

Breme kot izvor energije

Pri viličarjih lahko ob spuščanju bremena dobimo nazaj do 30% energije

Na področju mobilnih delovnih strojev se je za namene varčevanja energije uveljavil koncept izkoriščanja kinetične energije pri zaviranju. Novejši pristop predvideva za namene vračanja energije tudi izkoriščanje bremen. To še posebej pride do izraza pri viličarjih. Na primeru elektromotorno poganjanega komisionirnega stristranskega viličarja proizvajalca Jungheinrich se je izkazalo, da je možno s koriščenjem energije ob spuščanju bremena povrniti do 30 % energije, ki je bila vložena v dviganje bremena.

■ Breme koriščeno kot izvor energije

Del kinetične energije npr. delovnih vozil, ki je na razpolago ob zaviranju, si že lahko obliki različnih hibridnih pogonov uspešno povrnemo, kar brez dvoma prispeva k učinkovitejši rabi vložene energije. Zaradi vse večjih stroškov energije pridobivajo tovrstni načini vračanja vložene energije na različnih področjih mobilnih strojev vse bolj na pomenu. Primerljive prihranke energije, kot novejši koncept, ponuja tudi koriščenje potencialne energije, ki je shranjena v npr. dvignjenem bremenu viličarja.

Viličaji so transportne naprave, brez katerih si logističnega procesa v podjetju ne moremo več zamišljati. Pogon viličarja je v osnovi izveden ali z motorjem z notranjim zgorevanjem ali pa z elektromotorjem pri čemer je močno srečati različne izvedbe. Električno gnani viličarji imajo praviloma pogon izveden s hitrostno regulirano konstantno črpalko in elektrohidravlično izvedenim krmiljenjem dviga bremena. Takšen pogonski koncept je idealen za namevanje regeneracijo energije. Običajna višina dviga, ki se na področju skladiščenja opravlja z viličarji znaša okoli 10 m, v primeru viskoregalnih skladišč pa celo nad 15 m. Tovrstni primer predstavlja npr. viskoregalni elektro komisionirni tristranski viličar vrste EKX proizvajalca Jungheinrich,

»man-up« vozilo (slika 1). Tovrstni viličar je kot prvi elektro viličar razpolagal s sistemom vračanja energije dviganja oz. položaja bremena.



Slika 1. Viskoregalni elektro komisionirni tristranski viličar EKX proizvajalca Jungheinrich

■ Klasifikacija sistemov hranjenja energije

Osnovo za načrtovanje in optimiranje sistema za vračanje energije dviganja predstavlja natančna analiza razpoložljivih potencialov energije in možnih načinov shranjevanja energije. Energija potrebna za opravljanje dvignjenega dela pri viličarjih (katero bi lahko tudi povrnili), znaša pri skupni



masi viličarja s kabino do 3000 kg in ob višini dviga 10 m približno 300 kW. V primerjavi z npr. 10000 kg težkim komunalnim vozilom, ki

zavira s hitrosti 30 km/h, je na razpolago za ponovno koriščenje 350 kW; primerljiva količina energije kot pri viličaju (slika 2). Povrnjeno energijo je potrebno še shraniti. Akumulatorji z veliko gostoto energije so npr. električni (svinčeni) akumulatorji oz. baterije, kapacitete do 100 Wh/kg. Hidravlični akumulatorji imajo sicer veliko gostoto moči, glede gostote energije pa je ravno na-

sprotno, saj ta leži v področju zgolj 1 Wh/kg. V primeru uporabe, kjer je zahtevana velika gostota energije, bi bili potrebni 50 L hidravlični akumulatorji, da bi lahko shranili energijo pri omenjenem dvigu. Ker ima omenjena vrsta viličarjev elektromotorni pogon, je za shranjevanje energije smiselno uporabiti kar električne akumulatorje viličarja z 20 kWh. Tja lahko shranimo vrnjeno energijo in jo kasneje ponov-

no koristimo. Pri komunalnih vozilih se za hranjevanje energije zaradi višje gostote moči daje prednost uporabi hidravličnim akumulatorjem.

stavlja izhodišče - 100 %. Pretvorba hidravlične moči preko črpalke poteka v glavnem neodvisno od bremena, z izkoristkom okoli 70 %.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Energija zaviranja : $W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ $= \frac{1}{2} \cdot 10000 \text{ kg} \cdot 30 \text{ km/h} = 350 \text{ kW s}$ trajanje : cca 3 s</p> <p>Zavorna moč: $P=110 \text{ kW}$</p> |  <p>Visoka gostota moči</p> |
| <p>Dvižno delo : $W = m \cdot g \cdot h$ $= 3000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 300 \text{ kW s}$ trajanje : cca 25 s</p> <p>Zavorna moč $P=12 \text{ kW}$</p> |  <p>Visoka gostota energije</p> |

Slika 2. Primerjava potencialov za vračanje energije

■ Izkoristki pri spuščanju bremena

Za ponovno koriščenje energije dviga, je bil za omenjeno vrsto viličarja razvit sistem prikazan na *sliki 3*. Električni akumulator viličarja kot izvor energije in hkrati kot shranjevalnik energije, napaja frekvenčno regulirani trifazni elektromotor, ki poganja konstantno zobniško črpalčko z zunanjih ozobjem. Proizvedena hidravlična moč se prenaša preko ventilskega bloka do hidravličnega valja na dvižnem stebru, ki pretvarja hidravlično energijo v mehansko energijo dviga. Ob koncu dviga ima masa bremena, ki jo je potrebno odložiti na mesto v regalu, določeno potencialno energijo. Pri spuščanju dvižnega sistema z drugim bremenom ali pa tudi brez njega (zgolj lastna teža dvižnega ogrodja), se lahko ta potencialna energija izkorišča kot izvor energije. Ta energija se sedaj vrača preko hidravličnega sistema in črpalke, ki sedaj kot hidromotor poganja generator in polni električni akumulator.

Kolikšen potencial energije se lahko povrne pri tej enostavni rešitvi prikazuje *slika 4*. V diagramu so prikazani izkoristki pri dviganju oz. pri spuščanju, za primer z bremenom (zeleno) oz. brez bremena (rdeče). Električna moč akumulatorja pred-

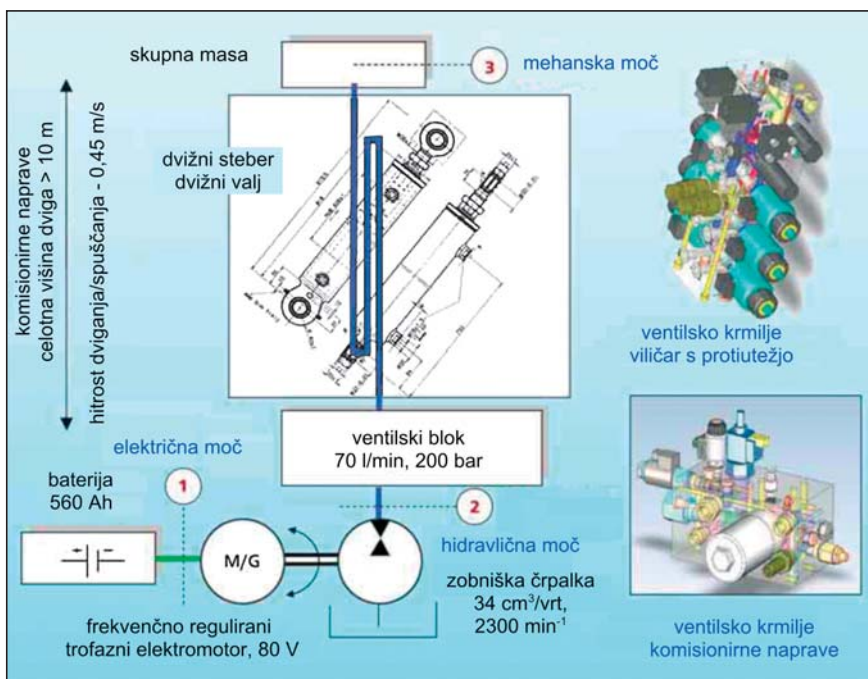
Preostali hidravlični sistem povzroča izgubo tlaka povprečno okoli 25 bar. Zaradi različno velikih bremen in s tem povezanih tlakov se v primeru dvigovanja brez bremena pojavljajo nekoliko nižji izkoristki ($\eta = 0,8$ z bremenom in $\eta = 0,7$ brez bremena). V primeru delovanja viličarja, ki je opremljen s sistemom za vračanje energije se ta energija v celoti izgubi. V primeru uporabe inovativnega sistema za vračanje energije, se pri spuščanju ob podobnih tlačnih izgubah, dosežejo boljši izkoristki: $\eta = 0,85$ s polnim bremenom oz. $\eta = 0,7$ v primeru brez bremena. Izkoristek enote motor-črpalke je v generatorskem načinu delovanja močno odvisen od bremena, pri čemer se izkoristki gibljejo med $\eta = 0,7$ pri polnem bremenu in $\eta = 0,5$ pri spuščanju brez bremena (*slika 4*). Večja lastna teža dvižnega ogrodja ob spuščanju brez bremena izboljšuje situacijo.

Pridobljena električna energija se praviloma koristi za istočasno opravljanje drugih funkcij in ne za polnjenje baterij viličarja. Če npr. koristimo energijo spuščanja neposredno na motorju za vožnjo, ni potrebno v ta namen uporabljati energije iz baterije. S sistemom za vračanje energije si lahko na ta način pri polnem bremenu povrnemo 35 % vložene energije, oz. pri spuščanju brez bremena 17 %.

S tem t.i. koristnim spuščanjem, je tako možno v normalnem delovnem ciklusu prihraniti okoli 30 % energije. Prihranek energije pri koristnem spuščanju bremena je približno enako velik kot v primeru vračanja kinetične energije pri regenerativnem zaviranju - glede na razpoložljive podatke aktualnih študij se gibljejo te vrednosti med 15 in 30 %. Skladiščna in sistemska vozila so zasnovana tako, da se njihova zasnova kar sama ponuja za koriščenje energije spuščanja, saj zaradi višin dviga (do 15 m) traja faza spuščanja in s tem vračanja energije do 30 s. Razen tega pa se celotno dvižno ogrodje in nosilec voznikovega sedeža (masa ca. 700 kg) neprestano dvigata in spuščata. Oboje doprinese k občutnemu deležu mase in izboljša izkoristek, še posebej pri praznem spuščanju. Pri viličarjih s protiutežjo se koriščenje energije spuščanja ni obneslo, kajti višina dviga v enem delovnem poteku znaša običajno okoli 3 m, faze spuščanja pa so tudi relativno kratke. Šele novejši koncepti izvedbe krmiljenja bodo v prihodnosti omogočili koriščenje energije dviganja tudi pri teh viličarjih.

■ Nadaljne možnosti vračanja energije

Posebej je potrebno izpostaviti, da lahko s takšnim povečanjem energetske učinkovitosti visokoregalni viličar obratuje brez menjave baterije tudi do dve izmeni. To predstavlja veliko prednost, saj prihranimo zamenljivo baterijo, pripravo za menjavo baterije in seveda čas potreben za menjavo baterije. Razen tega prihranimo tudi same stroške energije, ki niso zanemarljivi. Če opazujemo porabo energije sistemskih vozil v generacijah od 1987 do 2007 vidimo, da danes za enako delo potrebujemo samo pol toliko energije kot smo je pred 20 leti. Ena od pomembnih točk pri tem je koriščenje energije spuščanja. Nadaljnji potencial (ocenjeno do 10 %) se lahko dosega z optimiranjem mehanskih izkoristkov dvižnega sistema kot tudi z minimiranjem izgub v gibkih ceveh. Slednje povzročajo pri dolžinah cevi daljših od 15 m dokajšen padec tlak. Enota motor-črpalke in krmilni bloki so bili zasnovani na osnovi dolgoletnih izkušenj in delujejo z zelo

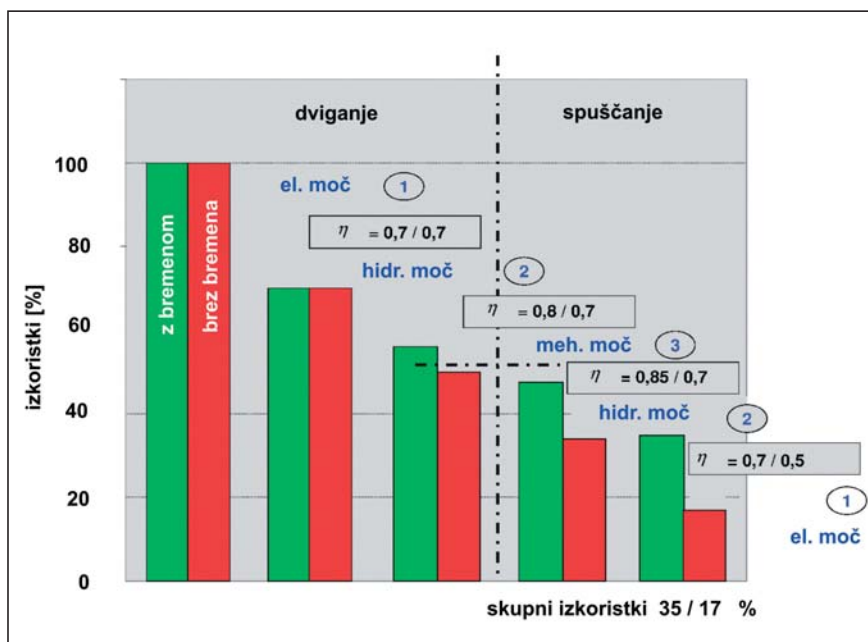


Slika 3. Breme korišćeno kot izvor energije – koristno breme

nizkimi izgubami. Posebna pozornost je bila pri tem posvećena oblikovanju povezovalnih oz. krmilnih izvrtin v bloku, kompaktni zgradbi in uporabi namenskih, prilagojenih ventilov. Pri delovnih strojih in transportnih napravah, ki jih poganjajo motorji z notranjim zgorevanjem, se lahko uporablja vmesno shranjevanje hidravlične energije v hidravličnih akumulatorjih. Tovrstna rešitev zahteva resda velike akumulatorje in dodatno enoto za pretvorbo tlaka, po drugi strani pa ti sistemi razbremenijo motor z notranjim zgorevanjem visokih konic vrtilnega momenta. Razen tega so na voljo tudi hibridni koncepti. Potencial možnega prihranka energije je primerljiv s temi prikazanimi v prispevku.

Dvig okoljske zavesti in naraščajoče cene goriv so učinkovitost strojev postavile v fokus tako posameznih uporabnikov kot tudi širši javnosti. Na osnovi predstavljene rešitve je bil razvit sistem za vraćanja energije dviganja, ki postavlja nova merila za učinkovit management energije in visoko gospodarnost. Predstavljene rešitve omogoćajo razvojnikom in konstrukterjem mobilnih delovnih strojev gnanih z elektrićnimi motorji ali z motorji notranjim zgorevanjem in hidravličnimi dvižnimi napravami, da uberejo nove poti varćevanja z energijo. Predstavljena spoznanja se lahko prav uspešno prenašajo tudi na tista področja uporabe, pri katerih se vršijo dviigi na višine večje od 3 m in z bremenii večjimi kot 1000 kg.

Vir: Käsler, R., Stingl, K., Riedmaier, S.: *Last als Energiequelle*, O + P 59 (2009) 1–2, str. 31-33



Slika 4. Do 35 % energije porabljene za dviganje bremena lahko ob spuščanju pridobimo nazaj

Povzel: dr. Darko Lovrec UM, Fakulteta za strojništvo

INTRONIKA
 Mednarodni strokovni sejem za profesionalno elektroniko
 International Trade Fair for professional electronic
 07.-09. 10. 2009
 CELJE-SLOVENIA
 www.intronika.si, e-mail:intronika@icm.si
 icm PASSION FOR PERFECTION