredna upravljačka i regulacijska svojstva uz jednostavna mjerenja regulacijskih veličina,
 - malo opterećivanje okoline, mala buka i vibracije,
 - jednostavno uvođenje u kompjuterski vođene pogone.

- Električni pogoni - zadaci:
 - pretvoriti električnu energiju u mehaničku uz što bolji stupanj djelovanja,
 - pretvoriti dobivene informacije u mehanička gibanja,
 - ostvariti zadana gibanja prema određenim nalogima uz visoku statičku i dinamičku točnost.

Vrste gibanja

- Svaki pogon sadrži nekakvo gibanje.
- Izvođenje zadanih gibanja obavlja električni stroj.
- Gibanja mogu biti:
 - kružna,
 - translatorna,
 - složena.
- Vrste gibanja:
 - kontinuirano gibanje,
 - pozicioniranje.

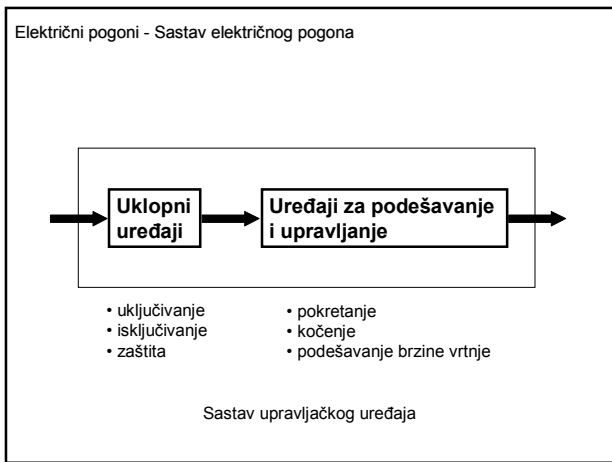
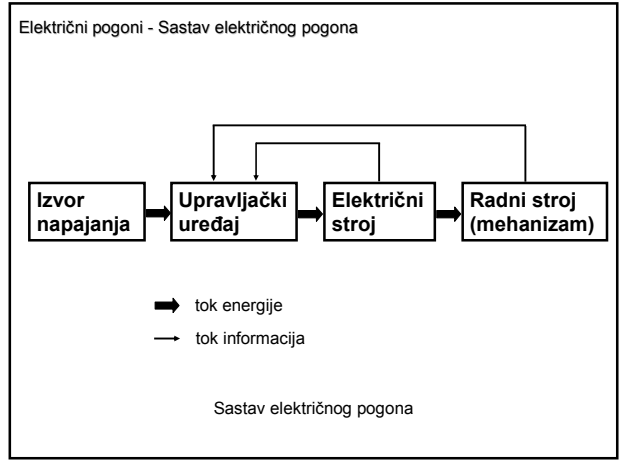
- Kontinuirano gibanje - promjena položaja nekog tijela ovisno o vremenu.
- Primjeri pogona s kontinuiranim gibanjem:
 - vozila,
 - pumpe,
 - dizala,
 - kompresori,
 - bušilice i slično.

- Pozicioniranje - gibanje s određenim putevima.
- Primjeri pogona s pozicioniranjem:
 - ventili,
 - zasuni,
 - pomaćni uređaji,
 - taktne proizvone trake,
 - industrijski roboti i slično.

Sastav električnog pogona

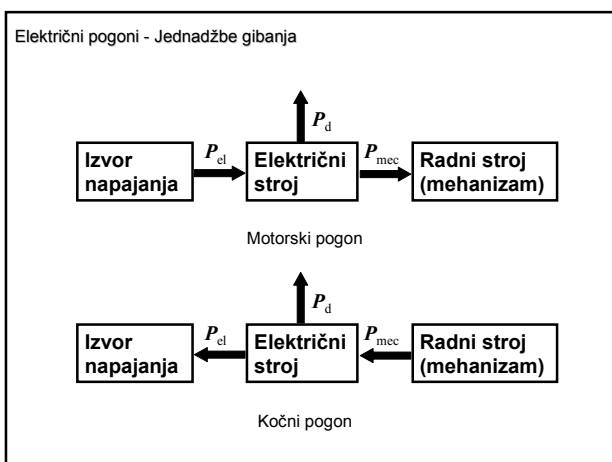
Električni pogoni - Sastav električnog pogona

- Električni stroj - osnovni dio svakog električnog pogona.
- Upravljački uređaji - uz električni stroj, ovisno o tehnološkim zahtjevima.
- Regulacijski uređaji - zahtijevaju povratne informacije o pojedinim izlaznim veličinama (okretni moment, brzina vrtnje, kut zakreta).
- Elektronički uređaji (pretvarači) - omogućuju visoku dinamiku pogona i široku primjenu u automatizaciji tehnoloških procesa.



Električni pogoni

Jednadžbe gibanja



Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Za gibanje je potrebna mehanička energija - dobiva se pretvorbom iz električne energije.
- Trenutna snaga na osovini električnog stroja:

$$P_{mec}(t) = T(t) \cdot \Omega_m(t)$$

- Mehanička kutna brzina:

$$\Omega_m = \frac{2\pi n}{60}$$

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Motorski pogon - snaga na osovini električnog stroja:

$$P_{\text{mec}}(t) = T(t) \cdot \Omega_m(t) = \frac{1}{\eta} T_L \cdot \Omega_L(t) + \frac{d}{dt} W_{\text{kin}}(t)$$

$P_{\text{mec}}(t)$ → snaga električnog stroja
 $T(t)$ → moment električnog stroja
 $\Omega_m(t)$ → moment radnog stroja
 η → stupanj djelovanja radnog stroja
 T_L → mehanička kutna brzina radnog stroja
 $\Omega_L(t)$ → mehanička kutna brzina radnog stroja
 $\frac{d}{dt} W_{\text{kin}}(t)$ → kinetička energija akumulirana u sustavu

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Kočni pogon - snaga na osovini električnog stroja:

$$P_{\text{mec}}(t) = T(t) \cdot \Omega_m(t) = \eta T_L \cdot \Omega_L(t) + \frac{d}{dt} W_{\text{kin}}(t)$$

$P_{\text{mec}}(t)$ → snaga električnog stroja
 $T(t)$ → moment električnog stroja
 $\Omega_m(t)$ → moment radnog stroja
 η → stupanj djelovanja radnog stroja
 T_L → mehanička kutna brzina radnog stroja
 $\Omega_L(t)$ → mehanička kutna brzina radnog stroja
 $\frac{d}{dt} W_{\text{kin}}(t)$ → kinetička energija akumulirana u sustavu

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Kinetička energija - akumulirana u rotirajućim masama sustava:

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} J \cdot \Omega_m^2$$

J → moment tromosti pogona

- Moment tromosti pogona - moment tromosti motora i svih momenata tromosti radnog stroja.

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Pretpostavke:

$$\Omega_m = \Omega_L$$

$$\eta = 1$$

- Temeljna jednadžba pogona:

$$T(t) = T_L(t) + \frac{1}{\Omega_m(t)} \cdot \frac{d}{dt} W_{\text{kin}}(t) = T_L(t) + T_u(t)$$

$T(t)$ → moment električnog stroja
 $T_L(t)$ → moment radnog stroja
 $T_u(t)$ → moment ubrzanja cijelog pogona

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Pretpostavke:

$$W_{\text{kin}} = \text{konst.}$$

$$n = \text{konst.}$$

- Jednadžba pogona:

$$T = T_L + T_u$$

$$T_u = T - T_L$$

Električni pogoni - Jednadžbe gibanja

- Moment ubrzanja:

$$T_u = T - T_L$$

- Mogući slučajevi:
 - za $T > T_L$ moment T_u ubrzava pogon
 - za $T = T_L$ moment $T_u = 0$, stacionarni pogon
 - za $T < T_L$ moment T_u usporava (koči) pogon
- Kočni moment ($T_L > T$): $T_k = T_L - T$

Zalet pogona i pogonska radna točka

- Moment motora - mehanička karakteristika:

$$T = f(\Omega_m)$$

$$T = f(n)$$

- Prikaz u električnim pogonima:

$$\Omega_m = f(T)$$

$$n = f(T)$$

- Zalet pogona - moment motora mora svladati moment tereta i istovremeno ubrzati cijeli pogon do brzine vrtnje koju treba radni stroj za vršenje rada.

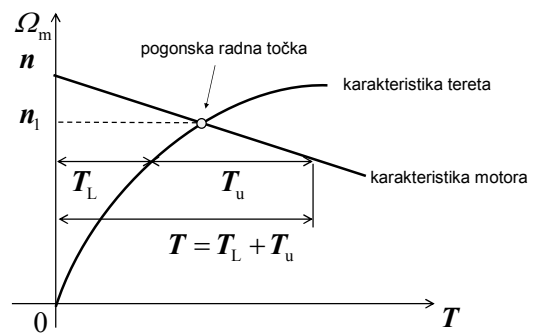
- Moment motora:

$$T = T_L + T_u$$

- Nakon zaleta - stacionarni rad u radnoj točki:

$$T = T_L$$

- Pogonska radna točka - presjecište karakteristika radnog stroja i motora.



Zalet pogona i pogonska radna točka

- Stacionarni (statički) rad (bez ubrzanja ili usporenja) - brzina je konstantna:

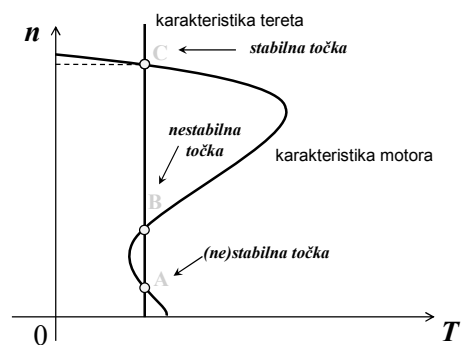
$$T = T_L$$

$$T_u = 0$$

- Prijelazni ili dinamički rad (s ubrzanjima i/ili usporenjima, brzina nije konstantna):

$$T \neq T_L$$

- Javlja se moment ubrzanja: $T_u \neq 0$



Stabilne i nestabilne pogonske radne točke

Električni pogoni - Zalet pogona i pogonska radna točka

- Stabilna radna točka - nastupom poremećaja koji vodi k smanjenju brzine vrtnje pogon ponovo vraća u tu radnu točku i obratno.
- Nestabilna radna točka - nastupom poremećaja koji vodi k smanjenju (ili povećanju) brzine vrtnje pogon se usporava (ili ubrzava).
- U nestabilnim radnim točkama pogon ne može raditi stacionarno, konstantnom brzinom.

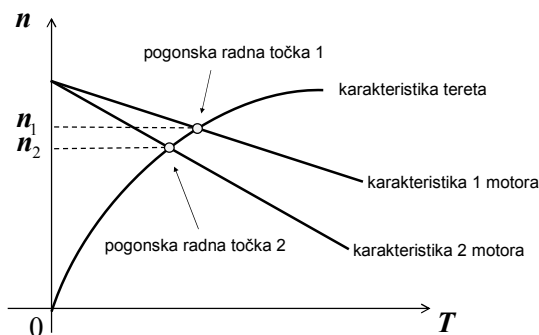
Električni pogoni

Upravljeni i regulirani pogoni

Električni pogoni - Upravljeni i regulirani pogoni

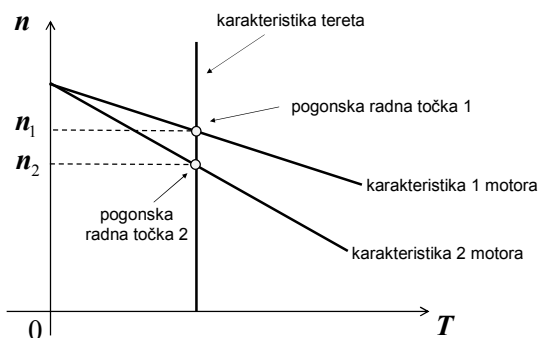
- Upravljeni pogoni - zahtijevane karakteristike motora dobivaju se odgovarajućim napajanjem motora.
- Postignuta pogonska radna točka leži u presjecištu karakteristike motora i karakteristike tereta.
- Zahtijevana brzina vrtnje može se postići približno.
- Ostvarena brzina vrtnje je ovisna o opterećenju.
- Nema povratne veze između brzine vrtnje (ili neke druge veličine motora) i napajanja.

Električni pogoni - Upravljeni i regulirani pogoni



Pogonske radne točke kod upravljanog pogona s promjenljivom brzinom vrtnje i ventilacijskom karakteristikom tereta

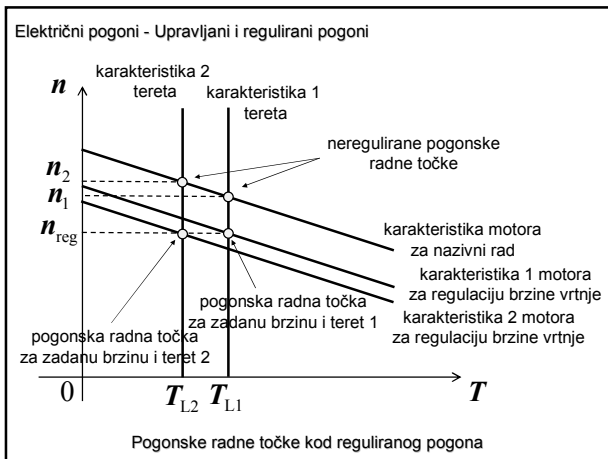
Električni pogoni - Upravljeni i regulirani pogoni



Pogonske radne točke kod upravljanog pogona s promjenljivom brzinom vrtnje i konstantnim momentom tereta

Električni pogoni - Upravljeni i regulirani pogoni

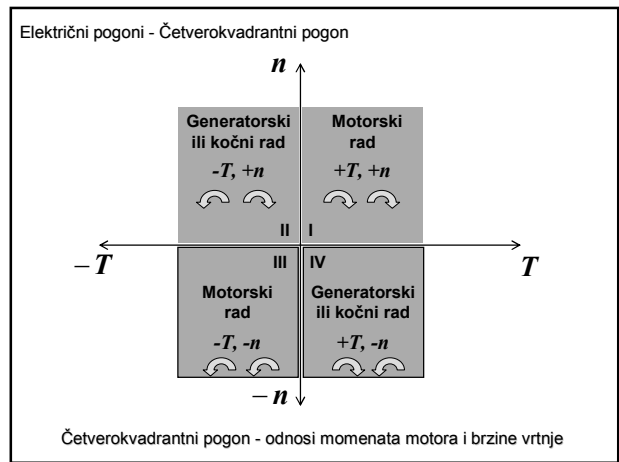
- Regulirani pogoni - zahtijevane karakteristike motora dobivaju se složenim uređajima za napajanje motora.
- Postignuta pogonska radna točka leži u presjecištu karakteristike motora i karakteristike tereta.
- Može se postići i održavati zahtijevana brzina vrtnje - neovisna o opterećenju.
- Postoji povratna veza između brzine vrtnje (ili neke druge izlazne veličine) i napajanja.



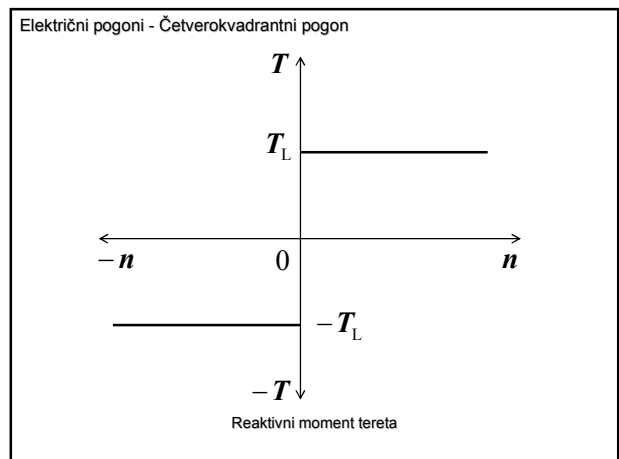
Električni pogoni

Četverokvadrantni pogon

- Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon
- Električni motor može raditi u motorskom, generatorskom ili kočnom režimu rada.
 - Četverokvadrantni pogon - područje mogućeg rada.
 - Režim (područje rada, kvadrant) ovisi o smjerovima momenta motora i brzine vrtnje.
 - Poseban slučaj - asinkroni motor koji može imati više vrsta kočenja: generatorsko, protustrujno i istosmjernom strujom.



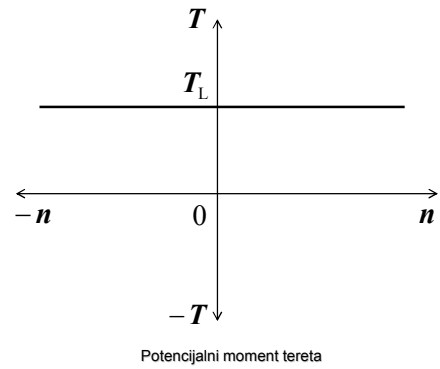
- Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon
- Reaktivni moment tereta - opire se svakom kretanju.
 - Uvijek mijenja smjer kad se mijenja smjer gibanja.
 - Primjer: moment tereta kod pogona vozila.



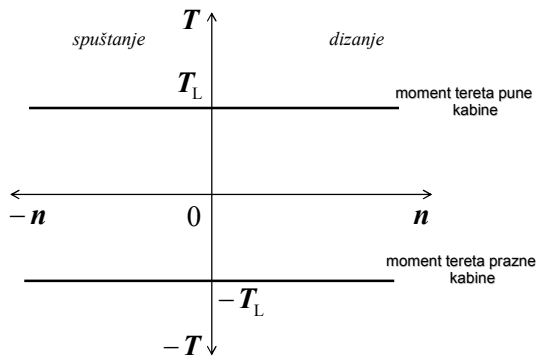
Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon

- Potencijalni moment tereta - zadržava smjer djelovanja neovisno o smjeru vrtnje.
- Njegovo djelovanje ovisi o potencijalnoj energiji sustava.
- Primjer: moment tereta kod dizanja i spuštanja dizala.

Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon

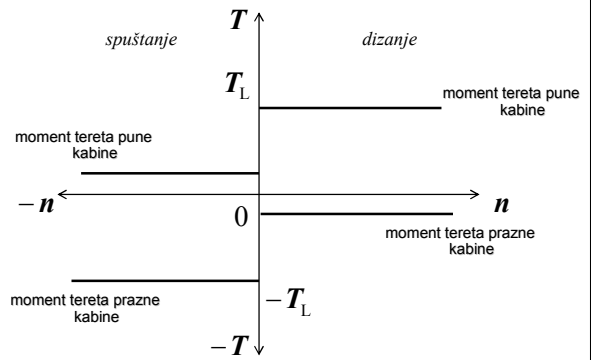


Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon



Momenti tereta pune i prazne kabine pri dizanju i spuštanju dizala bez reduktora

Električni pogoni - Četverokvadrantni pogon

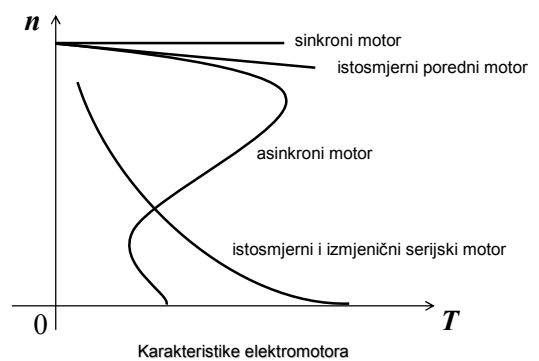


Momenti tereta pune i prazne kabine pri dizanju i spuštanju dizala s reduktorom

Električni pogoni

Elektromotori i radni strojevi

Električni pogoni - Karakteristike elektromotora



Karakteristike elektromotora

