



Modelování elektrohydraulických systémů u těžkých strojů systémem MATLAB (1)

Tradiční mechanické a hydraulické systémy používané při zemních pracích nebo v zemědělství se díky novým požadavkům zákazníka postupem času mění na elektrohydraulické systémy. Stroje vybavené těmito systémy jsou schopny zajistit větší efektivitu práce, bezpečnost, vytiženost stroje i snadnost údržby.



Při návrhu těchto těžkých strojů se stále více využívá modelování a simulace. Výrobce tak může testovat virtuální stroj a kontrolovat všechny jeho požadované funkce, což je podstatně ekonomičtější než zkoušet skutečné prototypy. Jednotné prostředí pro modelování elektrických, elektronických, mechanických a hydraulických systémů může podstatně ulehčit celý vývojový proces těchto strojů. V následujícím článku je uvedena implementace elektrohydraulického systému s využitím vývojových a simulačních nástrojů MATLAB a Simulink americké firmy The MathWorks.

Vývoj stavebních a zemědělských strojů prodělává postupně významnou změnu, kdy se konvenční mechanické a hydraulické systémy mění na elektrohydraulické. Požadavky na uvedené stroje lze rozdělit do dvou základních skupin. Na jedné straně jsou zde požadavky na emise spalovacího motoru, které jsou stále přísnější a v zorném poli je i úroveň hluku. Do druhé skupiny lze zařadit požadavky zákazníků, což jsou hlavně produktivita navrhovaného stroje, bezproblémová údržba a doba provozuschopnosti stavebního stroje. Příkladem pro implementaci elektrohydraulického systému mohou být charakteristiky zvedání a náklonu lžice těžkého stavebního stroje.



Kolový nakladač

Abychom plně využili výhody elektroniky instalované do těžkého stavebního stroje, je třeba požadavky z obou již zmíněných skupin při vývoji řešit současně, nikoliv odděleně. Příkladem takového návrhu může být kolový nakladač zeminy, kdy elektrohydraulická jednotka může ovládat například pohyb lžice nabírající zeminu. Obtížnost vývoje u již zmíněného kolového nakladače lze ukázat na tzv. V-cyklu, který lze charakterizovat následovně: lžice nakladače proniká do hromady šterku, s plnou lžicí se nakladač otáčí a blíží se k nákladnímu automobilu. Při tom se lžice současně zvedá, aby řidič do připravené korby vysypal náklad. Cyklus se několikrát opakuje a současně se mění poloha jednotlivých ramen kloubového mechanismu, čemuž odpovídá i činnost hydraulického systému. V popsaném procesu je třeba brát v úvahu komplexní interakci sil působících na lžici, které se přenášejí do jednotlivých ramen a táhel mechanismu i do hydraulického systému. Výkon stroje je určen parametry těchto systémů, které se vzájemně neustále dynamicky ovlivňují a děje které zde vznikají jsou vysoce nelineární. Výsledné vlastnosti elektrohydraulického systému stroje do značné míry určují elektronické řídicí jednotky, které při práci stroje ovlivňují chování každého z uvedených systémů.

Tradiční vývojový proces u těchto strojů probíhá tak, že jednotlivé systémy jsou navrhovány odděleně včetně jejich optimalizace. Příkladem může být například jeden z klíčových parametrů hnacího systému, kterým je přenos tažné síly do pohonu kol. Oddělený vývoj systémů nakonec vede k jejich prostému propojení. Jednoduše řečeno v hydraulickém systému vzniká síla, která působí přes hydraulický válec na mechanické ústrojí tak, že lžice se zvedá. Uvedené rozbory jsou typicky statické s heuristikou založenou na zkušenostech, ale nikoliv na dynamice vzájemného působení jednotlivých systémů. V průběhu tradičního vývojového procesu výkon stroje závisí na optimalizaci jednotlivých systémů a jejich částí a je těžké předem určit, jak dalece bu-

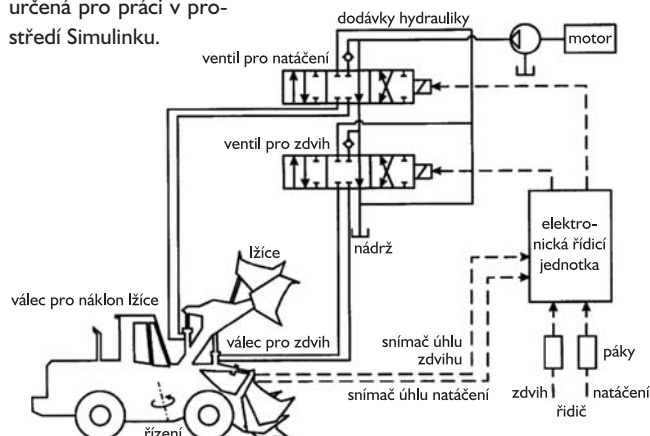
de výsledný výkon kolového nakladače navrhovanými parametry ovlivněn. Typický způsob, jak zajistit správnou činnost stroje v dynamickém prostředí je stavět fyzické prototypy navrhovaných strojů, kdy při zkouškách jsou poprvé pohromadě všechny hardwarové součásti systému. Pokud stroj nepracuje podle zadaných požadavků, je třeba provést změny v mechanických a hydraulických částech systému. Výsledkem jsou zvýšené ekonomické náklady díky výrobě nových součástí a tím i neúměrné časové nároky.

Model Based-Design

Abychom se vyhnuli dříve popsaným problémům, je v zájmu vývojových oddělení stále více využívat modelování a simulaci. Řada výrobců využívá vlastní software pro simulaci mechanických nebo hydraulických systémů. Jedná se většinou o specializované programy určené pro jednu oblast (mechanismy, hydraulika, atd.) a často nemají vazbu na ostatní vývojový software. Program pro návrh hydraulického systému většinou nelze použít znovu při návrhu propojeného mechanického systému. Při přenosu dat mezi oběma systémy mohou vznikat chyby a simulaci odděleného systému nelze postihnout vlivy, které mezi systémy vznikají. Nelze tedy ani vybrané parametry systémů společně optimalizovat a tak určit výsledný výkon navrhovaného stroje.

Východiskem pro komplexní návrh stroje s několika systémy najednou (mechanický, hydraulický nebo elektrický) je použití společného simulačního prostředí, kde jsou k dispozici všechny parametry navrhovaných systémů, které lze optimalizovat. Výhodou návrhu pomocí Model Based-Design je jeho opětovná využitelnost, snadné vyhledávání chyb, nalezení konečného výkonu stroje a porovnání několika variant řešení. Přínos metody je i ekonomický, protože po ověření modelu je třeba postavit pouze jeden skutečný prototyp navrhovaného stroje.

Jedním z vývojových prostředků pro vývoj v této oblasti je systém MATLAB-Simulink, produkt americké společnosti The MathWorks. MATLAB je univerzální prostředí pro vědeckotechnické výpočty s účinnou grafikou a s možností vytvářet uživatelské aplikace v jednoduchém programovacím jazyce s množstvím ladicích nástrojů. Simulink je rozsáhlá nadstavba MATLABu, která slouží k simulaci dynamických systémů a obsahuje několik knihoven s různými typy bloků pro spojitě, diskrétně a hybridní systémy. Kromě základních bloků lze využít také specializované knihovny, kdy pro návrh mechanických systémů slouží nadstavba SimMechanics obsahující bloky tuhých těles, kloubů, prismatických vedení, senzorů, atd. K návrhu hydraulických systémů slouží nadstavba SimHydraulics, což je další specializovaná knihovna bloků určená pro práci v prostředí Simulinku.



Schematické znázornění elektrohydraulického systému kolového nakladače



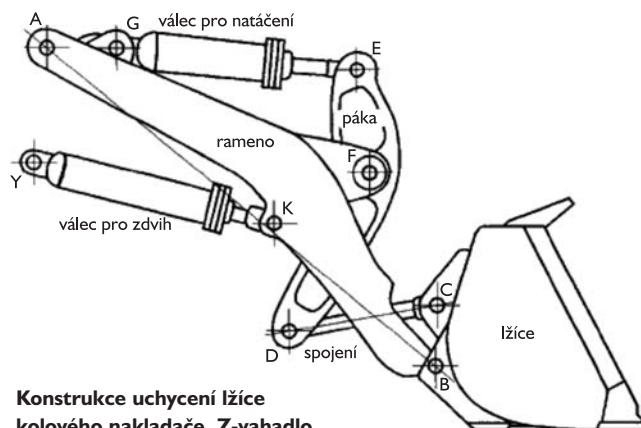
Elektrohydraulický systém

Navrhovaný systém, v našem případě uchycení lžice, tvoří mechanismus složený z pák a otočných kloubů, který je spojen s nakladačem. Mechanismus má dva stupně volnosti a ovládaný je hydraulickým válcem pro zvedání nákladu a válcem pro náklon lžice. Motor pohání hydraulické čerpadlo, na jehož výstupu jsou ventily regulující zvedání a náklon lžice. Řidič zajišťuje požadovaný pohyb mechanismu pákami z kabiny nakladače. Páky jsou spojeny s elektronickým řídicím modulem obsahujícím algoritmus, který vyhodnocuje povely a ovládá hydraulické čerpadlo a řídicí ventily tak, aby mechanismus vykonával požadovaný pohyb.

Mechanický systém

Na kolovém nakladači je použito mnoho navzájem spojených ramen, která tvoří poměrně známé tzv. Z-vahadlo (Z-Bar). Zapojení mechanismu je jednoduché a při tom je schopno přenášet velké síly. Hlavní součástí Z-vahadla je zvedací rameno a jeho ovládací hydraulický válec spojený s pákou pro natočení lžice a příslušný hydraulický válec. Jejich spojení zajišťuje 9 otočných spojů a celý systém je spojen s nakladačem v otočných bodech A a Y.

Pro modelování mechanismu a hydraulických částí bylo použito společné prostředí Simulink a další nástroje pro modelování fyzických systémů. Tyto produkty umožňují vytvářet modely odrážející fyzikální podstatu systémů s využitím grafického jazyka formou grafických bloků. Navzájem propojené simulační systémy jsou SimDriveline, SimHydraulics, SimMechanics a SimPowerSystems. Každý z těchto produktů má rozhraní, které uvedené systémy propojuje prostřednictvím signálů, senzorů, akčních členů a zdrojů. Pomocí SimMechanics bude vytvořen dynamický model Z-vahadla. V tomto prostředí může uživatel modelovat i 3D mechanické systémy prostřednictvím bloků, ve kterých uživatel definuje tuhá tělesa a otočné spoje. Do bloků je třeba zadat hmotnost jednotlivých částí, hmotové momenty setrvačnosti



Konstrukce uchycení lžice kolového nakladače, Z-vahadlo

a souřadnicové systémy. Klouby poskytují vzájemný pohyb mezi tělesy a různé druhy kloubů jsou připraveny v knihovnách bloků.

Pohon kloubového mechanismu mohou zajišťovat senzory a akční členy ve spolupráci s bloky Simulinku. Grafické a hmotové informace týkající se Z-vahadla mohou být do bloků SimMechanics dodány z CAD systému.

Pokračování příště.

Zdroj: *The MathWorks*



HUMUSOFT s.r.o.

Distributor produktů společnosti The MathWorks v ČR a SR
Pobřežní 20, 186 00 Praha 8, ČR
Tel.: +420 2 84 01 17 30
Fax: +420 2 84 01 17 40
e-mail: info@humusoft.cz
http://www.humusoft.cz

25