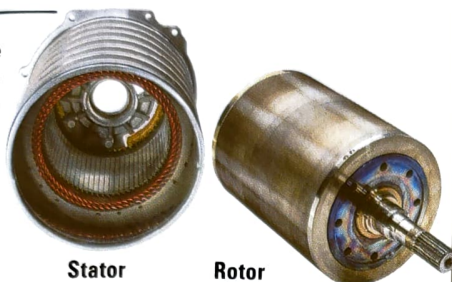


# Tichá síla elektřiny

**Stále častěji se v automobilismu setkáváme s hybridními vozidly a elektromobily. Zatímco prvně jmenované stále využívají spalovací motor, pouze elektrifikovaný, ty druhé sázejí výhradně na pohon elektrickým strojem.**

■ Zapomeňte na tucty válců, dvojitě přeplňování, mechanicky poháněné kompresory či komplikované sací potrubí s rezonančním plněním a proměnnou délkou. Technika, která vždy zrychlovala tep automobilovým nadšencům, již svého vrcholu dosáhla v minulém a předminulém dekadě a nyní je, zdá se, na ústupu. Před čím? Přece před elektrickými stroji. Důvod je jasný. Stále větší důraz na ekologii, jakkoliv to s tím není tak jednoduché, jak na to na první pohled vypadá. Ano, elektromotor sice žádné emise neprodukuje, ovšem elektřina se musí někde vyrobit, stejně tak nezbytný akumulátor. Ten často vzniká v Číně, zároveň ale lithium coby důležitý komponent akumulátoru pochází hojně z Afriky. No a teď to musíte vše dostat na jedno místo. A je jasné, že elektromobily to napříč kontinenty a oceány nevezou... Tohle je však jiné téma. Nás dnes zajímají pouze a jen elektromotory, přičemž v roli hybridního demonstrátora jsme si zvolili Toyota Prius, z řady elektromobilů zde máme technicky mimořádně sofistikované pohony Porsche Taycan Turbo S a Audi e-tron S. Pojďme ale nejdříve k elektromotorům obecně.

Je to možná k nevíře, ale v dřevních dobách automobilismu byste v ulicích našli více elektromobilů než aut se spalovacími motory. Dojezd byl u nich sice velice



Stator

Rotor

krátký, výhodou však byla relativní spolehlivost a také snadná obsluha v porovnání s prvními auty se spalovacími motory. I proto je tehdy rády využívaly třeba ženy, které se prostě nechtěly umazat...

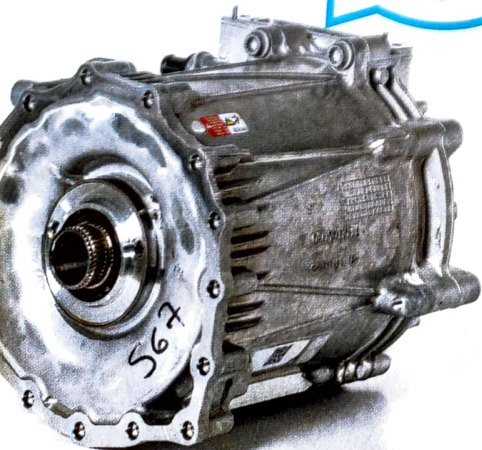
Dnes je situace jiná. Elektromotor samozřejmě pohání všechno možné. Od dětských hraček přes vrtačku, pračku, ale také tramvaj, metro či elektrickou lokomotivu. Z toho je zřejmé, že elektromotorů existuje značné množství, kdy mohou být napájeny jak stejnosměrným, tak střídavým proudem, nehledě na jejich různé způsoby regulace výkonu.

Automobilové elektromotory v roli pohonů (elektromotor ovládá také skla dveří, jejich zámky či třeba sedadla) jsou napájeny střídavým proudem. V akumulátoru je však uložen stejnosměrný proud, což znamená, že mezi elektromotorem a baterií musí být vložený inverter, který mění stejno-

Bez ohledu na koncepci elektromotoru se ten vždy skládá ze dvou základních částí – pevného statoru a pohyblivého rotoru

**PSM**

Synchronní motor, v tomto případě vozu Porsche Taycan, se vyznačuje permanentním buzením. Jde o složitou a drahou technologii.



Auto Tip



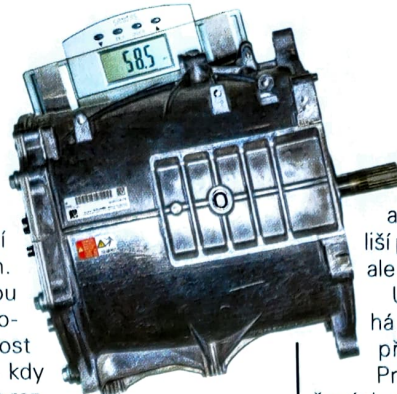
směrný proud na střídavý. A to i obráceně, jelikož při brzdění pracuje elektromotor v roli generátoru proudu, když v rámci rekuperace dobíjí baterii.

Pokud zůstaneme u pohonu elektromobilů a hybridních vozidel, lze se u nich zpravidla setkat se dvěma odlišnými koncepcemi elektrických strojů, a sice synchronním (PSM) a asynchronním motorem (ASM). Jak se liší jejich vlastnosti? Synchronní motor se vyznačuje nižší spotřebou elektřiny, vysokou schopností zrychlení a v neposlední řadě také lehkou a kompaktní konstrukcí. V praxi jej najdete u výkonných elektromobilů, třeba Porsche Taycan, ale také v modelech značky Tesla. Synchronní motor využívá také hybridní pohon Toyoty Prius.

Asynchronní motor našel uplatnění třeba v Audi e-tron. Jeho předností je

vysoká spolehlivost a zároveň jednoduchá konstrukce. Také je výhodnější pro jízdní režim plachtění, neboť u něj nedochází k takzvaným vlečeným ztrátám. Zároveň se vyznačuje nižší cenou v porovnání se synchronním motorem. Výhodou je rovněž možnost provozu ve vysokých otáčkách, kdy snese i krátkodobé přetížení. Na rozdíl od synchronního motoru nejsou v jeho konstrukci použity vzácné suroviny. Využívá totiž takzvanou kotvu na krátko, kterou se eliminuje potřeba vzácných zemin.

Naproti tomu synchronní motor využívá permanentní magnety, které se bez vzácných kovů neobejdou. Vzhledem k tomu, že se nacházejí zejména v Číně, to vytváří závislost výrobců synchronních



**Zadní hnací jednotka Taycanu Turbo S váží 58,5 kg a její maximální točivý moment činí 610 N.m**

motorů na této nejlidnatější zemi světa. Synchronní a asynchronní motor se však neliší pouze vlastnostmi a konstrukcí, ale také principem činnosti.

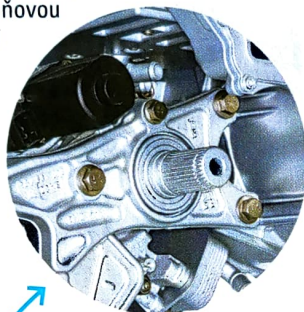
U asynchronního motoru probíhá napájení střídavým proudem přes výkonovou elektroniku. Proud v měděných cívkách uložených ve statoru vytváří magnetický indukční tok nebo, jinak řečeno, „točivé pole“, které působí na rotor. Ten se v praxi točí vždy o něco pomaleji než točivé pole statoru. Tento rozdíl se nazývá skluz a díky němu se proud indukuje v hliníkové kleci nakrátko. V rotoru vzniká magnetické pole, které vede k obvodové síle a následně točení rotoru. Platí, že čím vyšší je napájecí proud přiváděný na vinutí statoru, tím větší ►

### Výkonová elektronika

Její hlavní částí je inverter, který mění stejnosměrné napětí v baterii na střídavé k napájení elektromotoru. A obráceně, pokud je motor v roli generátoru (rekuperace).

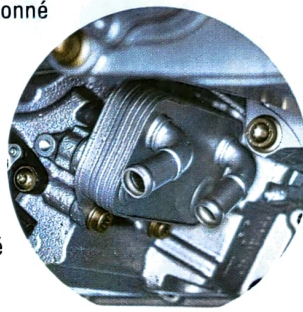
### Redukční převodovka

Elektromotory na rozdíl od spalovacích agregátů nepotřebují vícestupňovou převodovku. Vystačí si s redukcí. Taycan využívá pro pohon přední nápravy jedноступňovou převodovku, pro pohon zadní dvoustupňovou planetovou.



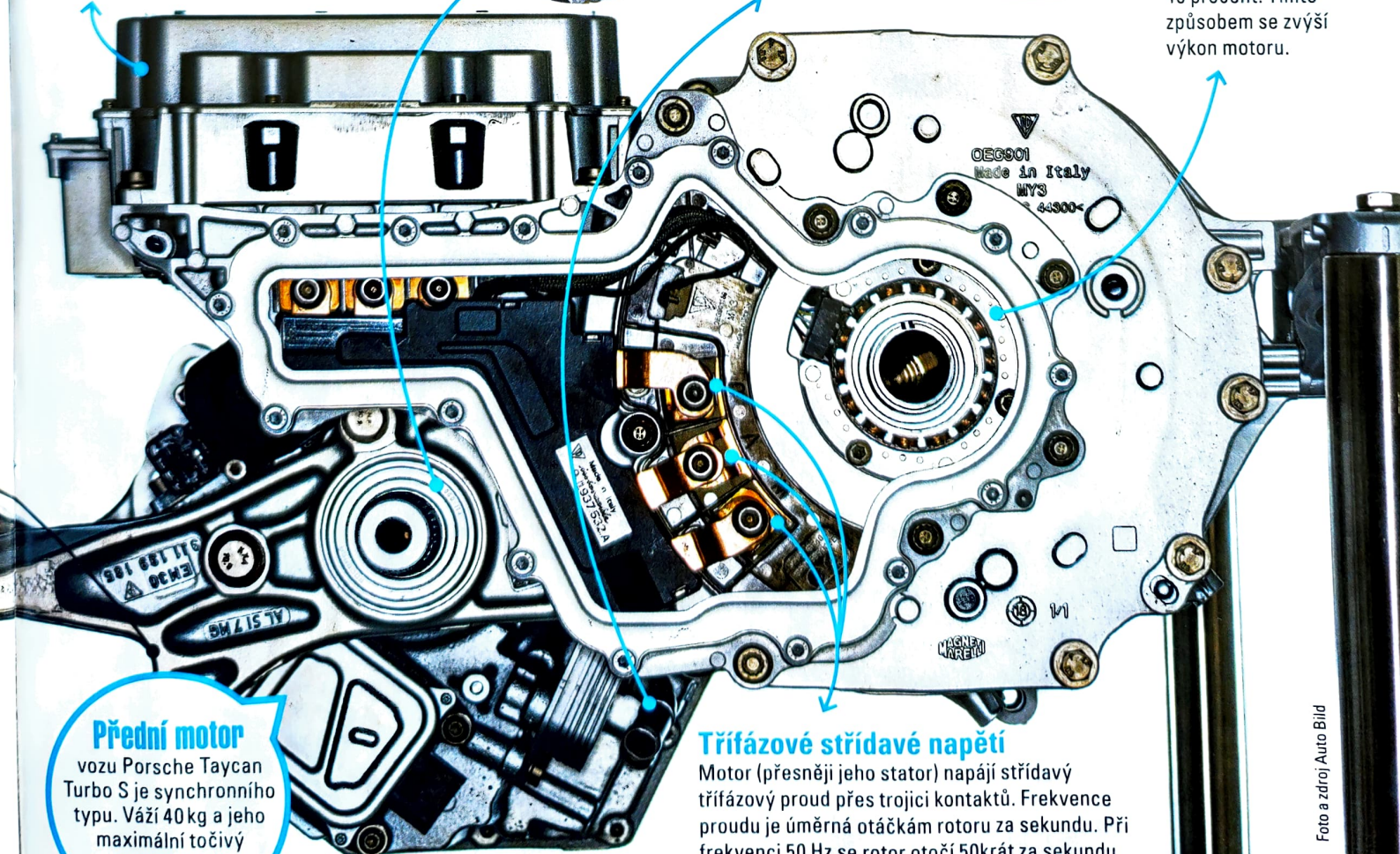
### Chlazení převodovky

Zatímco synchronní motor nevyžaduje tak výkonné chlazení jako asynchronní, převodovku chladit musíte. V Taycanu to zajišťuje výměník voda-olej, lidově zvaný kostka.



### Vláseňkové vinutí

Hnací jednotky Porsche Taycan využívají pokročilé vláseňkové vinutí statoru. Tím lze zvýšit hustotu mědi přibližně na 70 procent. U běžného vinutí je to přibližně 45 procent. Tímto způsobem se zvyšuje výkon motoru.

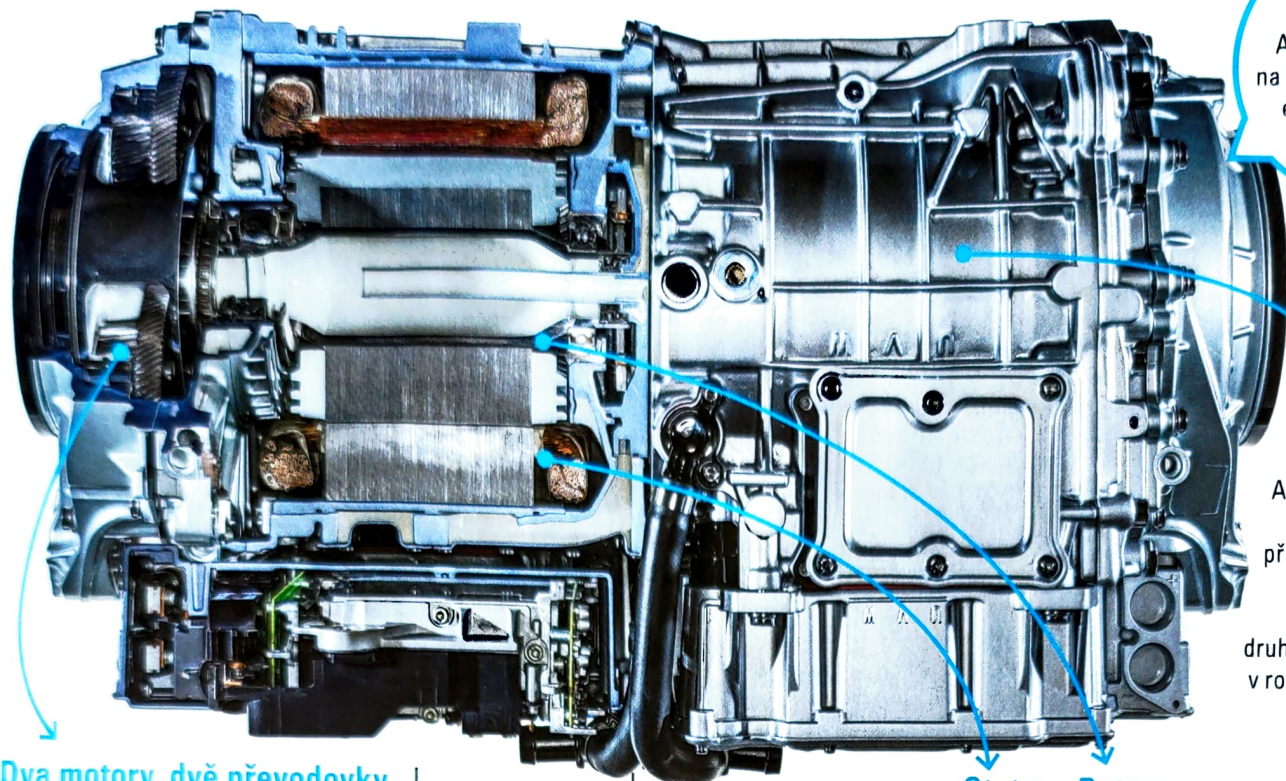


### Přední motor

vozu Porsche Taycan Turbo S je synchronního typu. Váží 40 kg a jeho maximální točivý moment činí 440 N.m

### Třífázové střídavé napětí

Motor (přesněji jeho stator) napájí střídavý třífázový proud přes trojici kontaktů. Frekvence proudu je úměrná otáčkám rotoru za sekundu. Při frekvenci 50 Hz se rotor otočí 50krát za sekundu.



## ASM

Audi e-tron sází na dva asynchronní elektromotory.

## Zadní pohon

Zadní elektromotor AKA 320 je souběžný s osou. Hnací sílu přenáší přes redukční planetový převod, za nímž následuje druhý planetový převod v roli diferenciálu zadní nápravy.

## Stator Rotor

U asynchronního motoru je vinutí uloženo v drážkách statoru. Na rozdíl od synchronního ale vyžaduje velmi účinné chlazení. To zde zajišťuje chladič plášť.

U asynchronního motoru je uplatněn rotor s kotvou na krátko. A dále zde najdete elektrotechnické plechy. Pouzdro zemního kroužku je u motorů Audi e-tron stříbrné.

## Dva motory, dvě převodovky

Přední i zadní elektromotor si vystačí s redukčním převodem. U předního motoru činí celkový převod 9,204 : 1, u zadního 9,083 : 1.



## Synchronní motor vyžaduje ze své podstaty vzácné zeminy

je skluz, a tedy i vyšší točivý moment.

Synchronní motor pracuje na mírně odlišném principu, zejména v otázce vzniku magnetického pole. Jeho stator se podobá asynchronnímu. Je v něm rovněž v drážkách izolovaně uloženo vinutí vyvedené na svorkovnici. Rozdíl ale spočívá v rotoru, který je u synchronního stroje tvořen, jak už jsme zmínili, permanentními magnety. Jejich počet je úměrný počtu pólů. Permanentní magnety vytvářejí stálé magnetické pole. Jak synchronní motor pracuje?

Stator motoru je napájen třífázovým proudem, který v něm vytvoří, podobně jako u asynchronního motoru točivé magnetické pole. Rotor se rotočí na rychlost blízkou synchronní

určenou počtem pólů daného motoru. Následně se na vinutí rotoru připojí buzení stejnosměrným proudem a teprve poté se motor dostane do synchronních otáček, kdy stejnosměrné magnetické pole vytvořené v rotoru sleduje statorové točivé pole. Z napsaného vyplývá, že synchronní motor se po připojení napájení proudem sám neroztočí, a tedy vyžaduje pomocné zařízení. Kromě popsaného asynchronního rozběhu přes klecové vinutí to lze také frekvenčním měničem. Poslední možností je využít pomocný rozběhový motor.

Synchronní elektrický stroj je obecně výhodný tam, kde potřebujeme vysoký

výkon, který zajišťuje vysoká účinnost spolu s konstantními otáčkami. Proto se také uplatňuje v hybridním hnacím řetězci toyoty. Obecně mu však nesvědčí časté spouštění stejně jako přetížení (které naopak, je-li krátkodobé, nevadí asynchronnímu motoru), kdy může dojít k jeho zastavení. Výhodou je práce při nižších teplotách, a tedy snížené nároky na chlazení (asynchronní motor je na chlazení naopak citlivý), jelikož zde při provozu není napájen rotor. Synchronní motor je ale obecně náročnější na technologii výroby, navíc vyžaduje, jak už víte, dodatečné zařízení k jeho rozběhu.

Tomáš Dusil

## Dva elektromotory

Hybridní systém toyoty je založen na dvou elektrických strojích.

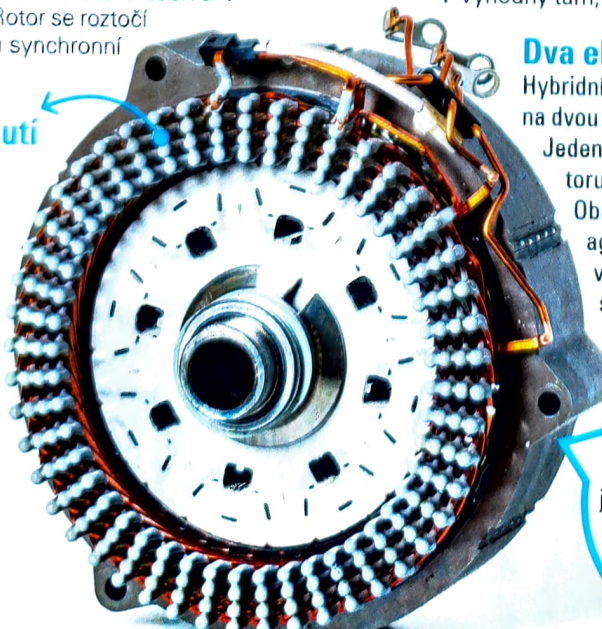
Jeden plní roli startéru/generátoru, druhý trakčního motoru. Oba se spolu se spalovacím agregátem stýkají v děličích výkonu, což je ústrojí s jednoduchým planetovým převodem.

## Toyota Prius

Hybridní hnací jednotka priusu využívá dva malé synchronní elektromotory PG1 a PG2

## Statorové vinutí

Synchronní elektromotory priusu využívají stejnou koncepci vinutí izolovaně uložené v drážkách statoru. Velká hustota zvyšuje výkon motoru.



## DÁVNÁ HISTORIE ELEKTROMOTORU

První elektromotor postavil v roce 1821 Michael Faraday. Zůstalo však jen u pokusů bez reálného využití. K němu poprvé došlo v roce 1834, kdy postupimský Moritz Hermann Jacobi sestavil první elektromotor využitelný v praxi. Až o čtyři roky později ale pohněl lopatkové rypadlo. V roce 1866 vyvinul Wernerher von Siemens první dynamo, tedy generátor stejnosměrného proudu se silným výkonem. Průlom ve využití elektromotoru přišel až s vynálezem třífázového motoru (tedy na střídavý proud), jehož autorem je Nikola Tesla.