

Měření při kusových zkouškách rozváděčů

15.12.2017 | Ing. Leoš Koupý | ILLKO, s. r. o. | www.illko.cz

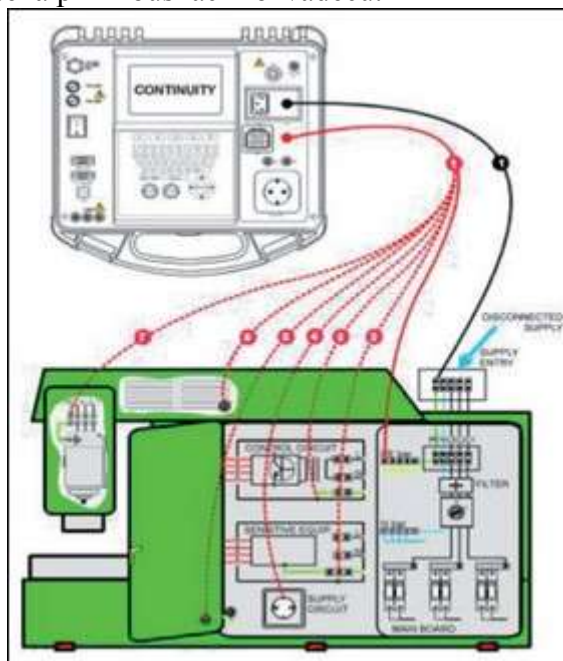
1.

Úvod

Jedním ze zařízení používaných v elektrotechnice je rozváděč. Většinou jde o plastovou nebo kovovou skříň, ve které jsou zabudované spínací, jisticí, ovládací či měřicí přístroje nezbytné pro bezpečné provozování elektrické instalace nebo elektrického zařízení. Podobně jako každý jiný prvek elektrické soustavy, i rozváděč musí projít výchozí a následně během provozování i pravidelnou kontrolou, aby byla zajištěna jeho provozuschopnost a bezpečnost před úrazem nebo škodami způsobenými elektřinou.

Jaké podmínky musí splňovat elektrický rozváděč, aby byl zajištěn jeho bezproblémový a bezpečný provoz, je uvedeno v normách řady ČSN EN 61439. Zkouškami rozváděčů při jejich výrobě se zabývá ČSN EN 61439-1 ed. 2 *Rozváděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení* z roku 2012. Zkoušky rozváděčů při výrobě jsou popsány v kapitole 10 *Ověřování návrhu* (typové zkoušky), a v kapitole 11 *Kusové ověřování*.

Tento článek se zabývá kusovými zkouškami rozváděčů, ovšem popis, podmínky provedení a průběh jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v kapitole 10. Proto si nejprve rozeberme jednotlivá měření prováděná při zkouškách rozváděčů.



Obr. 1. Měření spojitosti obvodu PE

2. Měření prováděná při ověřování rozváděčů

2.1 Účinná spojitost neživých částí a ochranného vodiče – kap. 10.5.2

Měřením se ověřuje, že neživé vodivé části rozváděče jsou připojeny ke svorce pro přívod vnějšího PE vodiče, a tím bude zajištěno jejich spolehlivé uzemnění. K měření se použije ohmmetr generující měřicí proud AC nebo DC o velikosti minimálně 10 A. Měření se provádí mezi svorkou pro připojení vnějšího PE vodiče a:

- jednotlivými kovovými částmi skříně rozváděče (šasi skříně, dvířka apod.),
- všemi svorkami a svorkovnicemi pro připojení vodiče PE, jež jsou instalované uvnitř skříně,
- zděrymi pro připojení vodiče PE u zásuvek určených k napájení spotřebičů (jsou-li v rozváděči instalovány).

Odpor mezi svorkou pro připojení vnějšího vodiče PE a kteroukoliv částí s ní spojenou nesmí překročit 0,1 Ω . Příklad měření je uveden na obr. 1.

2.2 Výdržné napětí průmyslové frekvence – kap. 10.9.2

Zkouškou se prověřuje neporušenost pevné izolace a schopnost vydržet dočasná přepětí (řádově sekundy).

Technické parametry zkušebního zdroje:
 – zdroj musí generovat zkušební napětí sinusového průběhu 45 až 65 Hz o velikosti uvedené v tab. 1 a tab. 2,
 – výstupní proud zdroje musí být minimálně 200 mA,
 – výstupní napětí nesmí být odpojeno, jestliže proud procházející měřicím obvodem nepřesáhne 100 mA.

Pozn. k tab. 1 a tab. 2: Jmenovité izolační napětí U_i je efektivní hodnota výdržného napětí charakterizující specifikovanou (dlouhodobou) odolnost izolace. Ve vícefázových obvodech je to mezifázové napětí.

U_i kteréhokoliv obvodu rozváděče musí být rovné nebo větší, než je maximální pracovní napětí obvodu.

Před zahájením měření je třeba sepnout nebo vodivě přemostit všechny spínače.

Tab. 1. Hodnoty zkušebního napětí pro hlavní obvody a skříně z izolačního materiálu (tab. 8 normy)

Jmenovité izolační napětí U_i (V)	Zkušební napětí AC (TRMS) (V)	Zkušební napětí DC (V)
61 až 300	1 500 (2 250)	2 120
301 až 690	1 890 (2835)	2 670
691 až 800	2 000	2 830

Tab. 2. Hodnoty zkušebního napětí pro pomocné a řídicí obvody (tab. 9 normy)

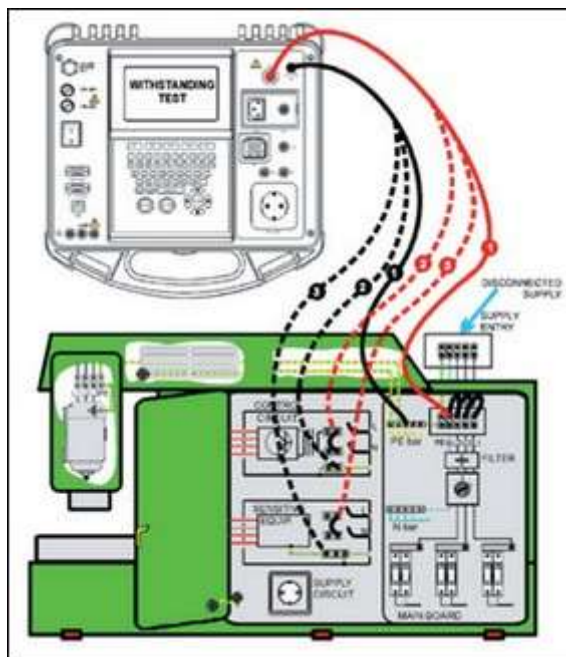
Jmenovité izolační napětí U_i (V)	Zkušební napětí AC (TRMS) (V)
do 12	250
12 až 60	500
691 až 800	2 000

Tab. 3. Zkušební impulzní výdržné napětí pro rozváděče se jmenovitým pracovním napětím do 300 V proti zemi

Jmenovité impulzní výdržné napětí	AC vrcholová hodnota napěťového rázu nebo DC napětí / AC efektivní hodnota zkušebního napětí pro nadmořskou výšku		
	200 m n. m.	500 m n. m.	1 000 m n. m.
4 000 V (CAT III)	4 800/3 400 V	4 700/3 300 V	4 400/3 100 V
6 000 V (CAT IV)	7 200/5 100 V	7 000/5 000 V	6 700/4 700 V

Měření (obr. 2) se provede mezi:

- navzájem spojenými živými částmi hlavního obvodu a neživými částmi,
- živými částmi s potenciálem odlišným od hlavního obvodu a neživými částmi,
- každým řídicím nebo pomocným obvodem nespojeným s hlavním obvodem a hlavním obvodem,
- každým řídicím a pomocným obvodem nespojeným s hlavním obvodem a jinými obvody,
- každým řídicím a pomocným obvodem nespojeným s hlavním obvodem a neživými částmi.



Obr. 2. Zkouška izolací přiložením výdržného napětí průmyslové frekvence

Zdroj generuje napětí s počáteční hodnotou maximálně 50 % zkušební napětí. Potom se napětí postupně zvýší na plnou hodnotu, na které setrvá 5 až 7 s při provádění typové zkoušky nebo 1 s při kusové zkoušce.

Zkouška je vyhovující, jestliže během přiložení napětí nenastane průraz nebo nevybaví nadproudová ochrana.

U skříní vyrobených z izolačního materiálu se provede doplňující zkouška přiložením napětí o velikosti 1,5násobku napětí pro zkoušení hlavních obvodů (viz hodnoty uvedené v tab. 2 v závorce). **Napětí se přiloží mezi:**

- vodivou fólii přiloženou z vnější strany skříně přes otvory a spoje vedoucí dovnitř rozváděče,
- vzájemně propojené živé a neživé části uvnitř rozváděče, které jsou umístěné v blízkosti otvorů a spojů.

U vnějších rukojetí vyrobených z izolačního materiálu se **provede se zkouška přiložením napětí mezi:**

- vodivou fólii ovinutou kolem celého povrchu rukojeti a živými částmi rozváděče, přičemž
- neživé části nesmějí být během zkoušky uzemněny nebo připojeny k jinému obvodu.

2.3 Impulzní výdržné napětí – kap. 10.9.3

Zkouškou se ověřuje, že vzdušné vzdálenosti mezi živými a neživými částmi, popř. mezi živými částmi s různým potenciálem, jsou dostatečně velké, aby vydržely přechodná přepětí (řádově milisekundy).

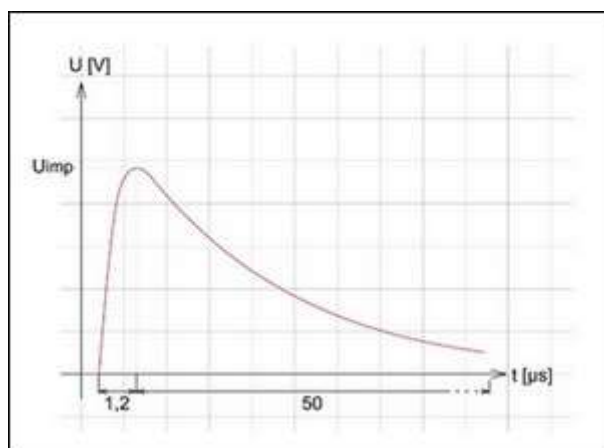
Technické parametry zkušebního zdroje:

- generátor napěťových rázů 1,2/50 μ s o velikosti napětí stanoveného z tabulek G1 a 10 normy,
- pro alternativní zkoušku lze použít zdroj napětí průmyslové frekvence AC nebo DC.

Velikost napěťových rázů se stanovuje podle tabulek G1 a 10 normy. Z tab. G1 se stanoví jmenovité impulzní výdržné napětí podle jmenovitého pracovního napětí živé části rozváděče

proti zemi a kategorie přepětí, pro kterou je rozváděč určen. Z tab. 10 se stanoví korekce jmenovitého impulzního výdržného napětí na nadmořskou výšku, ve které bude zkouška prováděna. Hodnoty zkušebního impulzního výdržného napětí pro rozváděče určené k použití v sítích s maximální hodnotou jmenovitého napětí AC 300 V proti zemi, tedy v běžných sítích 230/400 V, jsou uvedeny v tab. 3.

Při zkoušce impulzním výdržným napětím se přiloží napětí o vrcholové hodnotě podle tab. 3 (tab. 10 normy) s průběhem napěťové vlny 1,2/50 μ s (obr. 3) pětkrát pro každou polaritu v intervalech ≤ 1 s.



Obr. 3. Tvar vlny zkušebního impulzního výdržného napětí

Jako alternativní možnost norma ČSN EN 61439-1 ed. 2 připouští provedení zkoušky napětím průmyslové frekvence nebo stejnosměrným napětím tak, že se přiloží plné napětí o efektivní hodnotě podle tab. 3 (tab. 10 normy) po dobu minimálně 15 ms, maximálně 100 ms.

Během zkoušky se spínací přístroje zapnou nebo se vodivě přemostí a pomocné obvody nespojené s hlavním obvodem se uzemní.

Měření se provede mezi:

- navzájem spojenými živými částmi hlavního obvodu a neživými částmi,
- živými částmi s potenciálem odlišným od hlavního obvodu a neživými částmi spojenými navzájem nebo živými částmi s odlišným potenciálem,
- každým řídícím a pomocným obvodem nespojeným s hlavním obvodem a mezi neživou částí, hlavním obvodem, případně jinými obvody.

Zkouška je vyhovující, jestliže během přiložení napětí nenastane průraz (nadproudová ochrana zkušebního přístroje nesmí vybavit).

Zkoušku impulzním výdržným napětím lze nahradit měřením vzdáleností, popř. (při typové zkoušce) jejich ověřením v konstrukčních výkresech. Minimální vzdušné vzdálenosti pro rozváděč lze stanovit z tab. 1 normy, přičemž v případě typové zkoušky (ověřování návrhu) musejí být vzdálenosti minimálně 1,5krát větší, než je uvedeno v tabulce z důvodu možných výrobních tolerancí při sériové výrobě. Pro rozváděče určené k použití v sítích s maximální hodnotou jmenovitého napětí AC 300 V proti zemi, tedy v běžných sítích 230/400 V, **jde při kusových zkouškách o tyto vzdálenosti:**

- rozváděč určený pro začátek instalace (domovní přípojka) CAT IV – 5,5 mm,
- rozváděč určený pro domovní rozvody CAT III – 3,0 mm.

3. Kusové ověřování rozváděčů – kap. 11

3.1 Ověření konstrukce a technických parametrů rozváděče

Kusové zkoušky se provádějí na každém rozváděči během výroby nebo po vyrobení. Nemusejí se vykonávat na přístrojích a samostatných součástech vestavěných do rozváděče, jestliže ty byly instalovány podle pokynů výrobce. Během kusového ověřování se provedou úkony, kterými se prověří konstrukce rozváděče a jeho technické parametry.

Zkouškami se ověří:

–	stupeň	ochrany	skříní,
–	vzdušné vzdálenosti	a povrchové	cesty,
–	ochrana před úrazem elektrickým proudem	a integrita	obvodů,
–	vestavění	vestavných	součástí,
–	vnitřní elektrické obvody	a spoje,	
–	svorky pro připojení	vnějších	vodičů,
–	mechanická		funkce,
–	dielektrické		vlastnosti,

– zapojení, pracovní charakteristiky a funkce.

Stupeň ochrany skříní – kap. 11.2

Vizuální prohlídkou se potvrdí, že rozváděč obsahuje předepsaná opatření pro dosažení určeného stupně ochrany. Popis opatření je uveden v kap. 8.2 normy a zahrnuje ochranu před mechanickými rázy, ochranu před vniknutím cizích těles a vody a podmínky pro konstrukci rozváděčů s odnímatelnými částmi.

Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty – kap. 11.3

Vizuální prohlídkou a měřením se zjistí, zda jsou dodrženy vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty. Vzdušné vzdálenosti jsou uvedeny v tab. 1 normy a minimální povrchové cesty stanovuje tab. 2 normy.

Jestliže vzdálenosti nelze ověřit prohlídkou či měřením nebo v případě, že některé vzdálenosti jsou menší než předepsané, je třeba provést zkoušku impulzním výdržným napětím, popř. alternativní zkoušku přiložením napětí průmyslové frekvence po dobu minimálně 15 s (viz kap. 2.3).

Ochrana před úrazem elektrickým proudem a integrita obvodů – kap. 11.4

Vizuální prohlídkou a měřením se prověří ochranná opatření základní ochrany a ochrany při poruše. U šroubových spojů se namátkově prověří jejich pevnost.

Přestože podle normy není měření spojitosti při kusové zkoušce povinné, lze důrazně doporučit, aby se spojitost vodiče PE od svorky pro připojení vnějšího vodiče PE k vodivým neživým částem, především ke svorkám a svorkovnicím pro připojení vodiče PE uvnitř rozváděče, ověřila mimo prohlídku i měřením podle kap 2.1 (kap. 10.5.2 normy). Nekvalitní propojení obvodu PE v rozváděči totiž negativně ovlivní zemní spojení obvodu PE v části nebo i v celé elektrické instalaci za rozváděčem.

Vnitřní obvody, spoje, přístroje, mechanická funkce – kap. 11.5–8

Vizuální prohlídkou se ověří, že všechny vestavěné přístroje a součásti odpovídají dokumentaci pro výrobu rozváděče. Stejným způsobem se zkontrolují i spoje a vodiče, a to jejich existence a správnost zapojení. Namátkově se dotažením zkontroluje pevnost šroubových spojů.

Zkontroluje se funkčnost mechanických částí rozváděče (dvířka, zámky apod.).

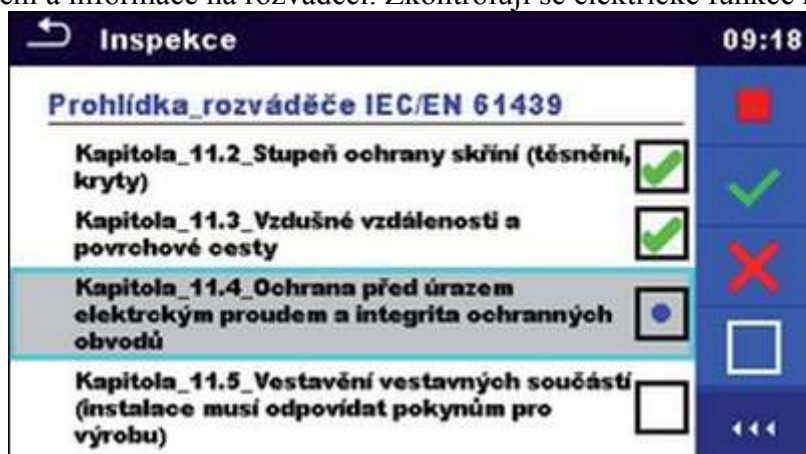
Dielektrické vlastnosti – kap. 11.9

Pro ověření dielektrických vlastností izolací se provede zkouška výdržným napětím průmyslové frekvence po dobu 1 s podle kap. 2.2 (kap. 10.9.2 normy). Zkouška se nemusí provádět na pomocných obvodech, jestliže na nich proběhla zkouška funkce při jejich jmenovitém pracovním napětí nebo jsou chráněny jisticím prvkem o jmenovitém vypínacím proudu $I_n \leq 16$ A.

U rozváděčů s ochranou přívodu do 250 A se mohou vlastnosti izolací ověřit měřením izolačního odporu napětím DC 500 V. Velikost izolačního odporu musí být minimálně 1 000 Ω/V – vztaženo k pracovnímu napětí obvodu proti zemi.

Zapojení, pracovní charakteristiky, funkce – kap. 11.10

Proveří se značení a informace na rozváděči. Zkontrolují se elektrické funkce rozváděče.



Obr. 4. Výsledky prohlídky rozváděče

3.2 Příklad kusové zkoušky přístrojem MI 3394 CE MultiTester XA

Ověření konstrukce a technických parametrů prohlídkou

Popíšme příklad kusové zkoušky hlavního rozváděče CAT IV konstruovaného pro provozní jmenovité napětí 230/400 V. Pro zpracování kompletního protokolu o zkoušce pomocí softwaru Metrel ES Manager, který se k přístroji dodává, je třeba vykonat vizuální prohlídku a vyhodnotit její výsledky. Příklad vyznačení výsledků jednotlivých bodů prohlídky na dotykovém displeji přístroje je vyobrazen na obr. 4.

Ověření vzdušných a povrchových vzdáleností pomocí napětí průmyslové frekvence

Přístroj MI 3394 neumožňuje měření impulzního výdržného napětí průběhem napěťové vlny 1,2/50 μs . Proto se pro ověření dostatečných vzdáleností použije alternativní zkouška zdrojem napětí průmyslové frekvence AC nebo DC. Podle kategorie přepětí a jmenovitého pracovního napětí se nastaví parametry měření. Pro již uvedený rozváděč je to zkušební napětí AC 5 000 V, doba přiložení napětí minimálně 15 s a proud pro odpojení při průrazu 100 mA (obr. 5).



Obr. 5. Ověření vzdušných a povrchových vzdáleností

Přístroj změří a zobrazí i velikost odporové a kapacitní složky proudu tekoucího mezi měřenými částmi rozváděče. Tento údaj lze potom využít k vyhodnocení, zda celkový tzv. unikající proud je způsoben kapacitní vazbou mezi měřenými částmi (tedy konstrukčními vlastnostmi), nebo jde o vodivé spojení, což může indikovat závadu na rozváděči.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem a integrity obvodů
Provede se zkouška spojitosti obvodu PE rozváděče proudem 10 A. Lze nastavit i mezní hodnotu odporu pro vyhodnocení zkoušky, tedy 0,1 Ω podle obr. 6. Pro přesné měření je možné využít čtyřvodičovou metodu měření.



Obr. 6. Ověření spojitosti obvodu PE

Dielektrické

vlastnosti

Pro ověření dielektrických vlastností izolací se provede zkouška výdržným napětím průmyslové frekvence po dobu 1 s. Naprogramuje se průběh měřicího napětí tak, aby odpovídal požadavkům normy, tedy velikost počátečního napětí 50 % velikosti zkušební napětí, dále nárůst napětí na plné zkušební napětí a doba výdrže zkušební napětí 1 s. Zkušební napětí pro rozváděče s pracovním napětím 230/400 V je AC 1 890 V. Příklad nastavení parametrů měření je na obr. 7.



Obr. 7. Měření impulzního výdržného napětí

4.

Měřicí

přístroje

4.1

Univerzální

přístroje

Pro kompletní testování rozváděčů, a to jak při ověření návrhu, tak i pro kusové zkoušky, je určen přístroj MI 3394 CE MultiTester XA. Přístroj je vybaven i dalšími měřicími funkcemi umožňujícími provádění výchozích kontrol strojů podle ČSN EN 60 204-1 ed. 2 nebo

spotřebičů (ČSN 33 1600 ed. 2) a možnost programovat měřicí autosekvence jej předurčuje pro použití ve výstupní kontrole při výrobě nejrůznějších elektrických výrobků.

Přístroj je dodáván ve čtyřech provedeních s různou výbavou příslušenstvím. Pro zkoušky rozváděčů je vhodná verze MI 3394 Euro set. Pro automatizované zkoušky při sériové výrobě stejných typů výrobků lze využít modul A 1460, který je součástí sady MI 3394 Line set.



Obr. 8. Sestava přístroje MI 3394 s vn měřicími hroty

Vybrané měřicí funkce vhodné pro zkoušky rozváděčů:

- vn AC: 0 V až 5,25 kV/> 200 mA (alternativní zkouška k impulznímu výdržnému napětí),
- vn AC programovatelné: 0 V až 5,25 kV/> 200 mA (výdržné napětí průmyslové frekvence),
- vn DC: 0 V až 6,3 kV (alternativní zkouška k impulznímu výdržnému napětí),
- vn DC programovatelné: 0 V až 6,3 kV (výdržné napětí průmyslové frekvence),
- měření odporu: 0,00 až 999 Ω /200 mA, 10 A, 25 A (integrita obvodů),
- izolační odpor: 0,00 až 199,9 M Ω /50, 100, 250, 500, 1 000 V.

Další

vlastnosti:

- unikající a dotykové proudy (proud vodičem PE, rozdílový proud, náhradní proud),
- výkony, proudy, napětí, účinník, harmonické zkreslení,
- vybíjecí doba,
- možnost programování autosekvencí (měřících postupů) pro použití při výstupní výrobní kontrole.



**Obr. 9. MI 3394 CE MultiTester XA
Jednouúčelové**

4.2

přístroje

Jednouúčelové přístroje umožňují provádět jen některé zkoušky popisované v normě ČSN EN 61439-1 ed. 2. V určitých případech to však pro kusové zkoušky rozváděčů může stačit.

Pro měření spojitosti obvodu PE rozváděče (integrita obvodů) je možné využít jednouúčelový ohmmetr ALF 10 (obr. 10). **Z důležitých technických parametrů lze uvést:**

- měřicí proud: > 10 A (AC),
- měřicí rozsah: 0,00 až 1,50 Ω .



Obr. 10. ALF 10

5.

Závěr

Článek se zabývá požadavky na kusové zkoušky rozváděčů, a to především částí týkajících se měření. Proto jsou v něm rozebrány jen ty části normy ČSN EN 61439-1 ed. 2, které se kusových zkoušek týkají. Popis měření a zvláště tabulky hodnot zkušebních napětí jsou pro zjednodušení zredukovány pouze na rozváděče určené k použití v nejčastěji se vyskytujících instalacích mimo distribuční rozvody, tedy pro kategorie přepětí CAT IV a CAT III. Zájemce o parametry zkušebních napětí pro jiné druhy rozváděčů lze odkázat na příslušné tabulky normy.

Část článku je věnována příkladu kusové zkoušky rozváděče za použití přístroje MI 3394 CE MultiTester XA, který je pro tuto činnost určen.

Vyšlo v časopise *Elektro* č. 12/2017 na straně 28.
Tisková verze – objednejte si předplatné: pro ČR [zde](#), SR [zde](#).
Elektronická verze vyšlých časopisů [zde](#).

