

# Elektrická bezpečnost elektrických vozidel a nabíjecích stanic

Ing. Roman Smékal  
GHV Trading, spol. s r.o.

Monitorování izolačního odporu je obzvláště důležité pro prevenci škod, zranění a pro spolehlivost elektrických systémů a zařízení. Hodnota izolačního odporu je také důležitý ukazatel stavu elektrické instalace. Toto se vztahuje i na oblast e-mobility, tedy elektrických vozidel a nabíjecích stanic. Vysoké míry bezpečnosti a spolehlivosti lze dosáhnout správným výběrem typu systému v kombinaci s ochranným a monitorovacími zařízeními, které je v souladu s požadavky norem.

## Typy sítí a ochranných opatření

V oblasti e-mobility v podstatě existují tři typy systémů. V případě AC nabíjení jsou především používány uzemněné systémy (sítě TN-S), zatímco v případě, že jsou použity DC nabíjecí stanice, se setkáváme s izolovanou soustavou (sítě IT). Elektromobil sám o sobě má izolovaný vysokonapěťový systém, který je srovnatelný se soustavou IT v souladu s ČSN 33 2000-1 ed.2. [4]. Klíčovou otázkou pro elektrickou bezpečnost je proces nabíjení, zejména je-li celkový systém tvořen různými druhy sítí propojenými v jeden celek. Během jízdy vozidla lze vysokonapěťový elektrický systém považovat za „mobilní“ síť IT, avšak při nabíjení se mění buď v uzemněnou síť TN, nebo v neuzemněnou síť IT.

## Vysokonapěťový systém (HV systém)

Vysokonapěťový systém ve vozidle je trvale monitorován palubním zařízením pro sledování hodnoty izolačního stavu, např. IR155 (obr. 1). Výskyt izolační poruchy je v každém případě signalizován, zobrazí se zpráva na displeji řidiče, např. „Porucha izolace, závada může být odstraněna v odborném servisu“. Neexistuje žádné bezprostřední nebezpečí pro řidiče, ale závada izolace musí být odstraněna, jakmile je to možné. Tím se zabrání případnému ovlivnění provozu vozidla v případě další závady na jiném místě (kabelu). Při fatální poruše ovlivňující řízení vozidla dochází k okamžitému vypnutí systému.

## Proces nabíjení

Ochranná opatření pro elektrické instalace jsou podrobně popsány v ČSN 33 2000-4-41 ed.2 [2], zatímco opatření pro elektric-



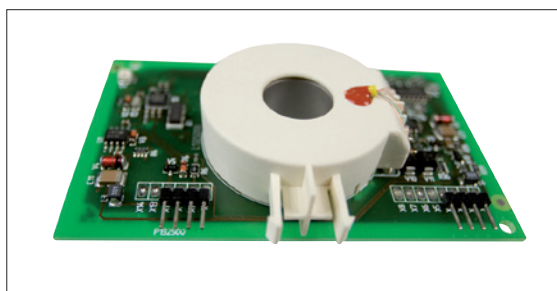
ká vozidla jsou definována v normě ISO/DIS 6469-3:2011-05 [5]. Předtím, než začne nabíjení elektrického vozidla, je nejprve třeba zajistit, aby HV systém ve vozidle byl bez poruch izolace. Tímto způsobem je zajištěno, že izolační porucha ve vozidle nezpůsobí reakci

ci. Nabíjení je tak umožněno pouze v případě, že izolační odpor elektrických zařízení vozidla je dostatečný. Limitní hodnoty jsou definovány např. v ISO/DIS 6469-3:2011-05 [5], a to 500  $\Omega/V$  pro střídavé systémy a 100  $\Omega/V$  pro stejnosměrné systémy.

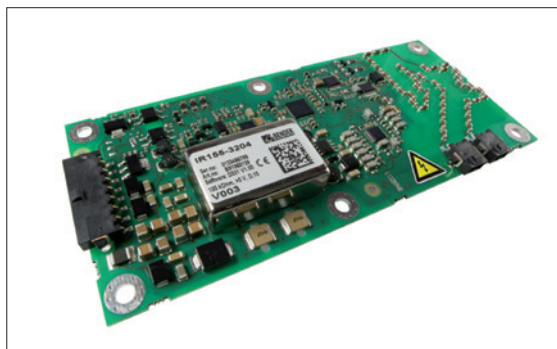
Na počátku procesu nabíjení je vlastní monitorovací zařízení vozidla přepnuto do pasivního režimu, aby se zabránilo interakci s ochrannými a monitorovacími zařízeními v nabíjecí stanici.

V důsledku toho se ochranné zařízení v nabíjecí stanici stává hlavním kontrolním prvem a má za úkol během nabíjení sledovat kompletní okruh včetně nabíjecí elektroniky vozidla, např. isoEV425 (obr. 5).

Důležitým předpokladem pro bezpečné nabíjení je kontinuita ochranného vodiče. Tato kontinuita je kontrolována pomocí řídicího vodiče a sledována během procesu nabíjení. Nejsou-li problémy s ochranným vodičem, je proces nabíjení povolen. Z pohledu nabíjecí stanice je také možné, aby měření izolačního odporu proběhlo před začátkem nabíjení. Toto měření pak většinou zahrnuje také kontrolu nabíjecího kabelu na vstupu do vozidla. Toto měření umožňuje detekci, např. mecha-



Obr. 1. Hlídač izolačního stavu pro elektrická vozidla, typ IR155 (výrobce Bender)

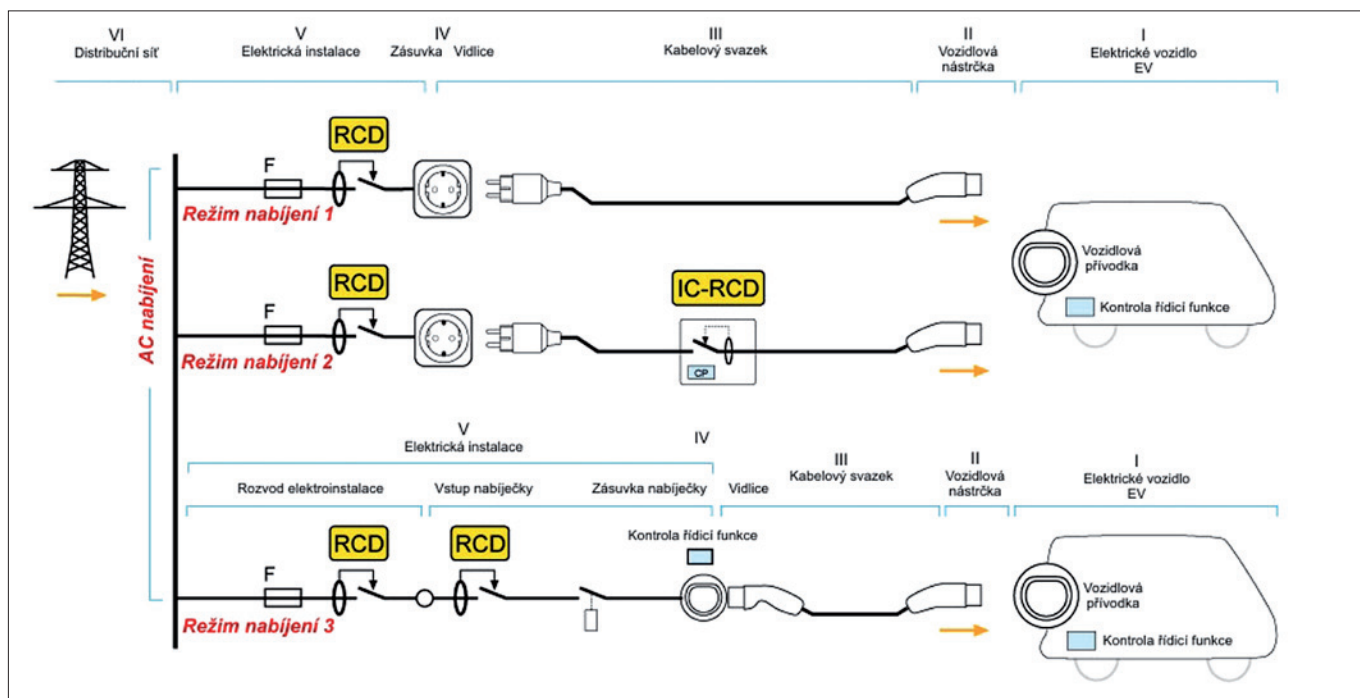


Obr. 2. Monitor reziduálního proudu pro nabíjecí stanice, typ RCMB100 (výrobce Bender)

ochranných a monitorovacích zařízení nabíjecí stanice, což by zabránilo procesu nabíjení.

Vozidla zpravidla mají vlastní palubní monitorovací zařízení pro kontrolu poruchy izolace s výstupním kontaktem pro nabíjecí stani-

nického poškození nabíjecího kabelu. Podle norem existují různé možnosti pro nabíjení elektromobilu, tyto možnosti jsou stanoveny v řadě norem ČSN EN 61851 [3] jako režimy nabíjení 1 až 4.



Obr. 3. Znáznornění ochrany pro režimy nabíjení 1 až 3

### AC nabíjení (režimy nabíjení 2 a 3)

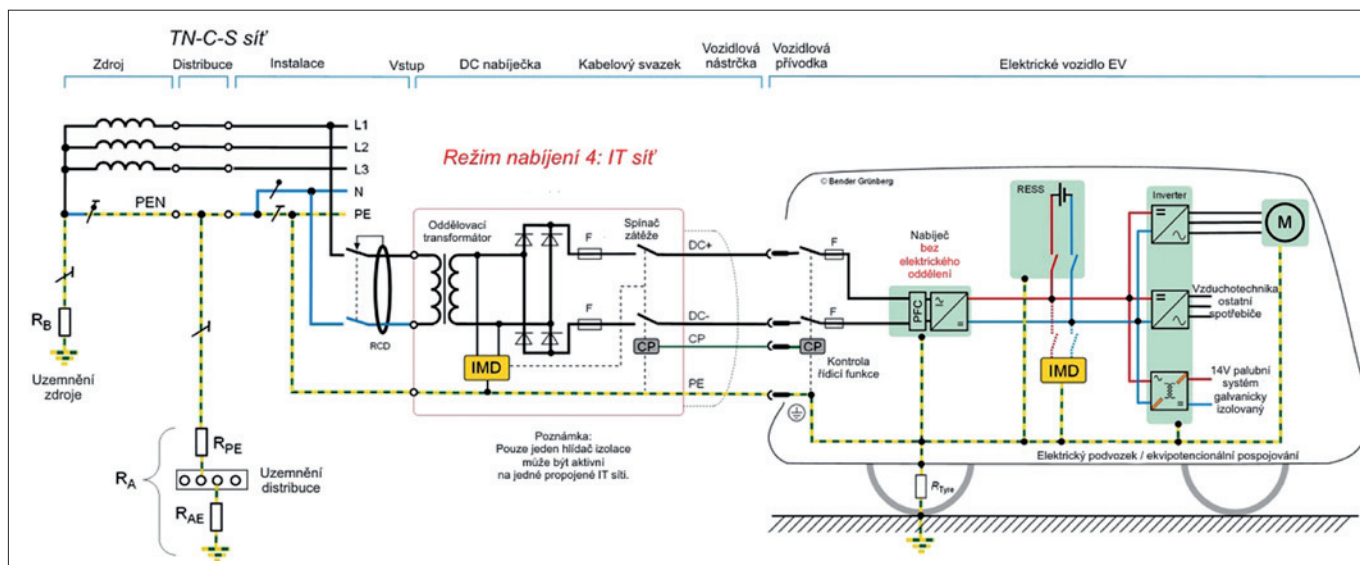
Pro AC nabíjení (obr. 3) je nutné každou nabíjecí zásuvku v souladu s ČSN EN 61581 vybavit minimálně chráničem s charakteristikou typu A. Je také nutné brát v úvahu požadavky ČSN EN 61140 ed.2 [7], že opatření přijatá pro ochranný vodič musí platit pro všechny kmitočty, které budou předány do zařízení a z něj. To znamená, že pokud může dojít k tomu, že bude hodnota poruchového proudu  $\leq 6 \text{ mA}$ , ať už stejnosměrného, nebo s vyššími frekvencemi (např. 20 kHz), je třeba zajistit ochranu před úrazem elektrickým proudem prostřednictvím proudových chráničů typu B nebo B+, anebo pomocí ekvivalentního monitorovacího zaříze-

ní. Není-li v okruhu nabíjecí zásuvky proudový chránič, musí být použito přenosné ochranné zařízení IC-RCD (Režim 2). Proudový chránič nebo spínací monitorovací zařízení, např. RCMB100 (obr. 2), zajistí, aby jakákoli porucha AC nebo DC poruchového obvodu vyvolala přerušeni ve stanovené době, tj. zátěž se vypne a osoby nemohou být ohroženy.

### DC nabíjení (režim nabíjení 4)

DC nabíjecí stanice jsou navrženy jako neuzemněné sítě (IT), tj. aktivní vodiče nesmí být spojeny se zemí (obr. 4). Těto situace je v DC nabíjecí stanici dosaženo pomocí izolované konstrukce nabíjecí elektroniky nebo za

pomocí oddělovacího transformátoru. V souladu s ČSN 33 2000-4-41 [2] musí být síť IT trvale sledována pomocí hlídače izolačního stavu (IMD), např. isoEV425 (obr. 5), a v případě poklesu izolačních vlastností pod stanovenou mez musí spustit výstražnou signalizaci. Síť IT má dvě důležité výhody: první závažná izolace nebude mít za následek vypnutí, ale pouze signalizaci. To znamená, že proces nabíjení může pokračovat bez přerušeni, dokud není kompletně dokončen. Druhá důležitá výhoda: dotykové napětí v případě první poruchy je přibližně 0 V. V důsledku toho lze téměř vyloučit potenciální nebezpečí proudu protékajícího přes lidské tělo. Tato skutečnost hraje důležitou roli zejména v souvislosti s pou-



Obr. 4. Znáznornění ochrany pro režim nabíjení 4

žítím nabíjecí stanice osobami bez elektrotechnické kvalifikace.

V souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 [2] musí hlídač izolačního stavu splňovat požadavky ČSN EN 61557-8 [6], tj. **musí reagovat jak na symetrické, tak asymetrické poruchy izolačního stavu.** Symetrická porucha izolace může nastat v případě, kdy izolační odpor všech vodičů v monitorované síti klesá přibližně stejně. Pokud taková závada není detekována, hrozí např. nebezpečí vzniku požáru v důsledku vyšších proudů při dvou izolačních závadách na různých aktivních vodičích (tento proud může způsobit zvýšené oteplení v místě závady).

## Závěr

V oblasti e-mobility, zejména při analýze ochranných opatření, musí být věnována vyšší pozornost palubním AC a DC sítím, které mají vyšší napětí. Při správném výběru ochranného a monitorovacího zařízení ve vztahu k souvisejícímu druhu sítě je nejvyššího stupně elektrické bezpečnosti a spolehlivosti dosaženo uživateli a provozovateli elektrických vozidel za použití izolované



Obr. 5. Hlídač izolačního stavu pro nabíjecí stanice, typ isoEV425

sítě (IT). Tato síť má jasné výhody zejména s ohledem na vysoký stupeň bezpečnosti a spolehlivosti.

## Literatura:

- [1] Sellner, H. – Hofheinz, W.: Electrical safety on charging electrical vehicles. Bender GmbH & Co. KG
- [2] ČSN 33 2000-4-41 ed.2. Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

- [3] ČSN EN 61851-...řada norem Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením.
- [4] ČSN 33 2000-1 ed.2. Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice
- [5] ISO/DIS 6469-3:2011-05. Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 3: Protection of persons against electric shock
- [6] ČSN EN 61557-8 ed.2. Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 000 V a se stejnosměrným napětím do 1 500 V - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany- Část 8: Hlídače izolačního stavu v rozvodných sítích IT
- [7] ČSN EN 61140 ed. 2. Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení



Pro více informací  
**GHV Trading, spol. s r.o.**  
**Kounicova 67a, 602 00 Brno**  
**tel. CZ: +420 541 235 532-4**  
**tel. SK: +421 255 640 293**  
**ghv@ghvtrading.cz, ghv@ghvtrading.sk**  
**www.ghvtrading.cz, www.ghvtrading.sk**