

## Strukturovaný magnetický obvod pro vysoce efektivní elektromagnetické stroje

### Fáze vývoje technologie

#### Fáze 2

##### Výzkum proveditelnosti.

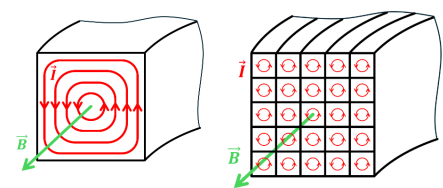
Dochází k reálnému návrhu technologie a k prvotním testům v laboratoři vedoucím k upřesnění požadavků na technologii a jejich schopností.

### Status IP ochrany

Na uvedenou technologii byl získán patent EP337331.

### Strategie pro hledání partnera

Investice, Licencování, Spolupráce



### Instituce



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ

Vysoké učení technické v Brně

### Motivace

Technologie 3D tisku magnetických obvodů prochází obdobím dynamického rozvoje a nabízí obrovský potenciál. 3D tisk kovových materiálů přinesl do konstrukce magnetických obvodů elektrických strojů revoluční možnosti, které umožňují výrazný kvalitativní posun v parametrech elektromotorů, aktuátorů či jiných elektromagnetických strojů. Tento přístup umožňuje dosáhnout kombinaci vysokého krouticího momentu/síly, nízké hmotnosti a vysoké účinnosti, které jsou nedosažitelné pomocí konvenční technologie skládání magnetických obvodů z laminovaných plechů. Díky svým perspektivním a atraktivním vlastnostem se tato technologie může stát klíčovým hráčem na trhu elektromotorů či elektromagnetických aktuátorů. Potenciál této technologie lze demonstrovat i tím, že se jí intenzivně věnují přední světové pracoviště např. NASA, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Oak Ridge National Laboratory, Ghent University, University of Nottingham a další.

### Popis

Technologie 3D tisku magneticky vodivých materiálů umožňuje změnit tvar magnetického obvodu tak, že při stejných vnějších rozměrech elektromagnetického stroje lze dosáhnout vyšších magnetických toků při současném snížení hmotnosti, redukci vířivých ztrát a zlepšení mechanické pevnosti. Ve výsledku tak lze navrhnout výkonnější elektromotory/akutátory s vyšší účinností, než lze vyrobit konvenční technologií skládaných plechů. Základní principem je návrh magnetického obvodu ve formě struktury prutů, které sledují směr magnetických siločar v magnetickém jádře z plného materiálu v ustáleném stavu. Tyto pruty jsou navzájem izolované, což brání vzniku vířivých proudů (způsobující ohřev stroje a tedy ztráty). Výroba takto tvarovaných těles byla umožněna až s příchodem 3D kovového tisku. Konvenčními technologiemi nebylo možné magnetický obvod z prutových struktur vyrobit. Na tuto technologii byl v roce 2022 týmu na VUT udělen evropský patent. Princip lze dobře vysvětlit na obrázku řezu magnetického obvodu ve tvaru toroidu. Při rychlé změně

magnetické toku (zelená čára, B) v magnetickém obvodu se indukuje elektromotorické napětí, které vyvolá tvorba tzv. vířivých proudů (červená barva, I). Orientace vířivých proudů je kolmo na směr magnetického toku. Rozdělením obvodu na malé vzájemně izolované pruty způsobí, že se vířivé proudy uzavřou v každém z těchto malých prutů a generují se v řádově menší míře. Díky tomu nevznikají nežádoucí tepelné ztráty v magnetickém obvodu. Zjednodušeně řečeno se jedná o rozšíření a vylepšení technologie laminování magnetických obvodů. Díky technologii 3D kovového tisku lze tyto pruty tvarovat s různým průřezem, tvarem či orientací prutů, aby bylo dosaženo cílených vlastností. Vhodným tvarováním lze dosáhnout úspory hmotnosti, zvýšení efektivity či zlepšení chlazení. Například dosažení co nejmenších ztrát vířivými proudy je možné výrobou magnetického obvodu z co nejmenších prutů až na samotné výrobní možnosti technologie 3D tisku. Pruty mohou mít rozměry například pouze několik desetin milimetrů. Geometrie vnější plochy magnetického obvodu může být upravena pro co nejlepší chlazení a mohou být například integrovány chladící kanálky. Tato technologie také nabízí obrovskou příležitost použít materiály, které jsou velice složitě vyrobitelné pro technologii laminování jako slitiny Fe-Si s vysokým obsahem křemíku a další.

## Komerční využití

Technologie umožňuje dosažení špičkové kombinace parametrů krouticí moment/síla, hmotnost, účinnost, výkon, které nelze dosáhnout konvenčními technologiemi skládání magnetických obvodů z laminovaných plechů. Vzhledem k vyšším nákladům výroby 3D tisku v současnosti dává smysl využití této technologie zejména v high-tech oblastech jako je aero-space, kde i drobné navýšení měrného výkonu či zvýšení účinnosti vede k multiplikačnímu efektu se zásadním zvýšením doletu při menší spotřebě paliva. O tuto technologii v současnosti projeví zájem zejména výrobci elektromotorů do ultralight letadel a těžkých dronů. V budoucnu se dá očekávat pokles ceny 3D kovového tisku, což umožní průnik této technologie i do méně náročných aplikací. Vzhledem k tomu, že cca 45% veškeré vyrobené elektrické energie je spotřebováno elektromotory, přechod na elektromotory se strukturovanými magnetickými obvody s vyšší účinností má potenciál snížit spotřebu elektrické energie ve světovém měřítku.