

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh CNC stroje pro navíjení elektrotechnických cívek pro vysokootáčkové motory
Jméno autora:	Michal Novák
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav přístrojové a řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Zdeněk Novák, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav přístrojové a řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce hodnotím jako průměrně náročné. Konstrukční prvky pro její splnění jsou na trhu dostupné. Pokud bych se měl však řídit názvem práce (nikoliv pokyny pro vypracování), hodnotil bych zadání jako náročnější kvůli vyšším nárokům na mechanický návrh finálního stroje pro výrobu cívky pro elektrický pohon.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání práce hodnotím jako splněné ve všech bodech. Některé sekce by mohly být zpracovány důkladněji, především pak přehled problematiky v bodě 1), kde bych očekával přehled dostupných komerčních řešení. V úvodu práce je uvedeno, že by výstupem práce měl být produkt, který bude srovnatelný s komerčně vyráběnými modely. Bez nějakého základního přehledu komerčních řešení tento cíl tak nelze splnit. Tento cíl si definoval sám autor a je tedy otázkou, proč ho nedokončil ve formě např. cenového srovnání pořizovacích nákladů, kvality výrobku, náročnosti na obsluhu apod. Je nutné si uvědomit, že i když autor hovoří v závěru o „Největší zřetel byl kladen na mechanickou konstrukci stroje, která je svou tuhostí a přesností polohování srovnatelná s menšími navíjecími stroji používanými v průmyslu.“, tak čtenář práce bohužel s žádným strojem seznámen nebyl, a tak se nemůže s autorovo tvrzením ztotožnit nebo ho naopak vyvrátit.	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Pokud bych měl hodnotit zvolený postup řešení samotné konstrukce automatického stroje pro navíjení elektrotechnických cívek, považoval bych ho za správný. Autor se nejdříve zabýval základními vlastnostmi pro technologii navíjení cívek a identifikoval hlavní nároky na konstrukci stroje (nutnost napínání, vedení drátu, metody vinutí a faktor plnění apod.). Poté navrhl konstrukci s potřebnými komponenty (pohony, řízení, napájení, uložení prvků). Po sestavení naprogramoval řídicí jednotku a zařízení otestoval. Co se mi však na postupu zdá zvláštní je spojeno s celým názvem práce, tedy „Návrh CNC stroje pro navíjení elektrotechnických cívek pro vysokootáčkové motory“. Tedy nejedná se o nějaké obecné elektrotechnické cívky, ale o cívky určené do vysokootáčkových elektrických strojů. Z tohoto pohledu bych se v prvním bodě (rešerše problematiky) nejdříve soustředil na typy vinutí v elektrických strojích, a až poté bych začal s návrhem stroje, jenž dokáže pro tento typ vinutí cívku navinout. Ostatně autor čerpal z publikace [4], kde jsou automatické stroje pro navíjení cívek pro elektrické motory také diskutovány, a tak by o těchto strojích měl vědět.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Po odborné stránce považuji práci za zdařilou z hlediska navržení funkční konstrukce. Všechny provedené kroky jsou v textu odůvodněny. Tím, že v textu práce chybí srovnání s referenčními stroji, nelze bohužel usoudit, zdali je navržené řešení hospodárné nebo naopak exceluje v některých jiných parametrech. V kapitole 5.2 konstrukce brzdícího systému je	

využita nastavitelná matice pro volbu brzdící síly. Tato síla je v textu označena jako za důležitou pro správnou funkci navijčky. Z uvedeného řešení však není úplně jasné, jestli se brzdící síla nastavuje „pocitově“ anebo jestli ji lze přesně nastavit (např. pootočením matice o daný počet závitů). Není jasné, jestli požadavky na stroj v kapitole 4.1 jsou zvoleny náhodně nebo jsou zvoleny s přihlédnutím na budoucí použití cívky, popř. běžný rozsah v komerčně vyráběných strojích. Nesouhlasím s tvrzením, že při průchodu cívkou vzniká elektrické pole (kapitola 2.1 první odstavec). To vzniká u kondenzátoru.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Po formální stránce je práce na dobré úrovni. Obrázky jsou čitelné, u některých ponechané anglické popisky dle mého názoru nevadí. Text práce je srozumitelný a obsahuje jen malé množství formálních chyb, pravděpodobně vzniklých odevzdáním práce na poslední chvíli (např. v elektronické verzi reference na kapitolu 5.6 v Obsahu). Rozsah práce odpovídá bakalářské práci. Kladně hodnotím uvádění přehledu členů pro každou rovnici za rovnici.

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Práce čerpá z 23 zdrojů literatury, z toho zdroj [4] je uvedený 5krát. Autor se rozhodl citovat i stránky z [4], a proto je záznam uveden vícekrát. V tomto případě bych spíše doporučoval použití citace ve formě [4, str. 163] místo vícenásobného uvedení stejné reference. Literatura [4] je odbornou knihou a velice relevantní pro dané téma, převážná většina ostatních referencí jsou internetové odkazy. Konstrukce automatických navijček v univerzitním prostředí není úplnou novinkou. Proto co mi nejvíce v práci chybělo, byl stručný přehled prací, které se podobným tématem již zabývaly. Např. v práci [ref1] je provedena rešerše dostupných komerčních zařízení, ze které mohl autor čerpat pro porovnání parametrů svého stroje s jinými. I na Fakultě strojní ČVUT na toto téma vznikla práce [ref2], ze které bylo možné čerpat poznatky, popř. si prohlédnout řešení (pokud je stále k dispozici) a porovnat výsledné parametry.
[ref1] Ihnát, K. Mikrokontrolérem řízená navijčka. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2017. 50 s., Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.
[ref2] Hyunjae, J. Simple coil winding machine. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky, 2021. 41 s., Bakalářská práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Novák, Ph.D.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

I přes výše uvedené nedostatky považuji výsledky práce za zdařilé. Souhlasím s autorovo závěrem, že na stroji lze dále pracovat a zlepšovat jeho parametry. Nebýt nevhodně zvoleného názvu, který se stává pro práci závazným, a absenci rešerše ekvivalentních průmyslových strojů a jiných prací na toto téma, jistě by si práce zasloužila lepší hodnocení.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Zadání práce hodnotím jako průměrně náročné a splněné ve všech bodech. Některé sekce by mohly být zpracovány důkladněji, především pak přehled problematiky v bodě 1), kde bych očekával přehled dostupných komerčních řešení. V úvodu práce je uvedeno, že by výstupem práce měl být produkt, který bude srovnatelný s komerčně vyráběnými modely. Bez nějakého základního přehledu komerčních řešení tento cíl tak nelze splnit. Tento cíl si definoval sám autor a je tedy otázkou, proč ho nedokončil ve formě např. cenového srovnání pořizovacích nákladů, kvality výrobku, náročnosti na obsluhu apod.

Pokud bych měl hodnotit zvolený postup řešení samotné konstrukce automatického stroje pro navíjení elektrotechnických cívek, považoval bych ho za správný. Autor se nejdříve zabýval základními vlastnostmi pro technologií navíjení cívek a identifikoval hlavní nároky na konstrukci stroje (např. nutnost napínání, vedení drátu, metody vinutí a faktor plnění apod.). Poté navrhl konstrukci s potřebnými komponenty (pohony, řízení, napájení, uložení prvků). Po sestavení naprogramoval řídicí jednotku a zařízení otestoval.

Co se mi však na postupu zdá zvláštní je spojeno s celým názvem práce, tedy „Návrh CNC stroje pro navíjení elektrotechnických cívek pro vysokootáčkové motory“. Tedy nejedná se o nějaké obecné elektrotechnické cívky, ale o cívky určené do vysokootáčkových elektrických strojů. Z tohoto pohledu bych se v prvním bodě (rešerše problematiky) nejdříve soustředil na typy vinutí v elektrických strojích, a až poté bych začal s návrhem stroje, jenž dokáže pro tento typ vinutí cívku navinout.

Práce čerpá z 23 zdrojů. Literatura [4] je odbornou knihou a velice relevantní pro dané téma, převážná většina ostatních referencí jsou internetové odkazy. Konstrukce automatických navíječek v univerzitním prostředí není úplnou novinkou. Proto co mi nejvíce v práci chybělo, byl stručný přehled prací, které se podobným tématem již zabývaly. Např. v práci [ref1] je provedena rešerše dostupných komerčních zařízení, ze které mohl autor čerpat pro porovnání parametrů svého stroje s jinými. I na Fakultě strojní ČVUT na toto téma vznikla práce [ref2], ze které bylo možné čerpat poznatky, popř. si prohlédnout řešení (pokud je stále k dispozici) a porovnat výsledné parametry.

I přes výše uvedené nedostatky považuji výsledky práce za zdařilé. Souhlasím s autorovo závěrem, že na stroji lze dále pracovat a zlepšovat jeho parametry. Nebýt nevhodně zvoleného názvu, který se stává pro práci závazným, a absenci rešerše ekvivalentních průmyslových strojů a jiných prací na toto téma, jistě by si práce zasloužila lepší hodnocení.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Otázky k obhajobě:

- 1) Dokázal byste nějak popsat postup, jak nastavit štelovací matici z kapitoly 5.2 tak, aby bylo dosaženo vhodné brzdící síly (a tedy kvality vinutí) a zároveň nedocházelo k přetěžování některého z použitých pohonů?
- 2) Kolika vrstvou cívku se Vám podařilo navinout a zároveň udržet vysoký faktor plnění (fill factor).
- 3) Vycházím čistě z názvu práce. Byl nějaký důvod, proč byl CNC stroj pro navíjení elektrotechnických cívek koncipován spíše univerzálně, než pro vinutí vysokorychlostních motorů?
- 4) Zkoušel jste navíjení i slaněného vodiče, který se častěji používá u vysokofrekvenčních aplikací? Popř. pokud ne, myslíte, že může nastat nějaká komplikace při jeho navíjení?

Datum: 22.8.2023

Podpis: