Klíčová role palubních nabíječek v moderních elektromobilech - svět, který zvenku není vidět

Kdo jsme, co děláme

Ing. Petr Zlatník, Ph.D.

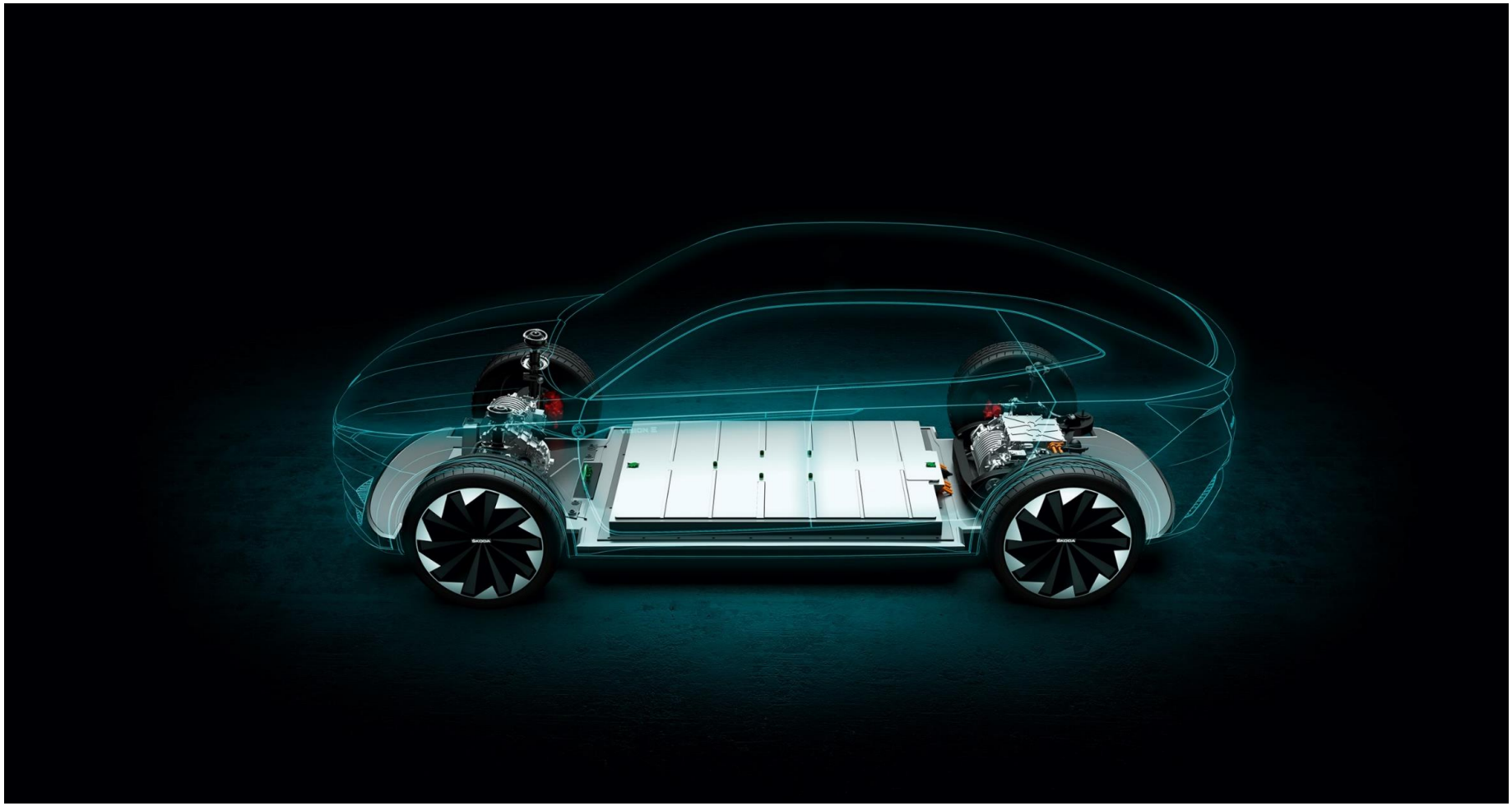
Vývoj nabíjení, DC/DC-měničů

Ing. Karel Matouš, Ph.D.

Koord. vysokonapěťové nabíjecí systémy

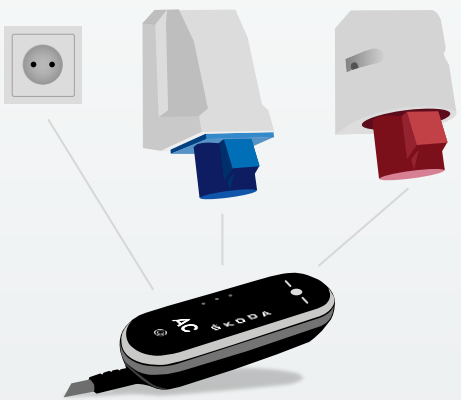
Škoda Auto a.s.
tř. Václava Klementa 869 Mladá Boleslav II
293 01 Czech Republic

Nabíjet či nenabíjet – to je oč tu běží



Možnosti nabíjení elektromobilu

Konverze z AC na DC



Domácí zásuvky 230/400 V

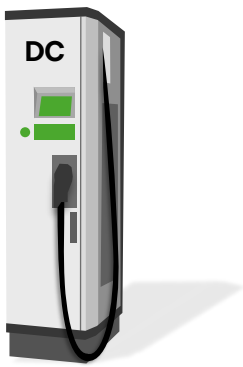
2,3 – 11 kW

Domácí AC Wallbox

7,2 – 11 kW

Veřejný AC sloupek

3,6 – 22 kW



Veřejná DC Nabíjecí stanice

50 kW

Veřejná rychlonabíjecí stanice HPC (High Power Charger)

400 kW

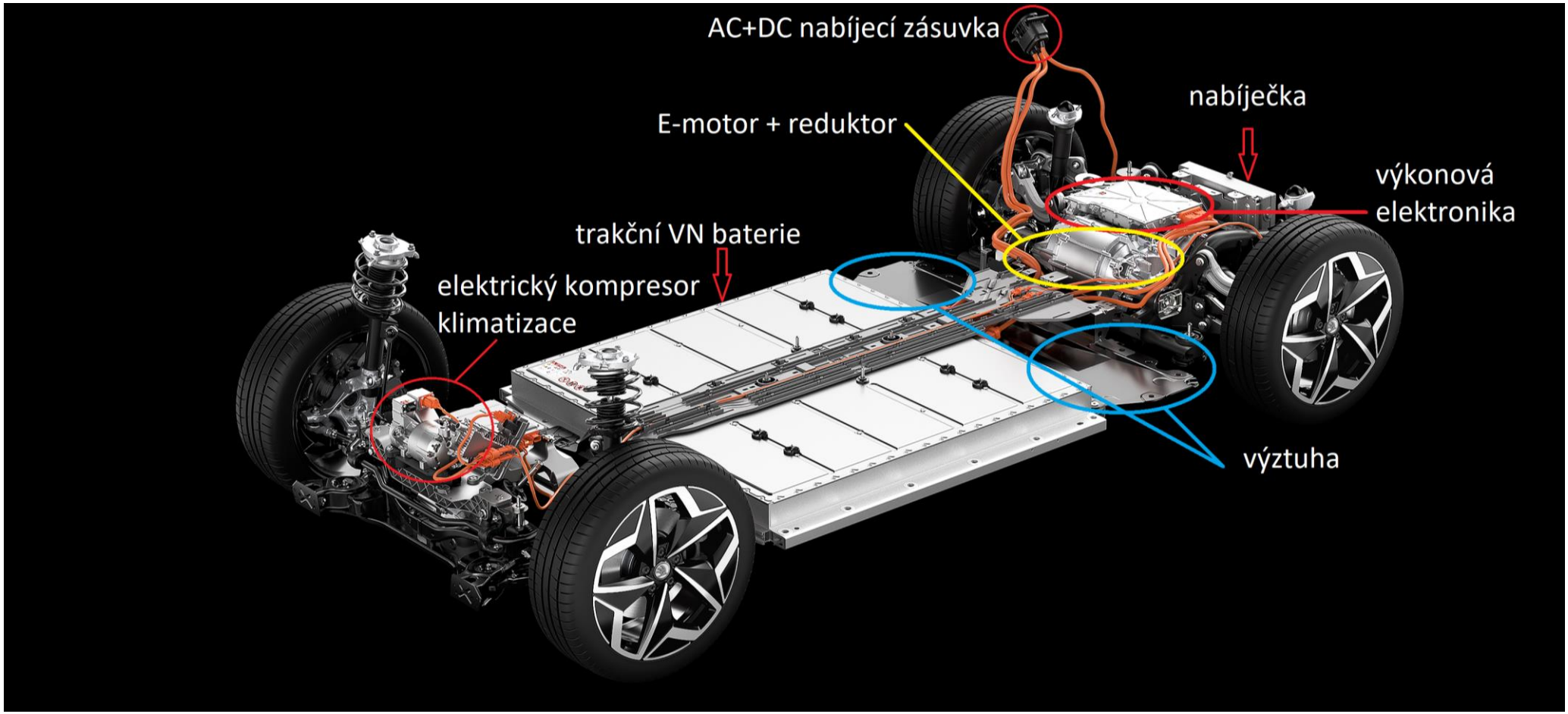
...

Jaké vlastně jsou požadavky na palubní nabíječku?

Jak se liší mezi jednotlivými modely?

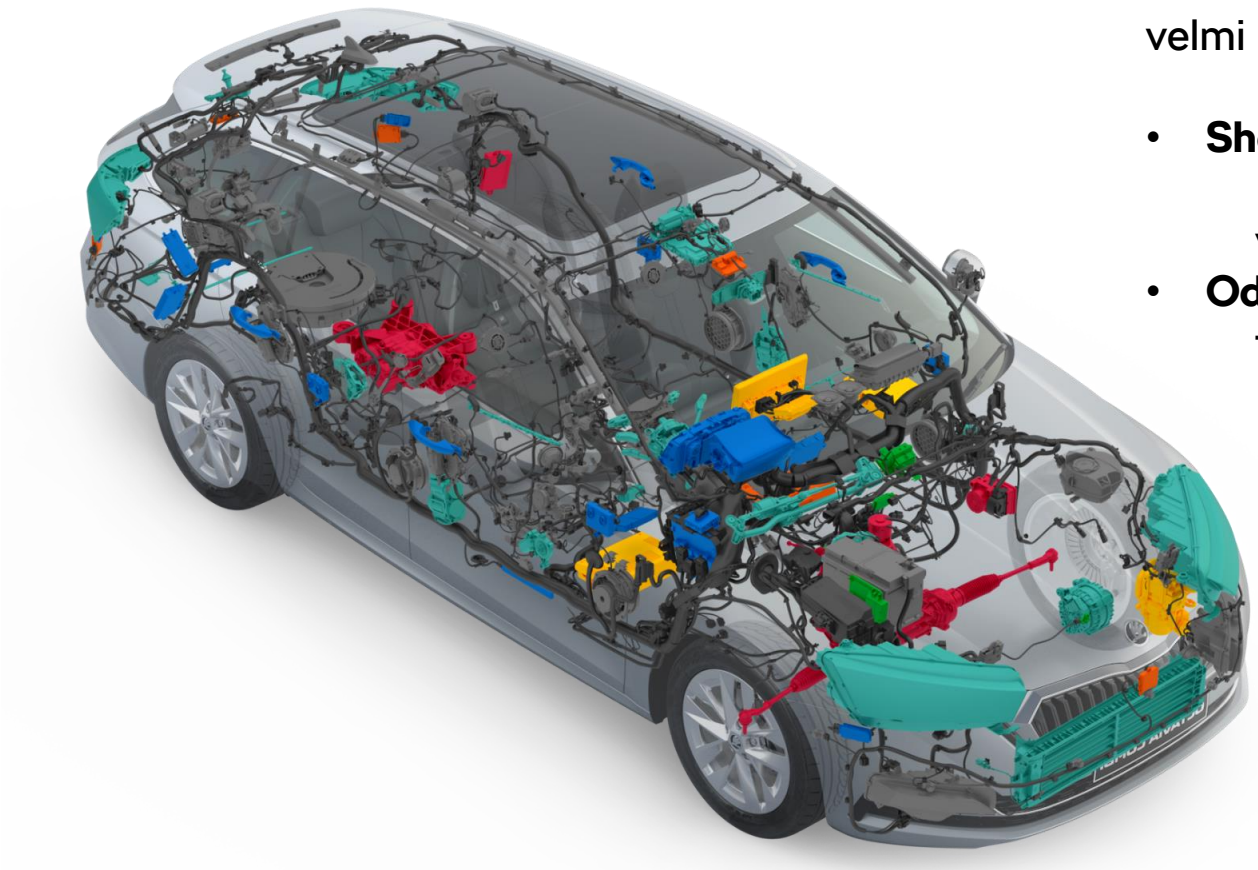
- AC nabíjení
- DC nabíjení
- Hmotnost
- Rozměry
- Cena
- Dojezd
- Funkcionalita

BEV (Battery Electric Vehicle) – 400V



Elektronika vozu

Rozdíly mezi ICE, BEV, pHEV...



70-80% elektroniky je mezi BEV a ICE shodné nebo velmi podobné

- **Shodné nebo podobné domény**
  Infotainment, komfortní systémy (sedadla, kessy, virt. pedál), Asistenční systémy
- **Odlišné domény**
  trakční baterie, BMS, trakční motor, OBC, DC/DC; u ICE pak ECU motoru, převodovka...

Motivace – k čemu slouží integrovaná AC nabíječka ve voze

- přeměna střídavého proud (AC) z běžné zásuvky nebo wallboxu na stejnosměrný proud (DC), kterým se nabíjí trakční baterie elektromobilu

- AC vs. DC nabíjení
  - AC nabíjení – pomalejší, využívá palubní nabíječku ve voze
  - DC rychlonabíjení – palubní nabíječku obchází, baterii nabíjí externí DC zdroj

- serverová architektura vozu, ve voze je vše prointegrované
  - řízení nabíjení je v centrálním počítači ICAS (In Car App. Server), včetně chytrých nabíjecích funkcí, ochrany trakční baterie před přehřátím či přetížením, atd.
  - přes nabíječku běží komunikace mezi vozem a nabíjecí stanicí a obsahuje výkonové prvky

- integrovaný DCDC měnič na 12V, úspora komponent

Motivace – k čemu slouží integrovaná AC nabíječka ve voze

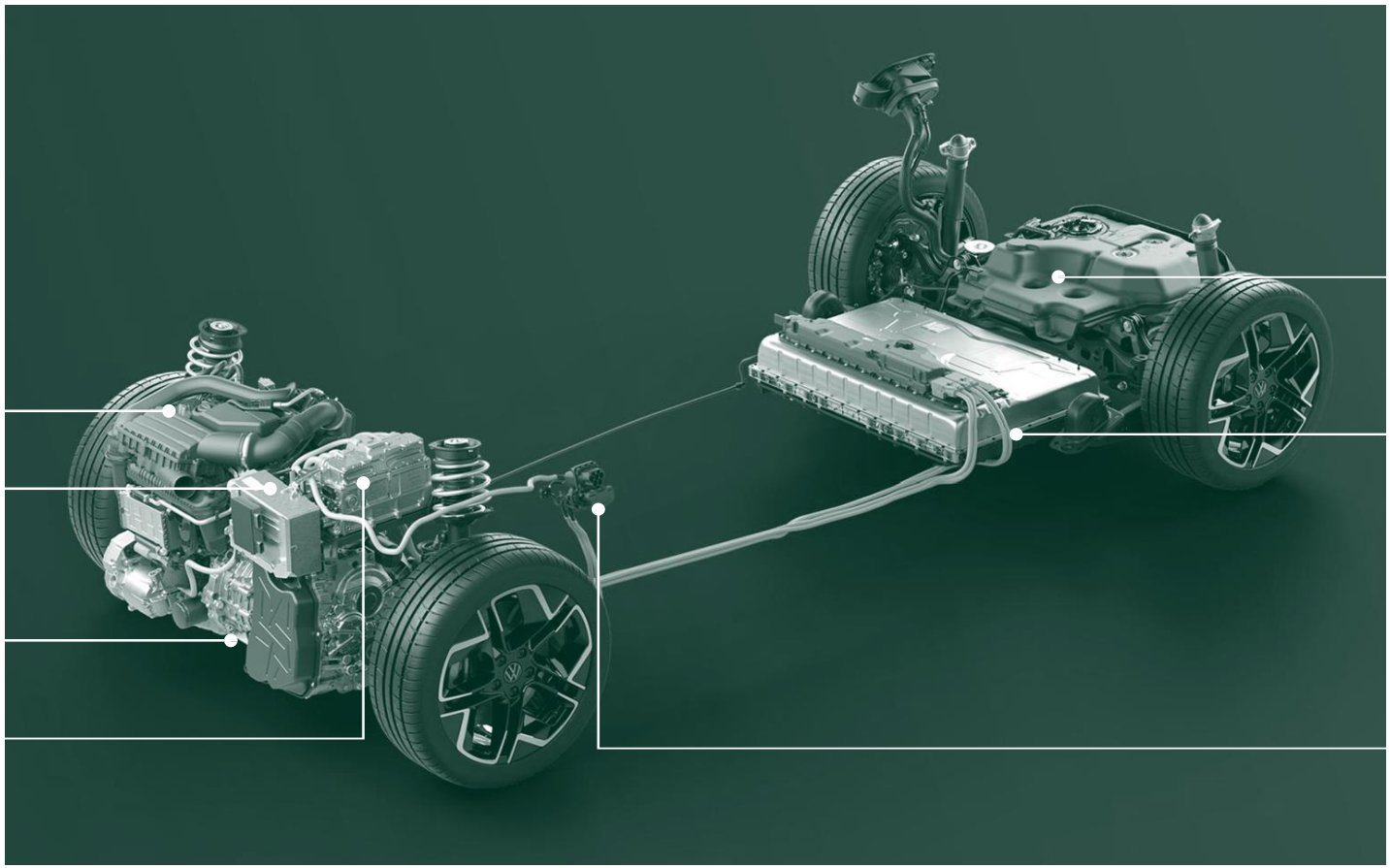
- Potřebujeme vůbec AC nabíječku ve voze?
  - domácí a firemní nabíjení je (skoro všude) **AC - 70–90 % veškerého nabíjení**
    - domácí/průmyslové zásuvky 230 V/400 V AC
    - wallboxy (AC 7–22 kW)
    - firemní nabíječky AC
    - kilogramy ve voze navíc – 11kg
  - DC infrastruktura je drahá a omezená
  - náhrada AC nabíjení DC stojany by byla technicky i ekonomicky nereálná
  - AC nabíjení je pro baterii šetrnější

Motivace – k čemu slouží integrovaná AC nabíječka ve voze

- Jaká je optimální hodnota výkonu u AC nabíjení?
  - domácnosti v ČR: nejčastěji dostupných 11 kW (3f/16 A)
  - 22 kW obvykle vyžaduje navýšení jističe → vyšší měsíční paušál
  - AC nabíjení je vždy šetrné, na rozdíl od DC
  - nejlepší rozsah výkonu pro baterii je: 3–11 kW

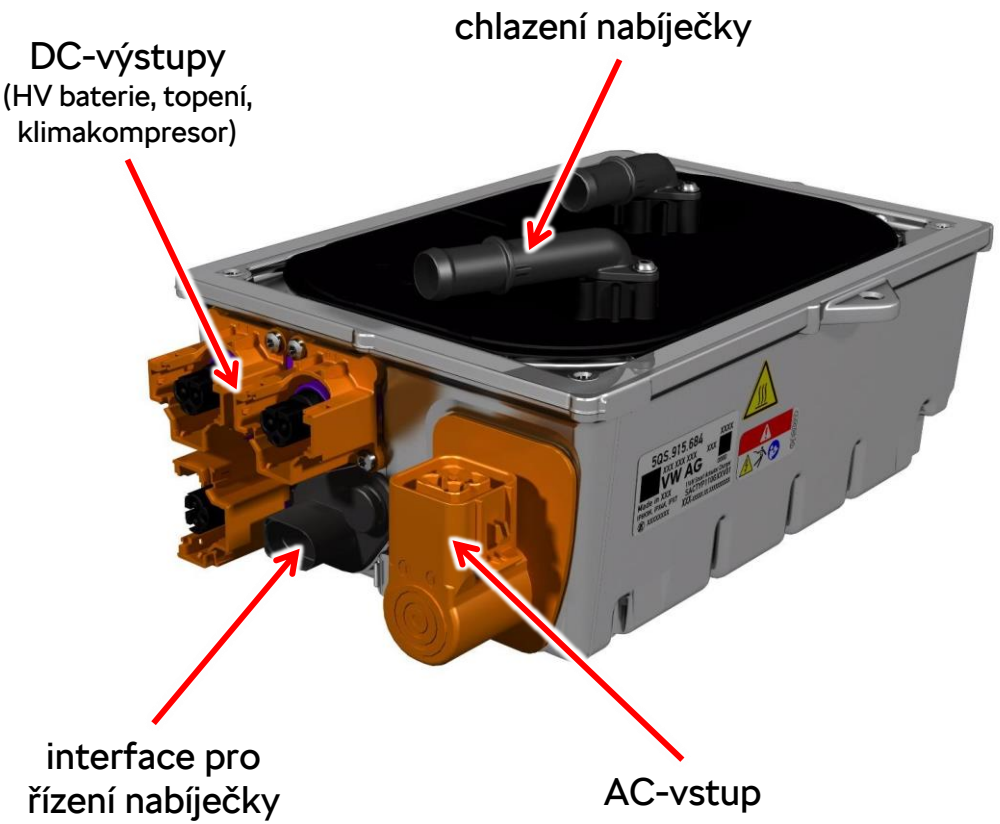
- 11 kW (3f) – ideální kompromis pro Evropu
  - → rychlé, efektivní, šetrné, finančně únosné
  - nejrozšířenější, šetrné k baterii a většina EV jej umí využít
  - doba nabíjení ve většině případů do 8h, vůz se nabije do plna přes noc
- i v rámci EU je nutno ošetřit kompatibilitu různých rozvodných sítí

PHEV (Plug-In Hybrid Electric Vehicle)

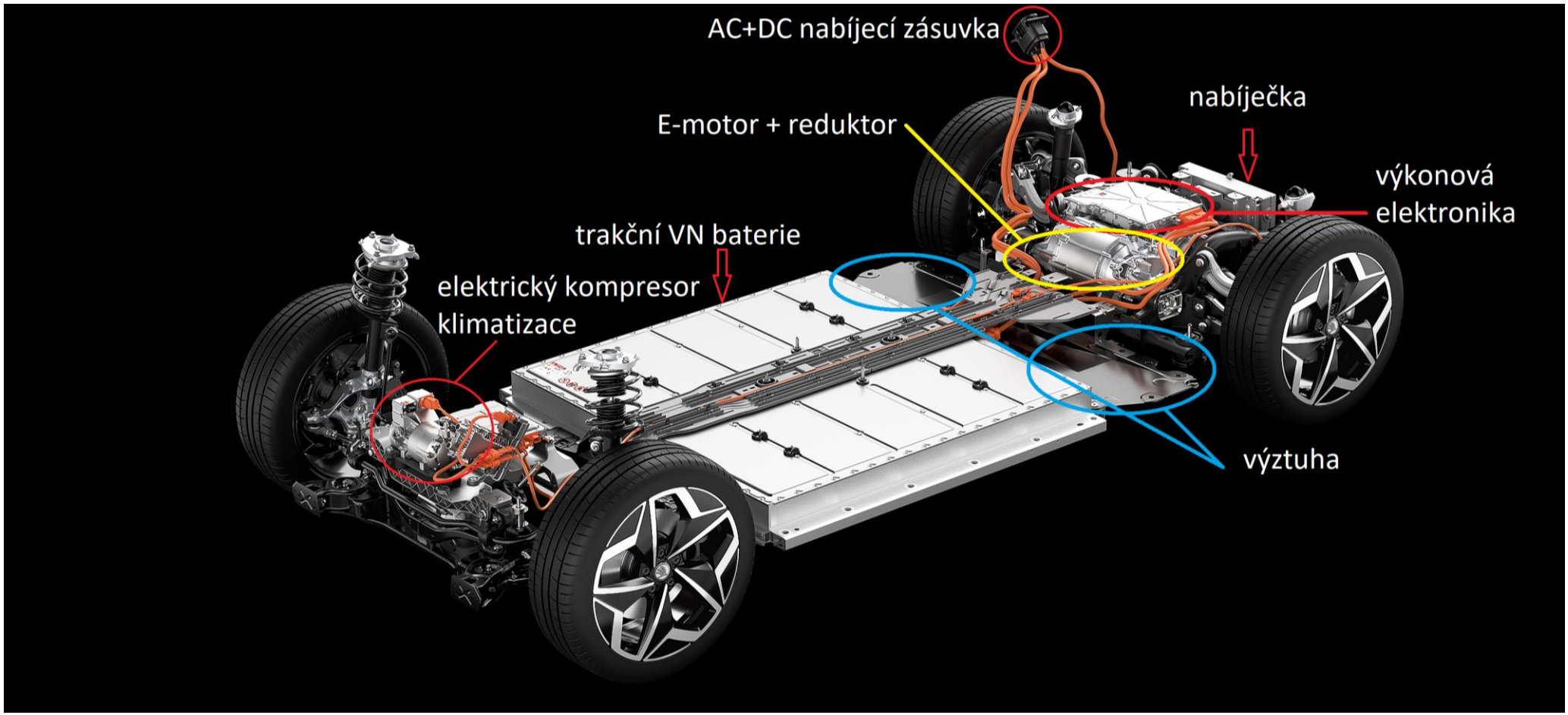


Onboard třífázová nabíječka 11 kW pro vozy PHEV

Technické parametry	
délka/šířka/výška	310x210x137 mm
hmotnost	8 kg
výkon	11 kW
vstupní napětí AC	78-272 V
vstupní proud	3x16 A / 1x40A
výstupní napětí DC	288-470 V
výstupní proud	max. 36A
účinnost	< 96 %
chlazení	kapalina

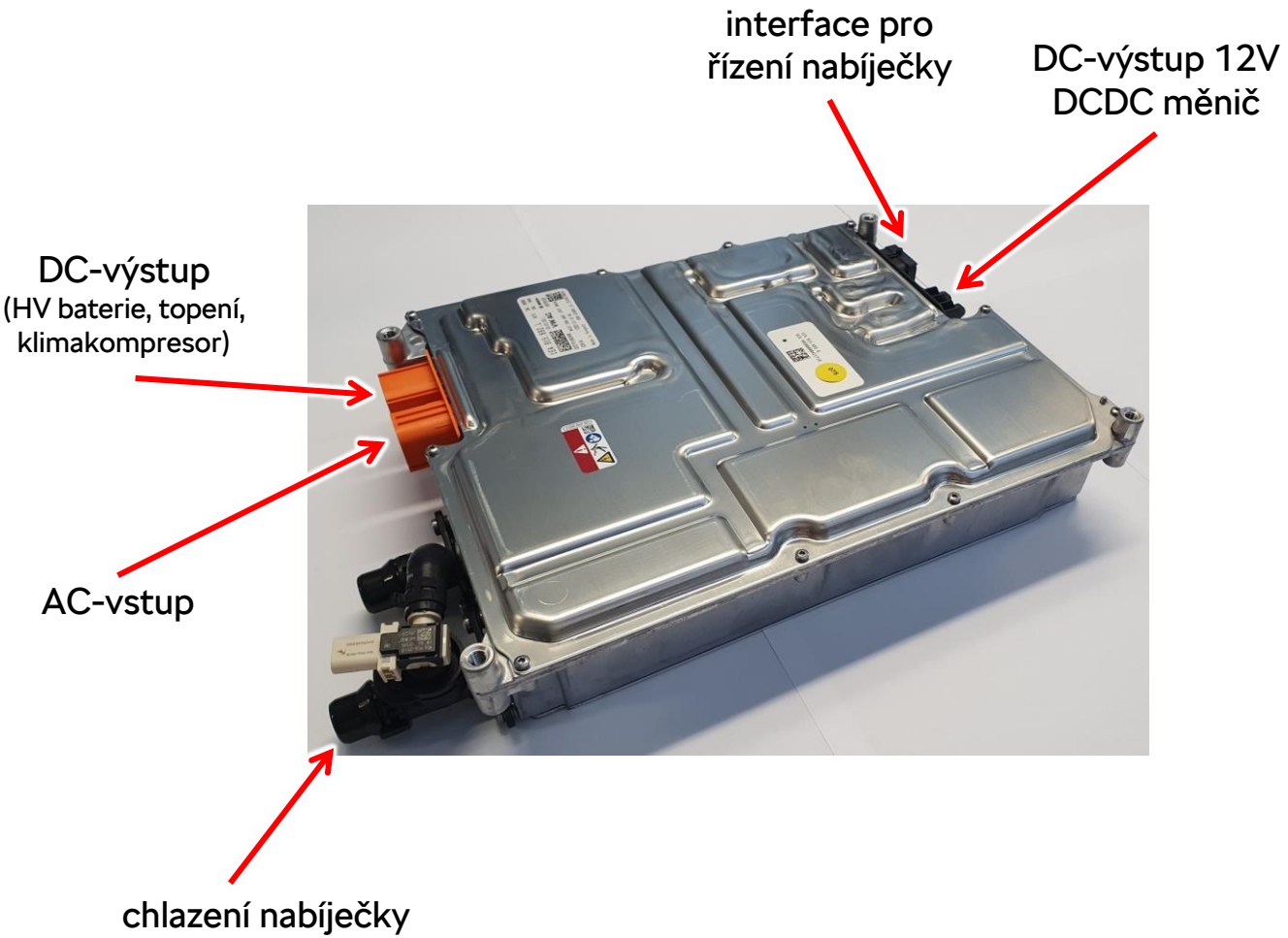


BEV (Battery Electric Vehicle)

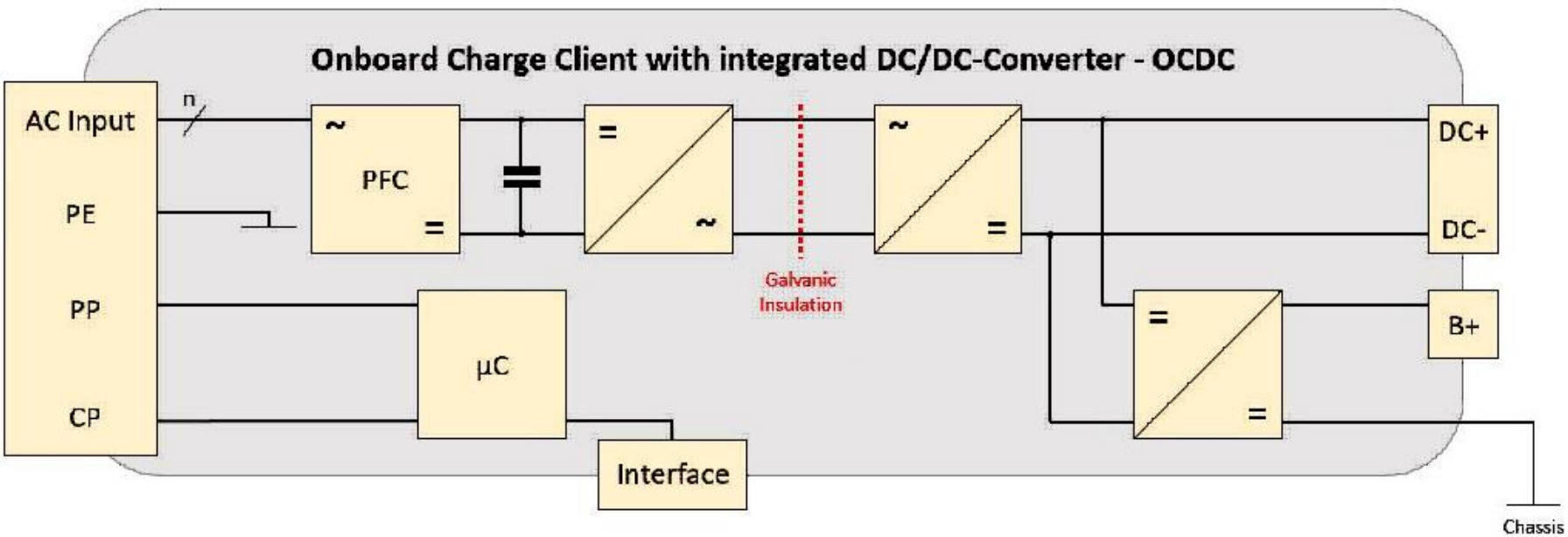


Onboard třífázová nabíječka 11 kW a DCDC měnič od firmy Bosch pro vozy BEV

Technické parametry	
hmotnost	9,8 kg
výkon	11 kW
vstupní napětí AC	3x AC 100-240 V
vstupní proud	3x16 A
výstupní napětí DC	220-470 V
účinnost	96 %
chlazení	kapalina
DCDC měnič 12V	
výkon	2,6 kW
výstupní napětí	10,6V – 15,5V
vstupní napětí DC	240V-475V

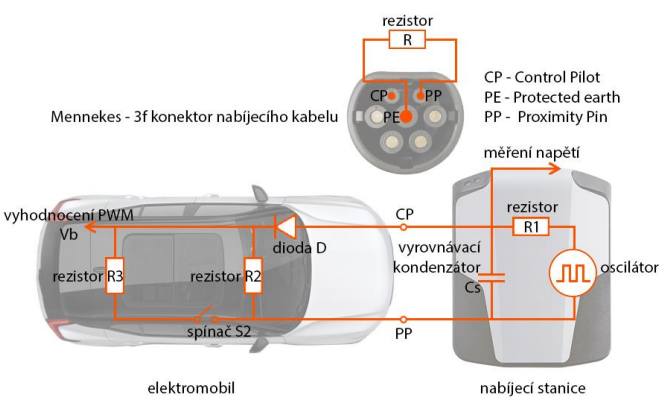


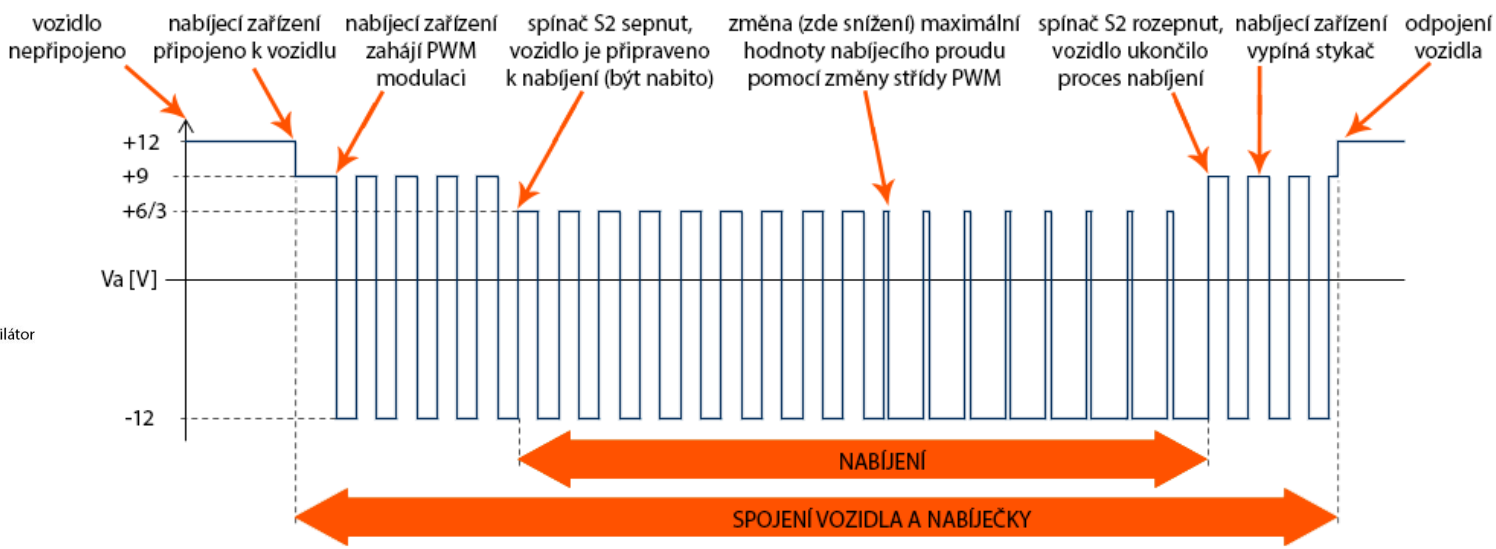
Blokové schéma AC střídavé nabíječky s integrovaným DC/DC měničem



Jednosměrná PWM komunikace

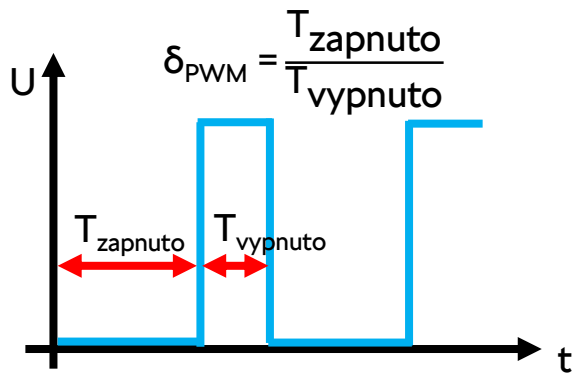
- komunikace mezi vozidlem a AC nabíjecím zařízením probíhá pomocí PWM a úrovněmi napětí
- odpory R2 a R3 (odporový dělič) slouží k rozpoznání připojeného vozidla
- hodnota odporu R3 je závislá na tom, zda vozidlo vyžaduje nebo nevyžaduje chlazení baterie
- podle hodnoty odporu R vozidlo rozpozná maximální možný proud nabíjecího kabelu
- střída PWM signálu následně určuje maximální hodnotu nabíjecího proudu, kterou může nabíjecí zařízení poskytnout



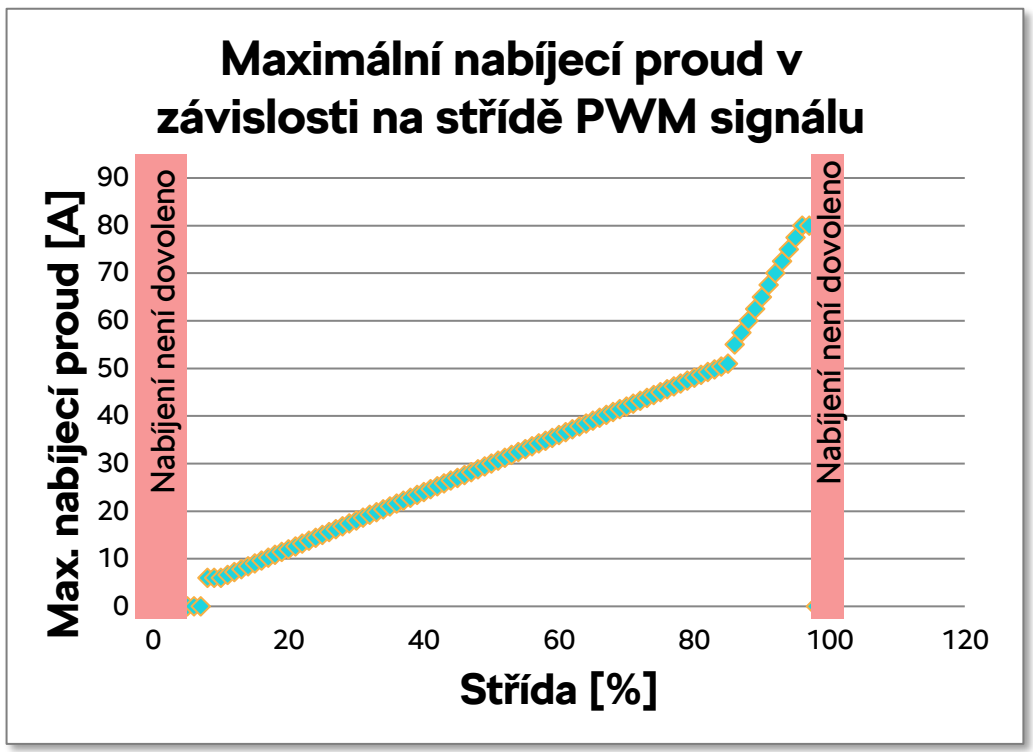


Střída (pracovní cyklus) PWM komunikace

– velikost střídy PWM signálu δPWM určuje maximální hodnotu nabíjecího proudu (určuje nabíjecí zařízení)



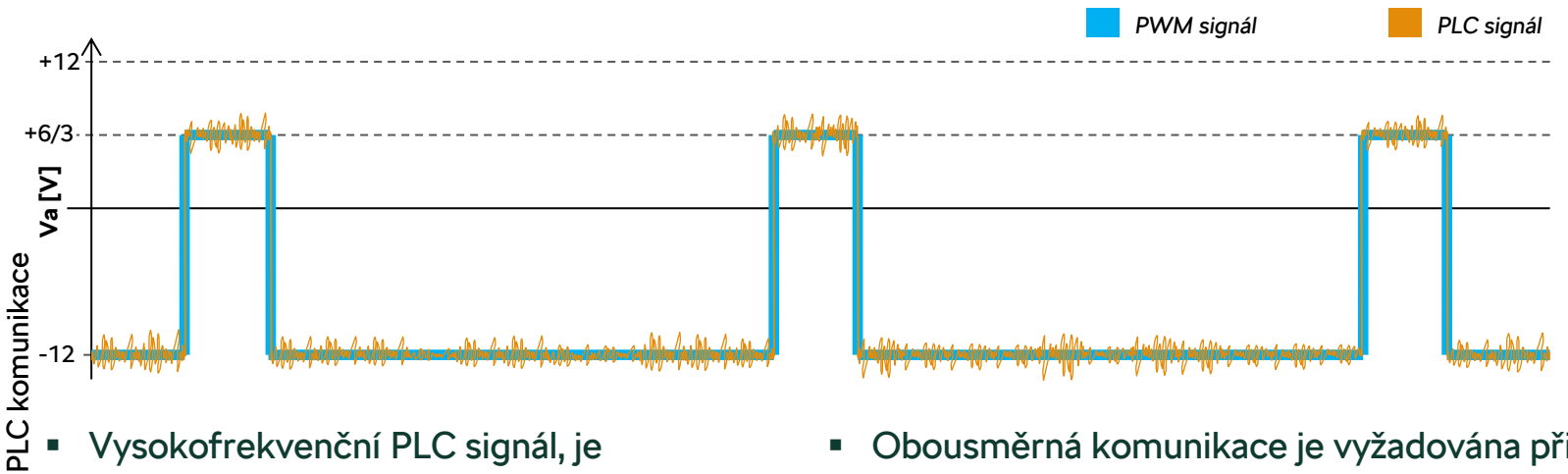
Střída δ_{PWM}	Max. nabíjecí proud
$\delta_{PWM} < 8\%$	Nabíjení není dovoleno
$8\% \leq \delta_{PWM} < 10\%$	6A
$10\% \leq \delta_{PWM} \leq 85\%$	δ_{PWM} [%] x 0,6A
$85\% < \delta_{PWM} \leq 96\%$	(δ_{PWM} [%] – 64) x 2,5A
$96\% < \delta_{PWM} \leq 97\%$	80A
$\delta_{PWM} > 97\%$	Nabíjení není dovoleno



IEC / ISO 15118

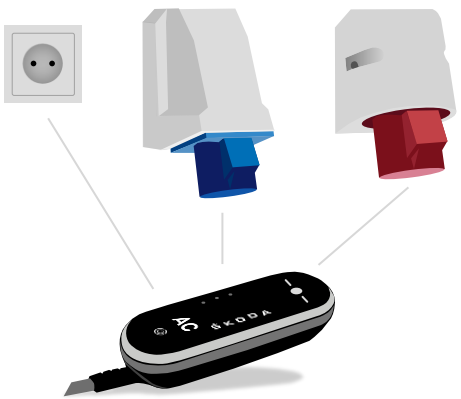
– tento standard umožňuje obousměrnou a bezpečnou komunikaci mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem, včetně způsobu identifikace elektromobilu, nastavení nabíjecího proudu a dalších funkcí.

Obousměrná komunikace



- Vysokofrekvenční PLC signál, je namodulován na již existující PWM signál
- Jak pro PWM tak pro PLC komunikaci tedy složí stejný pin (Control Pin)
- Obousměrná komunikace je vyžadována při stejnosměrném (DC) nabíjení
- V současné době se PLC komunikace stále více využívá i při složitější komunikaci a funkcích během střídavého (AC) nabíjení.

Možnosti nabíjení elektromobilu



Domácí zásuvky 230/400 V

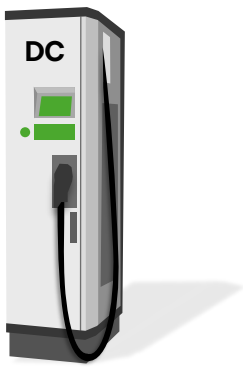
2,3 – 11 kW

Domácí AC Wallbox

7,2 – 11 kW

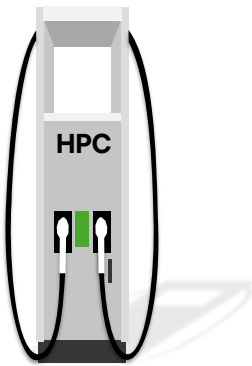
Veřejný AC sloupek

3,6 – 22 kW



Veřejná DC Nabíjecí stanice

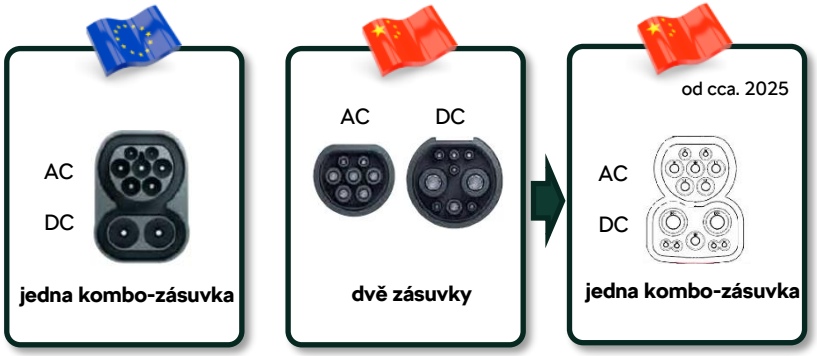
50 kW



Veřejná rychlonabíjecí stanice HPC (High Power Charger)

350 kW

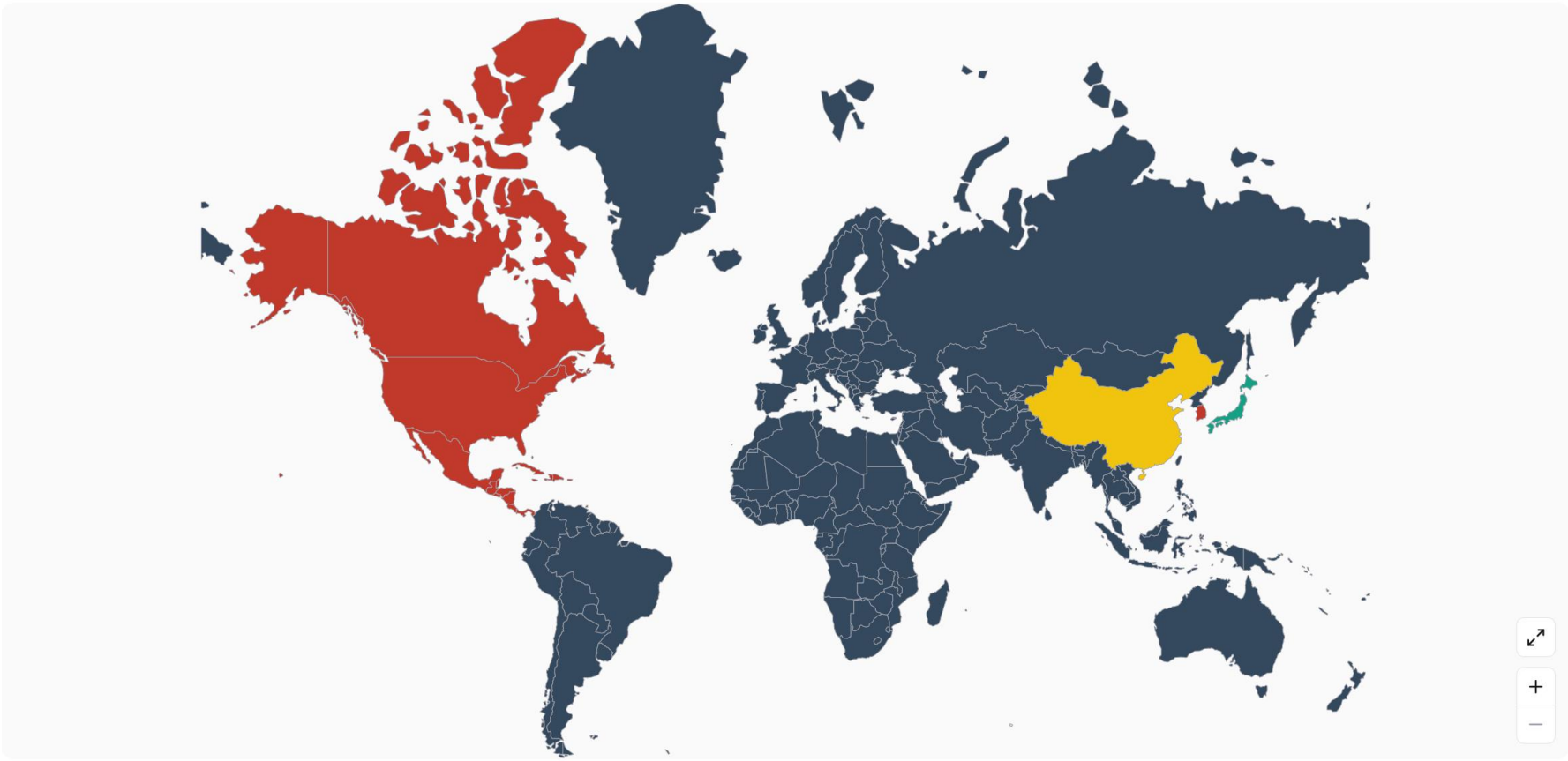
Nabíjecí zásuvky



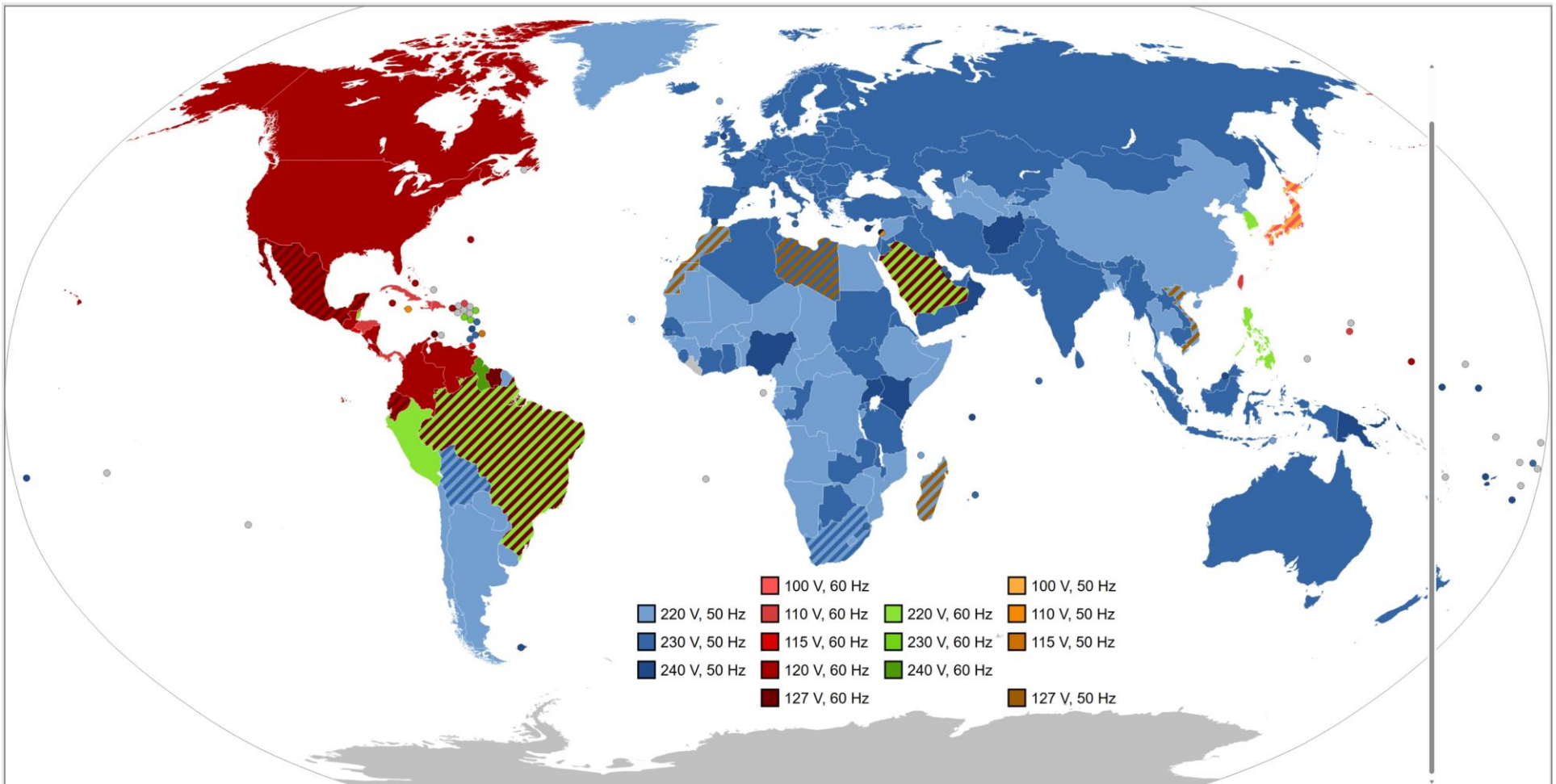
	Typ 1 „*Yazaki*“	Typ 2 „*Mennekes*“	Čína
AC-nabíjení			
	1-2 fáze	1-3 fáze	1-3 fáze

	Combo 1	Combo 2	Čína (GB-T)	Chademo	ChaoJi Chademo 3.0	Tesla
AC/DC-nabíjení					od cca. 2025	
	AC DC	AC DC	pouze DC	pouze DC	AC DC	AC DC

Globální mapa: konektory pro EV nabíjení

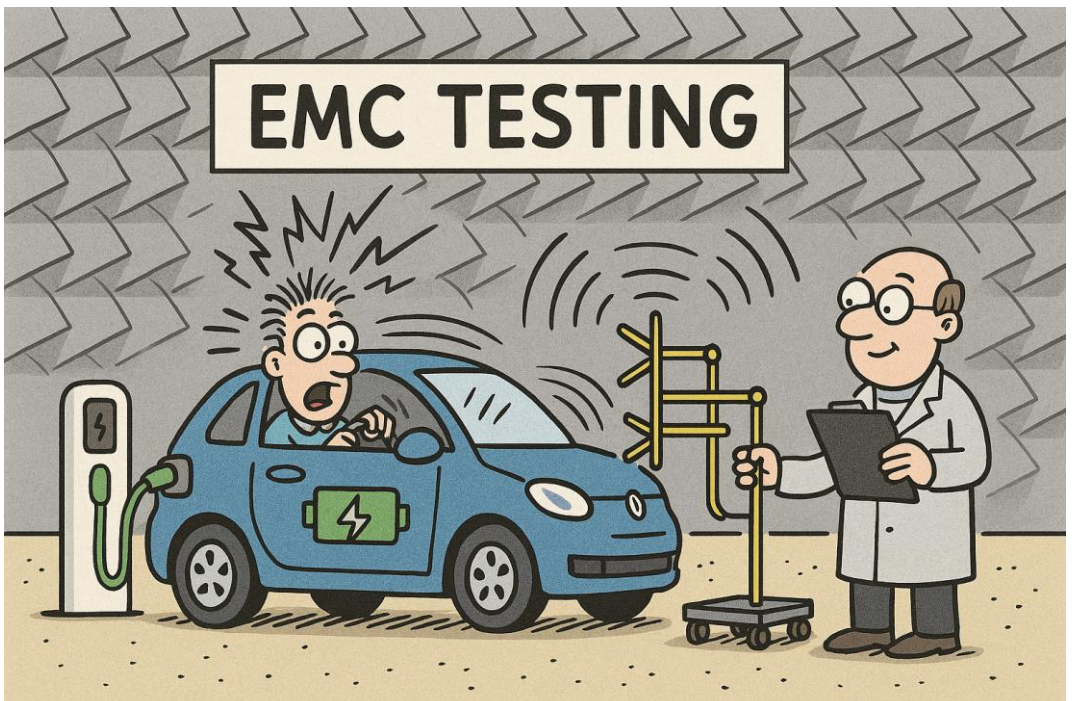


Globální mapa: síťové standardy (napětí / frekvence) pro EV nabíjení



EMC (elektromagnetická kompatibilita podle homologační normy ECE R10-06)

- **palubní nabíječka propojuje automobilový a průmyslový EMC svět**
  - během nabíjení je vozidlo připojeno k AC elektrické síti, proto musí splnit i EMC testy běžné pro průmyslové zařízení připojené k síti
- **emisní zkoušky**
  - vyzářené emise (Radiated Emissions – RE) - nabíječka nesmí nevyzařovat rušení, které by ovlivňovalo vlastní vozidlo ani okolní zařízení
  - vedené emise (Conducted Emissions – CE) - měření emisí do infrastruktury
- **imunitní zkoušky**
  - vyzářená imunita (Radiated Immunity – RI) správná funkce při vystavení elektromagnetickému poli
  - vedená imunita - burst (rychlé přechodové jevy), surge přepětí, harmonické a flicker během nabíjení

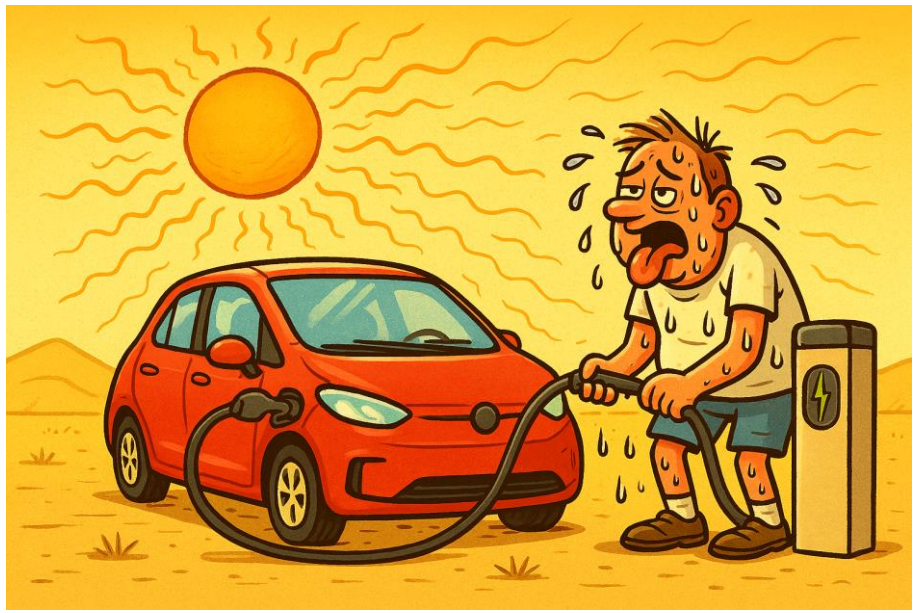


Ověření funkčnosti systému nabíjení v extrémních podmínkách – zima

- zpomalená chemické reakce v bateriích
  - hůře přijímá a dodává energii
  - část kapacity zůstává do zahřátí „nepřístupná“
- reálný pokles dojezdu
  - 30–50 % při běžném zimním provozu
- zpomalené a omezené nabíjení, zejména u rychlonabíječek
  - studená baterie nesmí být nabíjena vysokým výkonem – software ji chrání před poškozením
- vyšší spotřeba energie na vytápění
- moderní technologie (tepelná čerpadla, předehřev baterie, chytré řízení) však postupně zimní limity zmírňují.

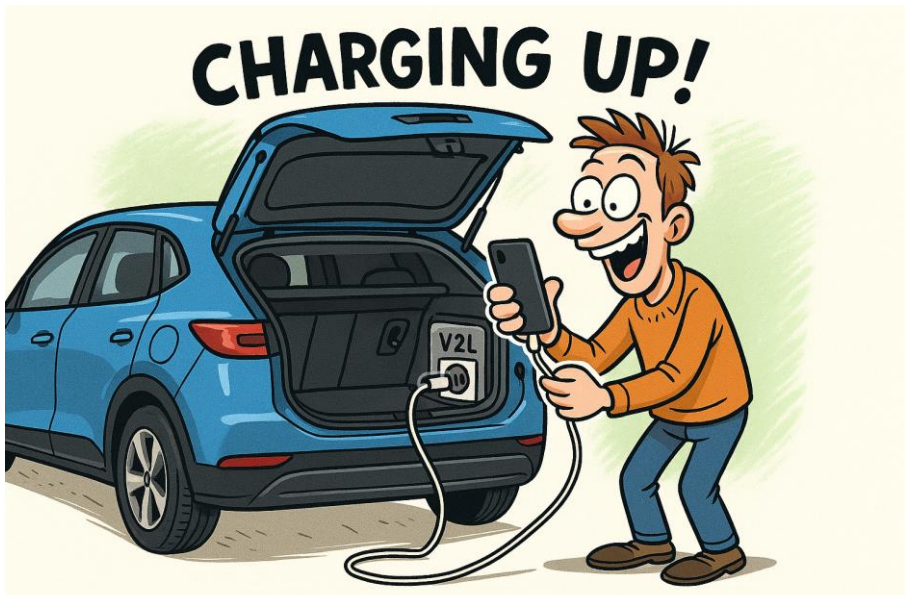
Ověření funkčnosti systému nabíjení v extrémních podmínkách – léto

- citlivost baterií na vyšší teploty (29–30 °C)
- vysoké teploty mohou poškodit anodu, elektrolyt a další části článků
  - ztráta dojezdu
  - pomalejší nabíjení v horku (SW omezení)
  - zatížení systému chlazení
  - vyšší samovybíjení
  - trvalá ztráta kapacity
  - kratší životnosti baterie
  - omezení výkonu či zpomalení jízdy kvůli ochraně baterie
  - vysoká spotřeba energie kvůli chlazení
  - vyšší zátěž na termomanagement
  - snížená účinnost rekuperace



230V/16A zásuvka v kufru vozu - V2L (Vehicle To Load)

- Proč je V2L pro nabíjení mobilu neefektivní?
  - více stupňů konverze
    - DC (baterie) → AC (měnič V2L, 230 V) → AC → DC (5V pro telefon)
    - V2L účinnost ~85–94 %, nabíječka telefonu účinnost cca 70–85 %
      - celková účinnost jen 60–70 %, někdy méně
    - 30–40 % energie se ztratí teplem
  - další „skryté“ ztráty - buzení systémů vozu
  - Aby V2L fungovalo, musí být aktivní některé jednotky vozu:
    - vysokonapěťový měnič
    - BMS
    - HV relé
    - nízkonapěťová elektronika – centrální počítač řízení a jeho okolí
    - někdy i část chlazení
  - Mobil si vezme 5–10 W
  - Auto musí kvůli tomu mařit až přes 100 W
  - USB port nebo powerbanka jsou mnohonásobně efektivnější



Co všechno obnáší homologace palubní nabíječky?

- Komplexní téma, potrefuje velké množství norem a předpisů.
- Od implementace předpisů UN ECE výrazně složitější, nutná úzká spolupráce s výrobcem nabíječky.

Konkrétní témata

- kybernetická bezpečnost
- elektrická bezpečnost palubní nabíječky
- funkční podmínky a provozní charakteristiky
- EMC – elektromagnetická kompatibilita
- komunikace s nabíjecí infrastrukturou
- zkoušky vysokým napětím, izolace a ochranných vzdáleností
- ochrana proti přehřátí a řízení teploty
- klasifikace zařízení a připojovacích režimů
- bezpečnost výkonové elektroniky (IGBT/MOSFET, diody)
- environmentální a mechanické testy
- soulad s požadavky vozidlové homologace (UN ECE)
- RED (Radio Equipment Directive)

Děkujeme za pozornost