

Meranie pri kusových skúškach rozvádzačov STN EN 61439-1

Ing. Leoš KOUPÝ, ILLKO, s.r.o. Blansko, ČR

1 ÚVOD

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

Jaké podmínky musí splňovat elektrický rozváděč, aby byl zajištěn jeho bezproblémový a bezpečný provoz, je uvedeno v normách řady STN EN 61439. Zkouškami rozváděčů při jejich výrobě se pak zabývá STN EN 61439-1: 2012-8 Nízkonapětové rozváděče Část 1: Všeobecné pravidla z roku 2012. Zkoušky rozváděčů při výrobě jsou popsány v kapitole 10 Preverovanie konštrukcie (typové zkoušky) a v kapitole 11 Preverovanie kusovými skúškami.

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.

2 MĚŘENÍ PROVÁDĚNÁ PŘI OVĚŘOVÁNÍ ROZVÁDĚČŮ

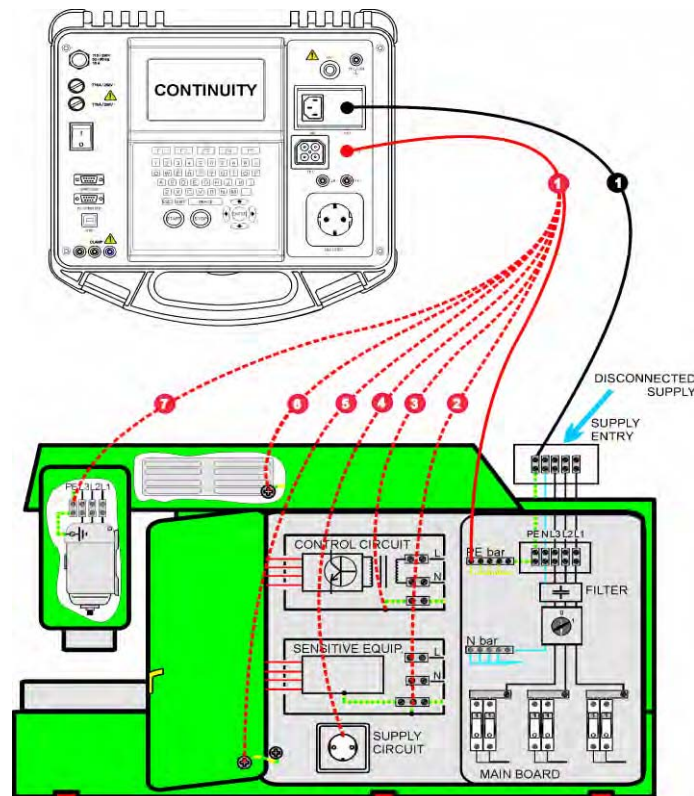
2.1 Účinná spojitost uzemnění mezi neživými částmi rozváděče a ochranným obvodem – kap. 10.5.2

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 měřící 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 PE vodiče, jež jsou instalované uvnitř skříně
- Zděřemi pro připojení PE vodiče u zásuvek určených k napájení spotřebičů (pokud jsou v rozváděči instalovány)

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



Obr. 1 – Měření spojitosti PE obvodu

2.2 Vydržné napětí síťové frekvence – kap. 10.9.2

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

Technické parametry zkušební zdroje:

- Zdroj musí generovat zkušební napětí sinusového průběhu 45 Hz ÷ 65 Hz o velikosti uvedené v tab.1 a tab.2
- Výstupní proud zdroje musí být minimálně 200 mA
- Výstupní napětí nesmí být odpojeno, pokud proud procházející měřicím obvodem nepřesáhne 100 mA

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

Jmenovité izolační napětí U_i	Zkušební napětí AC (T_{RMS})	Zkušební napětí DC
61 ÷ 300 V	1500 V (2250 V)	2120 V
301 ÷ 690 V	1890 V (2835 V)	2670 V
691 ÷ 800 V	2000 V	2830 V

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

Jmenovité izolační napětí U_i	Zkušební napětí AC (TRMS)
do 12 V	250 V
12 ÷ 60 V	500 V
691 ÷ 800 V	2000 V

POZNÁMKA: 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 rozvaděče musí být rovné nebo větší, než je maximální pracovní napětí obvodu.

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

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

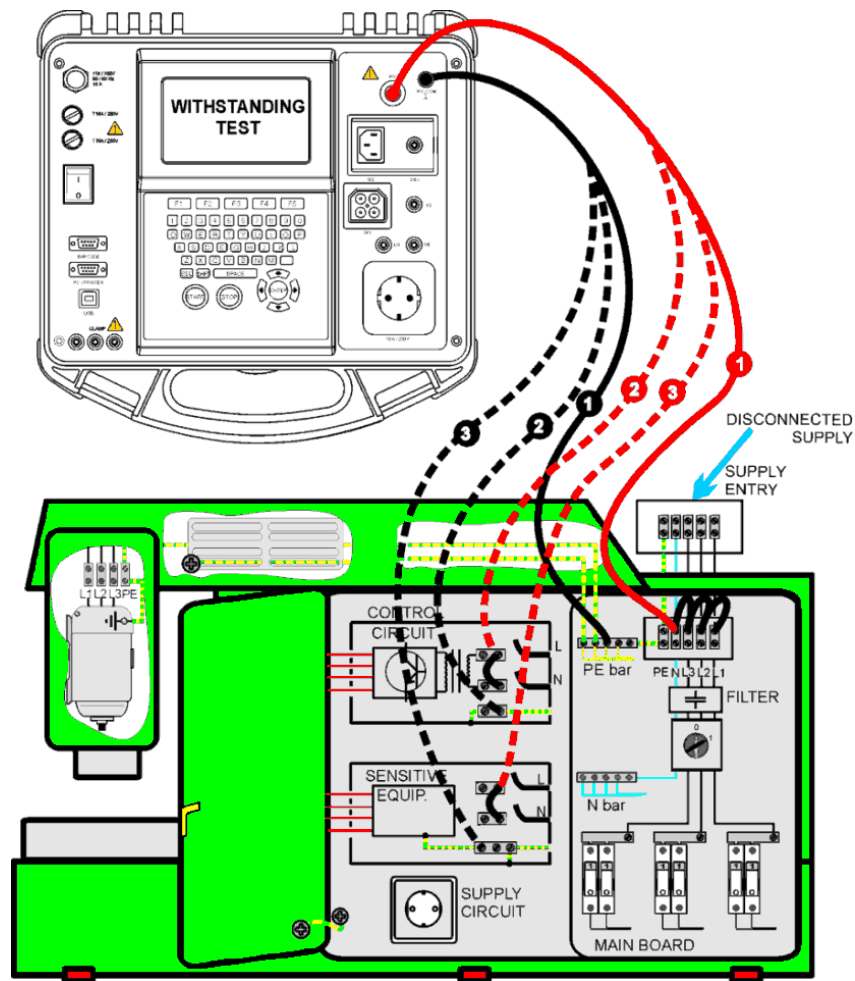
Zkouška je vyhovující, pokud během přiložení napětí nedojde k průrazu nebo k vybavení nadproudové ochrany.

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 rozvaděče
- vzájemně propojené živé a neživé části uvnitř rozvaděče, 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 rozvaděče
- neživé části nesmí být během zkoušky uzemněny nebo připojeny k jinému obvodu



Obr. 2 – Zkouška izolací přiložením výdržného napětí průmyslového kmitočtu

2.3 Impulzní výdržné napětí – kap. 10.9.3

Zkouškou se ověřuje, že vzdušné vzdálenosti mezi živými a neživými částmi, případně 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 průmyslového kmitočtu AC nebo DC

Velikost napěťových rázů se stanovuje podle tabulek G1 a 10 normy. Z tabulky 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 tabulky 10 se pak 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 V / 400 V, jsou uvedeny v tab. 3.

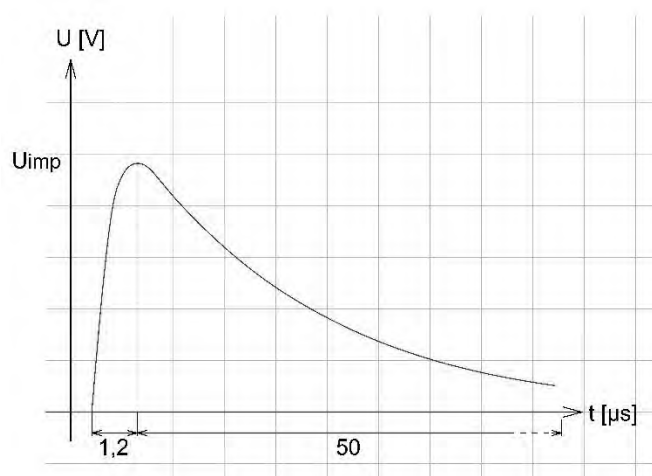
Tab. 3 – Zkušební impulzní výdržné napětí pro rozváděče se jmenovitým pracovním napětím do 300 V proti zemi

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.	1000 m n.m.
4000 V (CAT III)	4800 V / 3400 V	4700 V / 3300 V	4400 V / 3100 V
6000 V (CAT IV)	7200 V / 5100 V	7000 V / 5000 V	6700 V / 4700 V

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.

Jako alternativní možnost norma ČSN EN 61439-1 ed.2 připouští provedení zkoušky napětím průmyslového kmitočtu 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.



Obr. 3 – Tvar vlny zkušebního impulzního výdržného napětí

Měření se provede mezi:

- navzájem spojenými živými částmi hlavního obvodu a neživými částmi
- jednotlivými živými částmi hlavního obvodu a
 - neživými částmi spojenými navzájem
 - ostatními živými částmi hlavního obvodu s odlišným potenciálem
- každým řídicím a pomocným obvodem nespojeným s hlavním obvodem a
 - neživou částí

- hlavním obvodom
- jinými obvody

Zkouška je vyhovující, pokud během přiložení napětí nedojde k průrazu (nadproudová ochrana zkušebního přístroje nesmí vybavit).

Zkoušku impulzním výdržným napětím lze nahradit měřením vzdáleností případně (při typové zkoušce) jejich ověřením v konstrukčních výkresech. Minimální vzdušné vzdálenosti pro rozváděč lze stanovit z tabulky 1 normy, přičemž v případě typové zkoušky (ověřování návrhu) musí být vzdálenosti minimálně 1,5 x 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 V / 400 V se při kusových zkouškách jedná o následující 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 provádí na každém rozváděči během výroby nebo po vyrobení. Nemusí se provádět na přístrojích a samostatných součástech vestavěných do rozváděče, pokud 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 vestavěných součástí
- Vnitřní elektrické obvody a spoje
- Svorky pro připojení vnějších vodičů
- Mechanická funkce
- Dielektrické vlastnosti
- Zapojení, pracovní charakteristiky a funkce

3.1.1 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.

3.1.2 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.

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

3.1.3 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 PE vodiče od svorky pro připojení vnějšího PE vodiče k vodivým neživým částem, především ke svorkám a svorkovnicím pro připojení PE vodiče uvnitř rozváděče, ověřila mimo prohlídky i měřením podle kap. 2.1 (kap. 10.5.2 normy). Nekvalitní propojení PE obvodu v rozváděči totiž negativně ovlivní zemní spojení PE obvodu v části nebo i v celé elektrické instalaci za rozváděčem.

3.1.4 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.).

3.1.5 Dielektrické vlastnosti – kap. 11.9

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

U rozváděčů s ochranou přívodu do 250 A se ověření vlastností izolací může provést měřením izolačního odporu napětím DC 500 V. Velikost izolačního odporu musí být **minimálně 1000 Ω /V** vztaženo k pracovnímu napětí obvodu proti zemi.

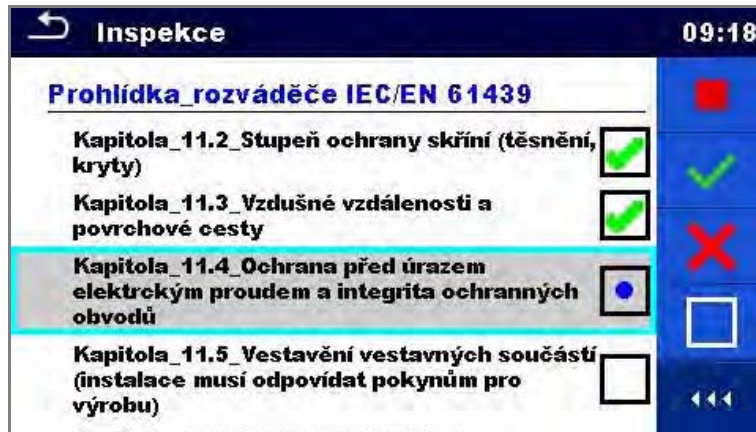
3.1.6 Zapojení, pracovní charakteristiky, funkce – kap. 11.10

Prověří se značení a informace na rozvaděči. Zkontrolují se elektrické funkce rozváděče.

3.2 Příklad kusové zkoušky přístrojem MI 3394 CE MULTITESTER XA

3.2.1 Ověření konstrukce a technických parametrů prohlídkou

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

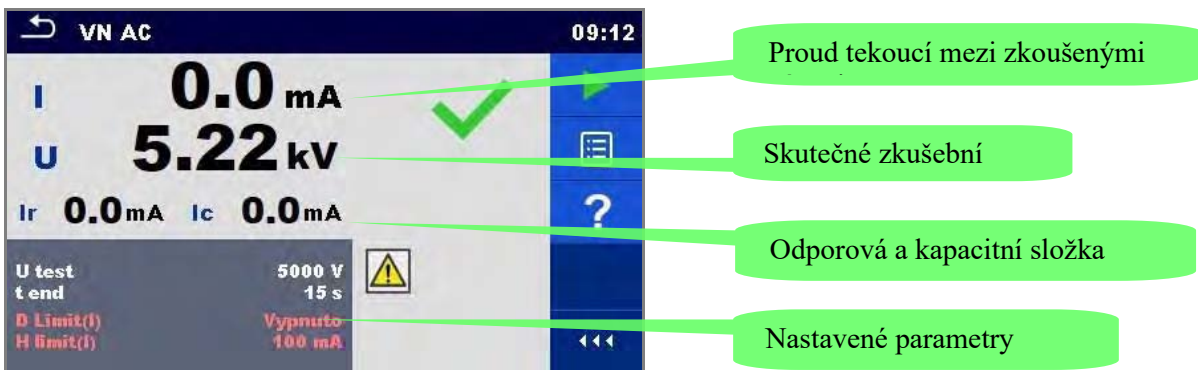


Obr. 4 – Výsledky prohlídky rozváděče

3.2.2 Ověření vzdušných a povrchových vzdáleností pomocí napětí průmyslového kmitočtu

Přístroj MI 3394 neumožňuje měření impulzního výdržného napětí průběhem napěťové vlny 1,2 / 50 μ s. Proto se pro ověření dostatečných vzdáleností použije alternativní zkouška zdrojem napětí průmyslového kmitočtu AC nebo DC. Podle kategorie přepětí a jmenovitého pracovního napětí se nastaví parametry měření. Pro výše uvedený rozváděč je to zkušební napětí AC 5000 V, doba přiložení napětí minimálně 15 s a proud pro odpojení při průrazu 100 mA (viz obr. 5).

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.



Obr. 5 – Ověření vzdušných a povrchových vzdáleností

3.2.3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem a integrita obvodů

Provede se zkouška spojitosti PE obvodu rozváděče proudem 10 A. Lze nastavit i mezní hodnotu odporu pro vyhodnocení zkoušky, tedy $0,1 \Omega$ podle obr. 6. Pro přesné měření lze využít čtyřvodičovou metodu měření.



Obr. 6 – Ověření spojitosti PE obvodu

3.2.4 Dielektrické vlastnosti

Pro ověření dielektrických vlastností izolací se provede zkouška výdržným napětím průmyslového kmitočtu 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 V / 400 V je AC 1890 V. příklad nastavení parametrů měření je na obr. 7.



Obr. 7 – Měření impulzního výdržného napětí



Obr. 8 – Sestava prístroje MI 3394 s VN měřicími hroty

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 STN EN 60 204 – 1 nebo spotřebičů (STN 33 1600 a STN 33 1610) a možnost programování měřících autosekvencí jej předurčuje pro použití ve výstupní kontrole při výrobě nejrůznějších elektrických výrobků.

Přístroj se dodává 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 potom využít modul A 1460, který součástí sady MI 3394 Line set.

Vybrané měřicí funkce vhodné pro zkoušky rozváděčů:

- VN AC: 0 V ÷ 5,25 kV / > 200 mA (alternativní zkouška k impulznímu výdržnému napětí)
- VN AC programovatelné: 0 V ÷ 5,25 kV / > 200 mA (výdržné napětí průmyslového kmitočtu)
- VN DC: 0 V ÷ 6,3 kV (alternativní zkouška k impulznímu výdržnému napětí)
- VN DC programovatelné: 0 V ÷ 6,3 kV (výdržné napětí průmyslového kmitočtu)
- Měření odporu: 0,00 Ω ÷ 999 Ω / 200 mA, 10 A, 25 A (integrita obvodů)
- Izolační odpor: 0,00 M Ω ÷ 199,9 M Ω / 50, 100, 250, 500, 1000 V

Další vlastnosti:

- Unikající a dotykové proudy (proud PE vodičem, rozdílový proud, náhradní proud)
- Výkony, proudy, napětí, účinník, harmonické zkreslení

- Vybíjecí čas
- Možnost programování autosekvencí (měřicích postupů) pro použití při výstupní výrobní kontrole



Obr. 8 – MI 3394 CE MultiTester XA

4.2 Jednoúčelové přístroje

Jednoúčelové přístroje umožňují provádět jen některé zkoušky popisované v normě STN EN 61439-1: 2012-8. V určitých případech to však pro kusové zkoušky rozváděčů může stačit.

Pro měření spojitosti PE obvodu rozváděče (integrita obvodů) lze využít jednoúčelový ohmmetr ALF 10. Z důležitých technických parametrů lze uvést:

- Měřicí proud: $> 10 \text{ A (AC)}$
- Měřicí rozsah: $0,00 \text{ } \Omega \div 1,50 \text{ } \Omega$



Obr. 9 – 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 STN EN 61439-1: 2012-8, 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.

ILLKO, s.r.o., Blansko

Ing. Leoš Koupy

[*l.koupy@illko.cz*](mailto:l.koupy@illko.cz)

+420 516 417 355