

8 Obecný postup při návrhu elektrického stroje

Při pohledu do příloh 1 až 3 je zřejmé, že obecný postup při návrhu elektrického stroje je z velké části shodný pro všechny typy elektrických strojů, a liší se víceméně v partiích, které jsou specifické pro daný typ a topologii stroje. Zde je zároveň nutné zmínit, že postup tak, jak je naznačený má za cíl na výstupu obdržet stroj splňující zadané štítkové hodnoty. Víceméně úpravou pořadí jednotlivých operací si pak lze zmiňovaný postup modifikovat tak, aby výsledkem byl například stroj s maximálním výkonem využívající daných zástavbových možností, ačkoliv jeho štítkové hodnoty nejsou předem známy. Tento postup je například využíván v oblasti elektrické trakce, kdy jsou zástavbové možnosti silně omezené a hledá se pokud možno co nejlepší využití dostupného prostoru.



Obr. 8.1: Vodiče pro vinutí

Zásadním vstupem pro naznačený postup jsou štítkové hodnoty stroje, které mohou být doplněny ještě nějakými dalšími omezeními – maximálním průměrem stroje, jeho maximální délkou, přetížitelností nebo například maximální povolenou hodnotou proudu v určitém provozním režimu. Tyto hodnoty jsou zpravidla závazné, nicméně některé z nich se v průběhu návrhu stroje mění spolu s tím, jak vycházejí například parametry náhradního schématu. Typickým příkladem takového vstupu je účinnost stroje, u kterého se v některých případech může ukázat, že je vhodnější, když je jeho výsledná hodnota nižší, nežli ta, která byla původně požadována.

Jak je zřejmé z naznačených vývojových diagramů, celý postup ovlivňuje řada parametrů, od výpočtářských, jako jsou různé činitele obdržení ze zkušenosti či omezení na sycení stroje, přes materiálové až po „okrajové podmínky“ udávající způsob chlazení stroje. Řada z těchto vstupů se v průběhu návrhu zpřesňuje a koriguje, závisí tedy hlavně na zkušenostech výpočtáře jak moc dobře je schopen je na počátku návrhu odhadnout.

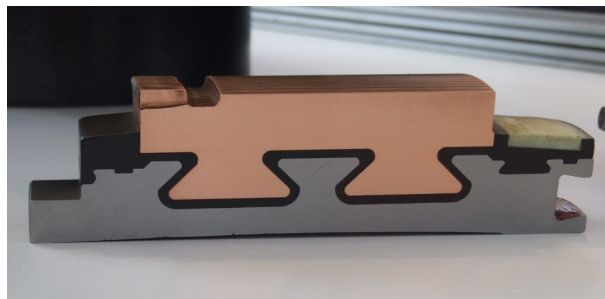


Obr. 8.2: Vinutí v průběhu vkládání do drážek

Ze všech těchto vstupů je nutné rozhodnout o základních parametrech stroje, jako je například jeho počet pólů a vhodný počet drážek, ze kterých lze provést výpočet vinutí a na něm závisící výpočet základních rozměrů stroje. Zde je zpravidla nutné iterovat hodnoty indukce ve vzduchové mezeře či lineární proudové hodnoty tak, aby výsledkem byl celočíselný počet vodičů v drážce, v případě dvouvrstvého vinutí dále dělitelný dvěma. V případě velkých proudů je zároveň třeba rozhodnout o případných paralelních větvích vinutí.

V následujícím kroku lze ze známých požadavků na vinutí (počet drážek, počty vodičů v drážkách, počty paralelních vodičů, izolační vrstvy...) a ventilaci stroje (radiální/axiální ventilační kanály) odvodit návrh magnetického obvodu kotvy. Podle lokálních hodnot indukci pak lze rozhodnout o proveditelnosti a využití magnetického obvodu, což v případě zásadních odchylek od požadavků vede na úpravy například lineární proudové hustoty či počtu drážek stroje.

Následující krok je již závislý na typu stroje a jde o návrh komponenty, k níž má kotva elektromagnetickou vazbu. V případě stejnosměrných a synchronních strojů jde o návrh buzení (na statoru resp. rotoru), v případě asynchronních strojů o návrh vinutí kotvy rotoru. I v tomto případě je významným závěrem proveditelnost daného návrhu, který může vést na návrat zpět před výpočet výkonové rovnice s tím, že může dojít k nutnosti jednak geometrických úprav (průměr stroje) a jednak k nutnosti úprav elektromagnetických parametrů - indukce ve vzduchové mezeře a lineární proudové hustoty.



Obr. 8.3: Řez komutátorem

Po dokončení elektromagnetického návrhu s vinutími statoru a rotoru lze přistoupit k výpočtu parametrů náhradního schématu. To je čistě analytický proces, který následně vede na konstrukci fázorového diagramu stroje a doplňuje odpory vinutí, které jsou využity při výpočtu ztrát. Z fázorového diagramu lze zároveň provést kontrolu účinnosti stroje a případného indukovaného napětí, které, pokud neodpovídá vstupům v dané iteraci, vedou na opětovnou úpravu těchto vstupních veličin a opětovný výpočet stroje od začátku.

Navazující výpočet ztrát je pak zásadním krokem jednak pro potřeby navazujícího tepelně-ventilačního výpočtu a jednak pro potřeby ověření účinnosti stroje. Pokud tato neodpovídá vstupu v dané iteraci, je opět třeba stroj přepočítat s upravenou hodnotou.

Posledním krokem, který může ovlivnit elektromagnetický návrh stroje je jeho tepelně-ventilační výpočet. Z obdržených ztrát je sestaven náhradní tepelný obvod, který je doplněn o ventilační podmínky v daných částech stroje. Výsledkem je oteplení stroje, které by opět mělo odpovídat vstupům na počátku výpočtu. Pokud je oteplení příliš nízké či vysoké vůči předpokladům, je vhodné příslušným způsobem upravit návrh stroje tak, aby byl stroj optimálně využit a nepřehříval se.

Výsledkem celého výpočtu je pak znalost celého stroje po stránce elektromagnetické a geometrické, díky kterým lze přistoupit k tvorbě výkresové dokumentace ke stroji.

V průběhu celého návrhu je pak vhodné využívat průběžně kontroly návrhu za pomoci výpočetního software. V případě jednodušších problémů může jít například o Matlab či GNU/Octave, díky kterým lze numericky dovodit některé koeficienty v průběhu návrhu. Pro složitější úlohy je pak vhodné přejít do metody konečných prvků (FEMM, ANSYS), které umožňují provést například i kontrolu parametrů náhradního schématu stroje či kontrolu vybraných provozních stavů.