

Dinamična simulacija motornega pogonskega sistema z variabilno hitrostjo, krmilnimi ventili in servonapravo

Ming Xu*– Jing Ni – Guojin Chen
Univerza Hangzhou Dianzi, Šola za strojništvo, Kitajska

Elektrohidravlični pogoni z variabilno hitrostjo (elektromotor s krmiljenjem hitrosti v kombinaciji s konstantno hidravlično črpalko) so obetavni, saj razen večje energijske učinkovitosti kot pogoni z elektromotorjem konstantne hitrosti v kombinaciji s hidravlično črpalko spremenljive delovne prostornine zagotavljajo tudi večjo zanesljivost sistema in širši razpon hitrosti. Pogoni z variabilno hitrostjo so s svojo močjo našli mesto v različnih hidravličnih strojih, njihov nadaljnji razvoj pa bi se lahko ustavil zaradi slabše odzivnosti in pomanjkljivih nizkohitrostnih lastnosti, ki so posledica vztrajnosti elektromotorja in hidravlične črpalke. Cilj raziskave je razvoj nove rešitve krmiljenja hitrosti elektrohidravličnega pogona, ki odpravlja pomanjkljivosti pogonov z variabilno hitrostjo in je primerna za praktično rabo.

Predlagan je nov pristop v obliki motornega pogona s krmilnimi ventili in variabilno hitrostjo, ki je opremljen z dodatno servonapravo (PAU) s tlačnim akumulatorjem. PAU je servonaprava s ponovno uporabo energije, ki lahko shranjuje in oddaja hidravlično energijo glede na potrebe sistema. Pri predlaganem pogonu z napravo PAU je mogoče pričakovati izboljšanje odzivnosti in natančnosti krmiljenja v primerjavi s pogonskim sistemom variabilne hitrosti. Predlagani pogonski sistem ima dva vira moči: glavni pogonski vir (električni motor s črpalko) in PAU. Glavni vir moči je sestavljen iz hidravlične črpalke s konstantno delovno prostornino, ki jo prek frekvenčnega pretvornika poganja trifazni asinhronski elektromotor. Ker glavni vir moči pogosto ne more zagotoviti dovolj pretoka za pospeševanje hidromotorja, je bila pogonskemu sistemu s krmilnimi ventili in variabilno hitrostjo dodana še naprava PAU, ki je v osnovi hidravlični akumulator, krmiljen z ventili. Hiter odziv, enostavna zgradba in nizka cena so zagotovljeni s shranjevanjem energije v mehovnem akumulatorju, pretok pri oddajanju in shranjevanju energije pa nadzoruje proporcionalni pretočni ventil. Nov princip pogona sicer prinaša tudi večje stroške pogonskega sistema. Od pogonskega sistema s krmilnimi ventili in variabilno hitrostjo se razlikuje po vključitvi enote PAU. Če sestav elektromotorja in črpalke sam ne more pospešiti dovolj hitro, se vključi enota PAU in oddaja shranjeno energijo za hitrejše pospeševanje. Ko izvršni sestav zavira, vendar se elektromotor in črpalka sama ustavljata prepočasi, PAU shranjuje energijo za naslednji delovni cikel. Naprava PAU se v vseh ostalih situacijah ne vključuje.

Nov princip pogona je povezan tudi z zahtevnejšim krmiljenjem. Predlagani pogonski sistem je zahteven sistem vrste MIMO, povezan z močno nelinearnimi in časovno odvisnimi parametri. Izpeljan je bil matematični model sistema in nato je bila izbrana hibridna strategija krmiljenja PID (s proporcionalnim, integralnim in diferencialnim členom), ki upošteva samo vhode in izhode sistema.

Dinamične simulacije treh tradicionalnih pogonov in novega pogona so bile opravljene s kosimulacijskimi modeli v paketu AMESim-Simulink. V primerjavi so bili vključeni motorni pogon s krmilnimi ventili, motorni pogon variabilne hitrosti s krmilno črpalko in motorni pogon variabilne hitrosti s krmilnimi ventili. Štirje pogoni so bili preizkušeni s tremi običajnimi motnjami variabilne obremenitve, z variabilno obremenitvijo v obliki kvadratnega vala, s hitro časovno spremenljivo variabilno obremenitvijo z majhno motnjo, ter s počasno časovno spremenljivo variabilno obremenitvijo z veliko motnjo. Primerjava rezultatov simulacije je pokazala, da ima predlagani pogonski sistem dobre dinamične lastnosti, ki ne zagotavljajo le pričakovanega prihranka energije, temveč tudi pomembno izboljšujejo odzivnost in natančnost krmiljenja v primerjavi z obstoječim pogonskim sistemom z variabilno hitrostjo.

Ključne besede: variabilna hitrost, prihranek energije, variabilna obremenitev, odziv, hidromotor, dinamika