

# Synchronní reluktanční motory v regulovaných pohonech

Pavel Matyska ABB s.r.o.

ABB, globální lídr ve výrobě a v oblasti dodávek elektrických pohonů přichází s novou standardizovanou řadou synchronních reluktančních motorů. Tyto motory jsou dodávány v kompletním balíčku včetně měniče frekvence. Inovativní konstrukce rotoru přináší nižší ztráty a umožňuje využít vyšší měrnou hustotu výkonu ve stávající konstrukci motoru. Tyto motory jsou dodávány ve variantě s účinností IE4 a variantě High output, která se vyznačuje vysokou koncentrací měrného výkonu motoru

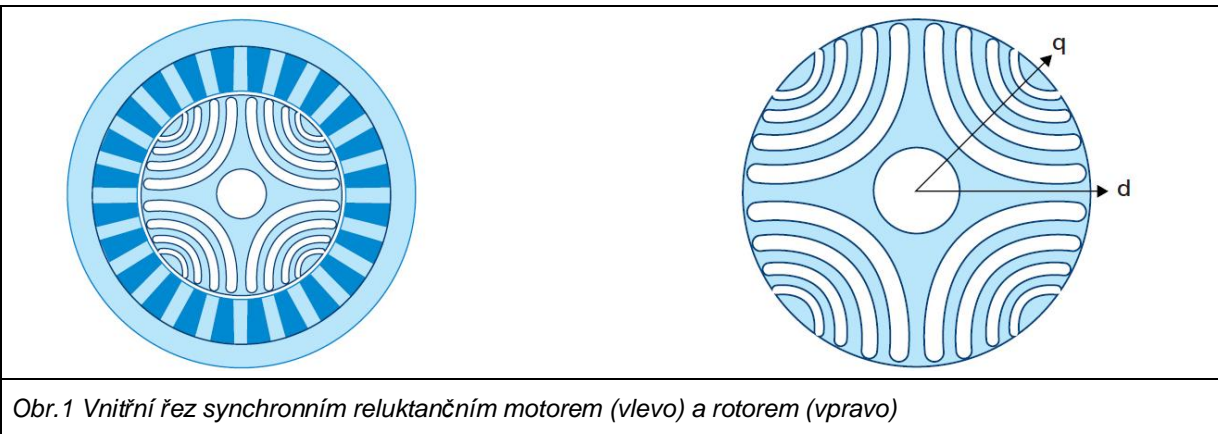
**Klíčová slova:** Synchronní reluktanční motory; M3BL; reluktance; účinnost; ztráty

## 1. SYNCHRONNÍ RELUKTANČNÍ MOTORY

Myšlenka synchronního reluktančního motoru není nikterak nová, v literatuře najdeme zmínky o této technologii již od roku 1923 (Kostko 1923, Douglas 1956, Cruickshank 1966, El-Antably 1985) [1]. Tato technologie ovšem nebyla akceptována širší veřejností. Bylo to především nedokonalostí frekvenčních měničů, které v té době nebyly na takové úrovni, aby tento motor dokázaly efektivně ovládat. Teprve s rozvojem polovodičových prvků, s širokým nasazením frekvenčních měničů a stále s rostoucími požadavky na úspory elektrické energie se opět svět vrací k této technologii. ABB v pozici lídra v oblasti elektrických pohonů se touto myšlenkou zabývá již několik let a po prvních pilotních aplikacích synchronních reluktančních motorů, nabízí tyto motory ve standardních řadách M3BL pro běžné použití. Preferované užití těchto motorů je v oblasti čerpadel a ventilátorů, ale objevují se již i aplikace s požadovaným konstantním momentem, kde tyto motory nahrazují rovněž klasické asynchronní motory. Synchronní reluktanční motory firmy ABB získaly v roce 2011 prestižní ocenění v soutěži Automation Award 2011 v Německu.

### 1.1. TEORIE SYNCHRONNÍHO RELUKTANČNÍHO MOTORU

Synchronní reluktanční motor je třífázový elektrický motor bez permanentních magnetů, jehož rotor má rozdílný magnetický odpor (reluktanci) ve dvou na sebe kolmých osách. Pokud vezmeme jako příklad čtyřpólovou verzi motoru; tento motor se skládá ze čtyř pólů s nejmenším možným magnetickým odporem (na Obr.1 osa d) a čtyř pólů s velkým magnetickým odporem (na Obr. 1 osa q). Statorové vinutí vytvoří elektromagnetické pole uvnitř motoru. Na toto elektromagnetické pole bude reagovat rotor tím, že bude mít snahu se natočit ve směru nejmenšího magnetického odporu. Rotor se tedy natočí do směru elektromagnetického pole, tak aby osa d byla ve směru pole statoru. Řízené otáčení elektromagnetického pole zajišťuje měnič frekvence. Přestože pro provoz synchronního reluktančního motoru je třeba znalosti přesného natočení rotoru, vysoká nesymetrie rotoru zajišťuje, že natočení rotoru je známo i bez drahého enkodéru. Není tedy potřeba pro provoz žádné přídavné zařízení pro snímání pozice rotoru. Obrázek Obr.1 níže zobrazuje vnitřní řez státorem a rotorem čtyř-pólového synchronního reluktančního motoru. Kde osa d je ve směru nízkého magnetického odporu a osa q zobrazuje směr ve kterém je elektromagnetický odpor rotoru vysoký.



## 1.2. PROČ SE ZAMĚŘIT NA SYNCHRONNÍ RELUKTANČNÍ MOTORY

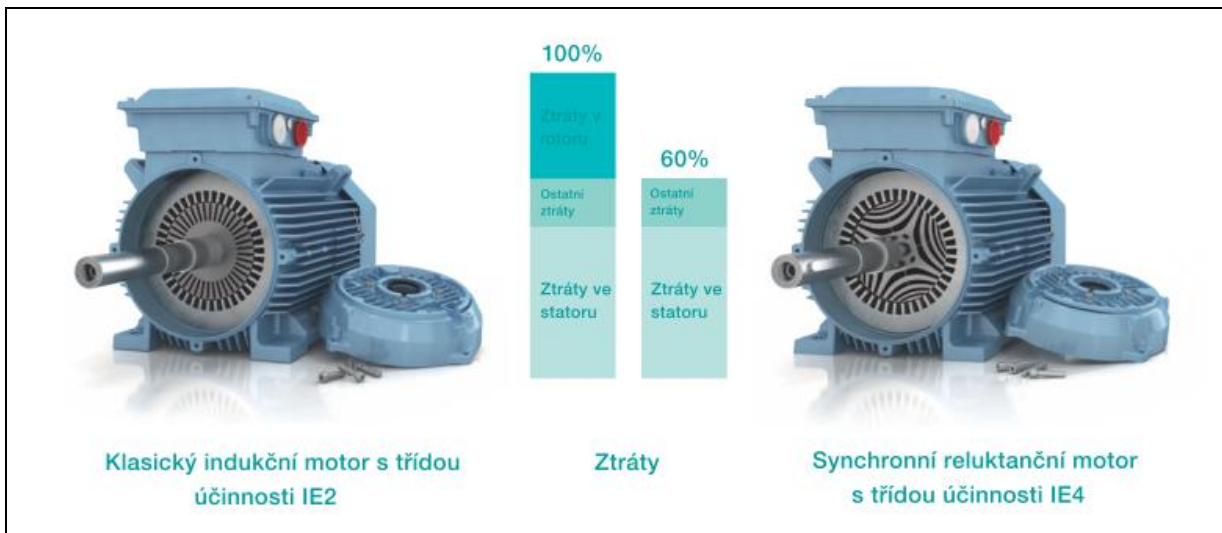
Elektrické motory v průmyslu spotřebují kolem 2/3 z celkové spotřeby elektrické energie. Značné množství ze všech instalovaných elektrických motorů je v dnešní době instalováno s měniči frekvence. Tyto skutečnosti společně s neustále rostoucími požadavky po vyšší účinnosti těchto elektrických motorů se stalo podmětem pro radikální přehodnocení konstrukce elektrických motorů. Když se zaměříme na detailní analýzu ztrát standardních asynchronních motorů s kotvou nakrátko, ztráty související s rotorem tvoří 20-35% z celkových ztrát motoru. Synchronní reluktanční motor se speciální konstrukcí rotoru a prací při synchronních otáčkách dosahuje vysoké spolehlivosti díky zanedbatelným ztrátám v rotoru, což prodlužuje životnost izolace motoru, ložisek a prodlužuje mazací intervaly.

## 2. SYNCHRONNÍ RELUKTANČNÍ MOTORY ŘADY M3BL

Řada M3BL byla uvedena na trh aby uspokojila poptávku po motorech které budou optimalizovány pro provoz s frekvenčními měniči a zároveň budou malé, výkonnější, s vysokou účinností, s dlouhou životností a s nízkými nároky na údržbu. Tyto motory řady M3BL jsou dodávány v kompletním balíčku společně s frekvenčním měničem řady ACS850 a dnes i ACS880 s množstvím volitelných příslušenství. ABB synchronní reluktanční motory jsou dodávány na trh ve dvou variantách. První varianta nabízí motory s vysokou účinností IE4, které jsou navrženy na standardní přiřazení výkonu velikosti kostry dle IEC. Druhá varianta, jež ABB nabízí, je varianta High Output, která má vysoký měrný výkon motoru a tím umožňuje snížení osové výšky motoru až o 2 standardizované řady.

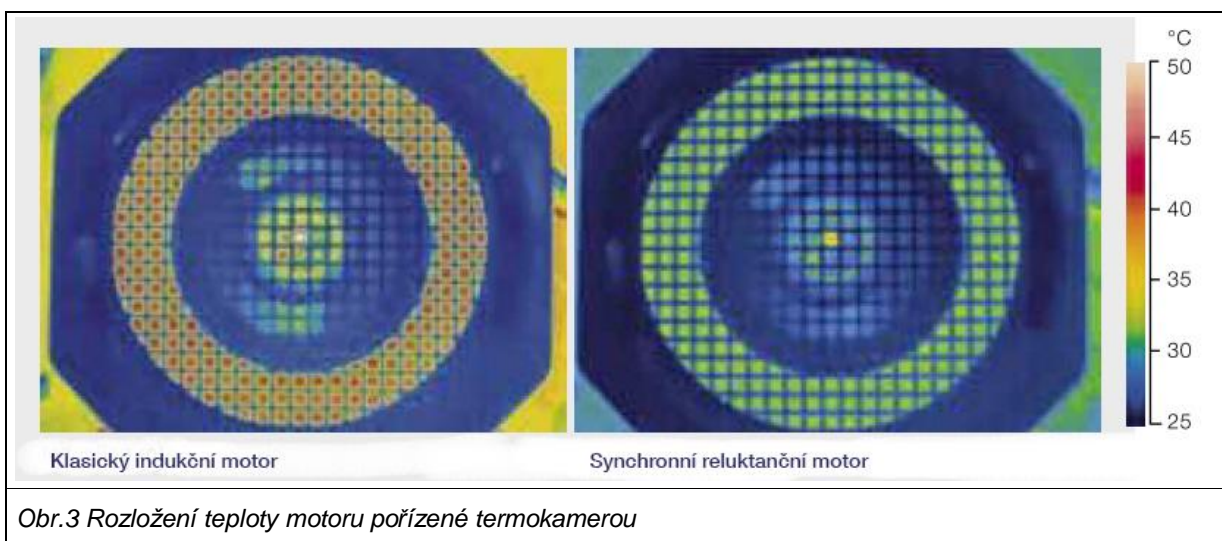
### 2.1. SYNCHRONNÍ RELUKTANČNÍ MOTORY S TŘÍDOU ÚČINNOSTI IE4

Synchronní reluktanční motory s třídou účinnosti IE4 jsou pro ABB cestou k dalšímu zvyšování energetické účinnosti elektrických motorů a snižování nákladů na elektrickou energii. Použití synchronních reluktančních motorů v porovnání se standardními asynchronními motory pracujícími s frekvenčními měniči můžeme dosáhnout snížení ztrát až o 40%, jak je znázorněno na Obr.2.

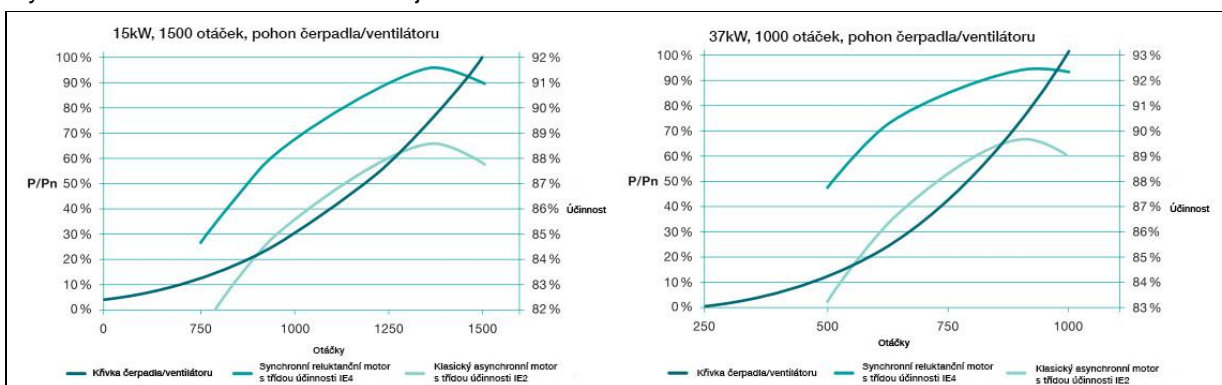


Obr.2 Porovnání asynchronního motoru se synchronním reluktančním motorem s třídou účinnosti IE4

V důsledku toho můžeme říci, že kde původní motory pracovaly ve třídě oteplení F (105K), Synchronní reluktanční motory společnosti ABB pracují ve třídě oteplení A (60K). Tento fakt ukazuje Obr.3 pořízený z termokamery. Díky této nižší teplotě vinutí a potažmo i teplotě ložisek je možné dosáhnout až o 70 % méně neplánovaných selhání elektrického motoru, tedy nižší náklady na údržbu i provoz. Zároveň nižší teplota vinutí prodlužuje životnost izolace vinutí. Protože se jedná o motory stejné osové výšky, náhrada původních motorů je zcela bezproblémová. V současné době jsou standardy a IE třídy pouze pro neregulované pohony při sinusovém napájení ve jmenovitém pracovním bodě. Pokud motor pracuje s frekvenčním měničem, pro přesný výpočet ztrát v elektrickém pohonu je třeba uvažovat účinnost jak pro měnič, tak pro motor při nesinusovém napájení. Proto ABB společně s motorem dodává i tyto naměřené křivky, aby bylo možné provést konkrétní výpočet úspor elektrické energie.



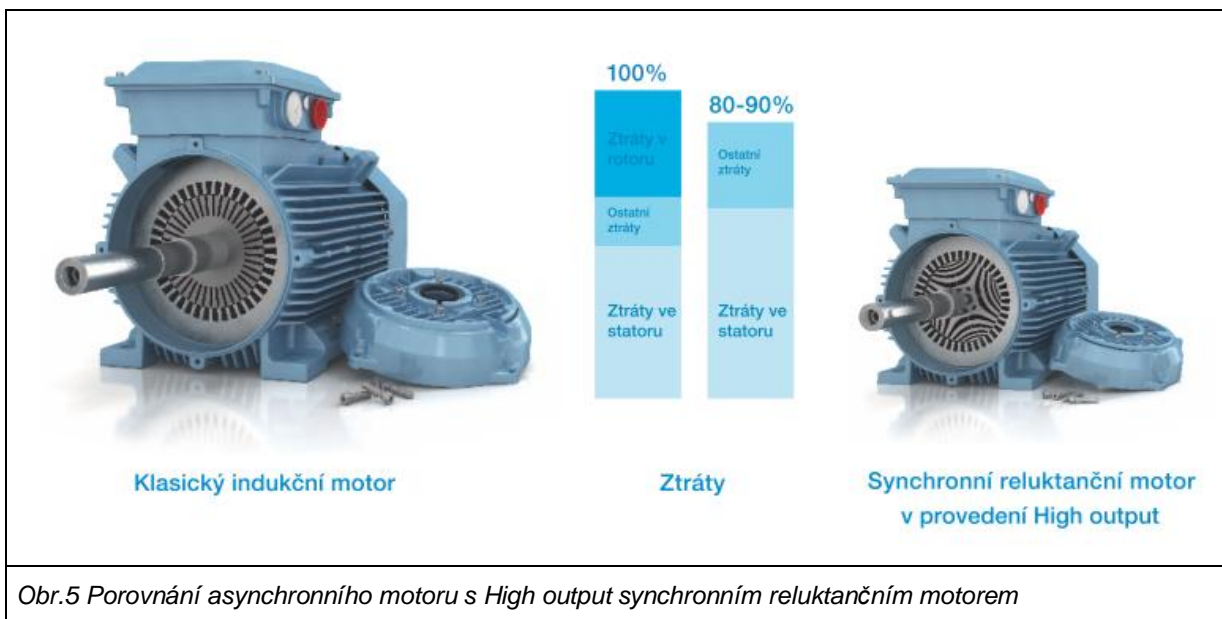
Porovnání křivek účinností standardního asynchronního motoru provozovaného s frekvenčním měničem a synchrónního reluktančního motoru je na Obr.4.



## 2.2. SYNCHRONNÍ RELUKTANČNÍ MOTORY V PROVEDENÍ HIGH OUTPUT

Řada synchrónních reluktančních motorů v provedení High output využívá výhod nižších ztrát v rotoru a tím umožňuje vyšší koncentraci výkonu ve stejné osově výšce motoru. Tím umožňuje dosáhnout až o dvě řady nižší osovou výšku motoru pro stejný jmenovitý výkon motoru. Především zákazníci oceňují že se jedná o lehký kompaktní motor s vysokou dynamikou provozu, jehož instalace nabízí cenově velice efektivní řešení. U malých motorů o výkonu 3-4kW lze při stejném oteplení ve stejné kostře získat až o 60% více výkonu. U motorů o výkonu 60kW toto navýšení činí 40% a u motorů 220kW je toto navýšení až 20% v porovnání s indukčními motory. Na Obr.5 je porovnání velikosti klasického motoru se synchrónním reluktančním motorem. Zároveň je zde porovnání ztrát synchrónního reluktančního motoru v provedení High output se standardními asynchronními motory pracujícími s frekvenčními měniči. I zde je patrné, že i přes vyšší koncentraci výkonu dosahujeme u synchrónního reluktančního motoru o 10-20% nižších ztrát než u klasického asynchronního motoru provozovaného s frekvenčním měničem. Zároveň zmiňovaný návrh synchrónního reluktančního motoru v provedení High output nám přináší stejně vysokou hustotu výkonu jako dosahují motory s permanentními magnety. Zároveň tyto motory nabízejí vyšší robustnost kotvy, protože kotva neobsahuje klec nakrátko ani permanentní magnety, zmenšení rozměrů motoru a vyšší dynamiku motoru.





### 3. LITERATURA

- [1] HAATAJA, Jorma, 2003. A comparative performance study of four-pole induction motors and synchronous reluctance motors in variable speed drives; Digipaino 2003. ISBN 951-764-772-7
- [2] BERNAT, František, 2012. Motory které vás posunou vpřed. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2012, 2, ISSN 1210-0889
- [3] LENDENMANN, Heinz a spol. - Motoring ahead; ABB review 1/11
- [4] IE4 Synchronous reluctance motor and drive package; ABB katalog 2012
- [5] Low voltage High output synchronous reluctance motor and drive package for pump and fan applications; ABB katalog 2012
- [6] Synchronous reluctance motors offers a good choice of high outputs or IE4 efficiency; Technology news: May 2011; www.drives.co.uk

#### **Synchronous reluctance motors in electrical drives**

ABB, a global leader in the manufacturing and supply of electric drives comes with a new standardized range of synchronous reluctance motors. These motors are available in a complete package including the frequency converter, and are available in two variants i.e. the high efficiency IE4 variant or the High output variant characterized by its high power density.

**Keywords:** Synchronous reluctance motors; M3BL; reluctance; efficiency; losses.



#### **Ing. Pavel Matyska**

Magisterský program absolvoval na Českém vysokém učení technickém v Praze, kde i nadále působí na v rámci kombinovaného doktorského studia. Pracovní zkušenosti získal v rámci zahraniční stáže v Německu. V současné době pracuje na pozici produktového manažera v divizi elektrických pohonů ABB. Zde je zodpovědný za optimální technický návrh a specifikaci elektrických pohonů.

ABB s.r.o  
Drives and Motor Sales  
Štětkova 1638/18  
140 00, Praha 4, CZ  
Tel. 734 787 013, pavel.matyska@cz.abb.com