



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

**PRODLUŽOVACÍ KABEL JAKO TESTER IMPEDANCE
V NN ROZVODECH**

David Herbst, Jiří Šůna

SPŠ a VOŠ Kladno
Jana Palacha 1840, Kladno

Anotace: V tomto projektu jsme se rozhodli navázat na práci z roku 2016 s názvem Tester impedance vypínací smyčky nulového vodiče; a to jeho zdokonalením a vytvořením dvou variant. První variantou ve formě prodlužovacího kabelu, který též plní funkci jako tester impedance v nn rozvodech. Druhou variantou ve formě autonomního testeru, který automaticky krátkodobě připojuje zátěž k nn obvodu a vyhodnocuje velikost impedance. Smyslem této práce je zamezení a předcházení co nejjednodušším a nejlevnějším způsobem požáru na elektrických rozvodech vlivem poruch na instalaci či vadnými spotřebiči.

Klíčová slova: požár, měření, nulový vodič, impedance

Poděkování

Bc. Jánů Hýblovi za korektury a celkovou organizaci, Ing. Jaroslavů Mlejnkovi za odborné vedení projektu, Mgr. Liboru Pospíšilovi za vstřícný přístup a poskytnutí statistiky požárů vlivem vadné elektroinstalace, Mgr. Petře Kutové za korekturu textu. Společnosti Progredior Kybernétés s.r.o. za odbornou a materiální pomoc.



Obsah

1	Úvod.....	5
2	Co je to impedanční smyčka.....	5
2.1	Výpočet impedance impedanční smyčky.....	5
2.2	Princip a měření impedance poruchové smyčky.....	6
3	Profesionální přístroje na měření impedanční smyčky.....	8
3.1	PU 195.....	8
3.2	A 1143-EURO Z 290A.....	8
3.3	IL 1720 - Zerotest pro.....	9
3.4	MI 3122 - Smartec Z line -.loop	10
4	Statistika požárů vlivem závad na elektrických rozvodech a zařízeních.....	10
5	Snímače impedanční smyčky.....	11
5.1	Požadavky.....	11
5.2	Tester jako prodlužovací kabel.....	11
5.3	Autonomní tester.....	13
6	Srovnání profesionálních měřících přístrojů a snímače impedanční smyčky.....	15
7	Závěr.....	15
	Zdroje.....	15

1. Úvod

Profesionální přístroje na měření impedance vypínací smyčky mají vysokou cenu, řádově několik desítek tisíc korun a jejich obsluha vyžaduje odborné znalosti. Vytvořením jednoduchého testeru, v tomto případě ve formě prodlužovacího kabelu či autonomního levného testeru, chceme touto cestou co nejvíce eliminovat nebezpečí požáru vlivem poruch na elektrických rozvodech či spotřebičích.

2. Co je to impedanční smyčka

Z hlediska elektrotechniky se jedná o komplexní veličinu odporu, která se skládá z činného odporu a reaktance. Má význam při posouzení ochrany samočinným odpojením od zdroje, kdy tato impedance musí podle Ohmova zákona při zkratu vyvolat proud tak velký, aby jistící prvek (pojistka, jistič) vypnul v čase kratším, než nařizuje norma. Impedanční smyčkou se rozumí obvod, jehož součástí je vedení ke spotřebiči, spínací a jistící prvky a sekundární vinutí transformátoru, tedy části obvodu, kterými protéká poruchový proud. Pro zpětné vedení proudu ke zdroji se uvažuje ochranný vodič (smyčka L-PE).

1.1 Výpočet impedance impedanční smyčky

Od r. 1996 až do r. 2000 platila ČSN 33 2000-4-41. Tato ČSN uvádí upravený výpočet: I_a je vypínací proud zajišťující samočinné působení odpojovacího prvku (pojistky, jističe) ve stanovené době. Pro pojistky závitové a výkonové je vypínací proud různý, a proto je I_a proměnlivé. Hodnoty těchto vypínacích proudů jsou uvedeny v ampér sekundové charakteristice vypínacího prvku.

Vypínací proud I_a jističů s charakteristikou B, C, D jsou dány násobkem I_n jističe a jsou pro čas 5 s a 0,4 s stejné.

Vlastní vypínací proud pro charakteristiku B je dán velikostí jističe I_n a konstantou hodnoty 5, tedy $I_a = 5I_n$.

Vlastní vypínací proud pro charakteristiku C je dán velikostí I_n a konstantou 10, tedy $I_a = 10I_n$.

Vlastní vypínací proud pro charakteristiku D je dán velikostí jističe I_n a konstantou hodnoty 20, tedy $I_a = 20I_n$.

Ukázkový výpočet podle ČSN 33 2000-4-41 platný od roku 1996 do roku 2000 pro vybraný jistič s $I_n = 10A$ s charakteristikou B:

$$\bullet I_a = I_n \cdot 5 = 10 \cdot 5 = 50$$

$$\bullet Z_s = U_o / I_a = 230 / 50 = 4,6 \Omega$$

V únoru vyšla ČSN 33 2000-4-41 nově, kdy ve výpočtech zavádí výpočtový koeficient „kv“ a koeficient měření „km“. Pro výpočet se uvažuje s nárůstem odporu a impedanci budeme označovat Z_{sv} , která je $1,5 \times Z_s$. Uvažuje se též vlivem nárůstu teploty s poklesem napětí na vstupní straně obvodu na $0,8 \times U_o$. Ukázkový výpočet podle ČSN 33 2000-34-41 platný od roku 2000:

$$\bullet Z_{sv} = 0,8 \times U_o / 1,5 \times I_a = 0,533 \times U_o / I_a, \quad k_v = 0,533$$

• Pro měření se uvažuje pouze zvýšení impedance na $1,5 \times Z_s$ – tuto impedanci budeme označovat Z_{sm}

$$\bullet Z_{sm} = U_o / 1,5 \times I_a = 0,66 U_o / I_a \quad k_m = 0,66$$

• Jistič $I_n = 10A$ s charakteristikou B

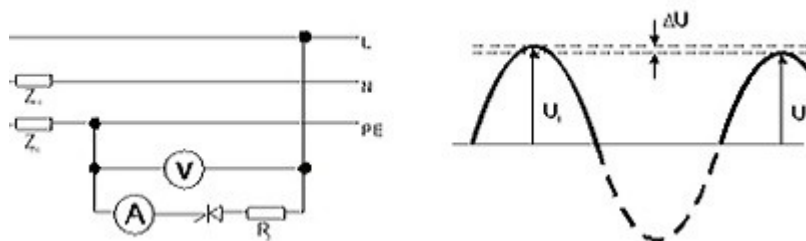
$$\bullet I_a = I_n \cdot 5 = 10 \cdot 5 = 50$$

$$\bullet Z_{sv} = 0,533 \cdot U_o / I_a = 0,533 \cdot 230 / 50 = 2,45 \Omega$$

$$\bullet Z_{sm} = 0,66 \cdot U_o / I_a = 0,66 \cdot 230 / 50 = 3,03 \Omega$$

1.1 Princip a měření impedance poruchové smyčky

Princip měření impedance smyčky je ve všech měřicích přístrojích použit stejný. Měřič impedance je připojen mezi fázový vodič L a vodič PE (případně mezi L a N). Po zahájení měření přístroj změří nejprve napětí zdroje naprázdno U_1 . Potom do obvodu připojí zatěžovací odpor R_z , kterým proteče měřicí proud I a zároveň změří napětí U_2 v obvodu při zatížení. Rozdíl $U_1 - U_2$ je úbytek napětí na měřené impedanci Z při průtoku proudu I a přístroj vyhodnotí impedanci jako $Z = (U_1 - U_2) / I$.



Obr. 1 Princip měření impedance poruchové smyčky

Vzhledem k tomu, že pro měření úbytku napětí na impedanci je nutno provést dvě po sobě jdoucí měření napětí v síti, je zřejmé, že na výsledek měření má značný vliv jakákoliv nestabilita síťového napětí, zkreslení jeho sinusového průběhu nebo rušení v síti.

Nejstarší měřicí přístroje řešily problém eliminace rušivých vlivů v síti tím, že měření probíhalo delší dobu. Tento postup měl ale negativní vliv na zachování bezpečnosti při měření, neboť během měření je fázové napětí připojeno na ochranný vodič, a pokud jeho impedance není dostatečně malá, objeví se na neživých částech spotřebičů připojených k síti nebezpečné napětí.

Moderní přístroje musí být proto konstruovány tak, aby neustále kontrolovaly během měření dotykové napětí na PE vodiči a automaticky přerušily měření, dosáhne-li nebezpečné hodnoty. Nebo měření musí probíhat jen po tak krátkou dobu, že i při výskytu nebezpečného dotykového napětí v PE obvodu nemůže dojít k úrazu elektrickým proudem. Tento druhý způsob je u současných měřicích přístrojů převládající.

Pro měření je optimální vysoký proud, ovšem zvyšování měřicího proudu (pro větší přesnost měření) naráží na omezení v měřicím přístroji (zvětšování rozměrů zatěžovacího odporu, odvod vznikajícího tepla, apod.). Dobu měření zase nelze prodlužovat z důvodů zajištění bezpečnosti při měření.

Jsou-li v elektrické instalaci použity proudové chrániče, potom měřicí proud, který je pro chránič poruchovým proudem, způsobí jeho vybavení, a tím je měření znemožněno. Řešením, které se nabízí, je snížení měřicího proudu na takovou úroveň, kdy ještě nedojde k vybavení chrániče. To ovšem vede ke značnému zhoršení přesnosti měření.

1. Profesionální přístroje na měření velikosti impedanční smyčky

1.1 PU 195



PU 195

Sdílet na Facebooku Poslat přátelům

Sdružený revizní přístroj pro revize elektrických in

32 254 Kč s DPH Množství: 1

PU 195 - Sdružený revizní přístroj - revize elektrických instalací PU 195

Soubory ke stažení

PU 195 (CZ návod)

ZVĚŠTIT

Obr. 2a Měřicí přístroj PU 195

Měření impedancí smyček:

- impedance ochranné smyčky Z S: 0,40 až 19,99 Ω , $\pm(5\%MH + 10D)$
- vnitřní impedance sítě Z I: 0,40 až 19,99 Ω , $\pm(5\%MH + 10D)$
- impedance ochranné smyčky ZS za chráničem 300 mA: 4,0 až 199,9 Ω , $\pm(5\%MH + 10D)$
- impedance ochranné smyčky ZS za chráničem 30 mA: 50 až 1999 Ω , $\pm(5\%MH + 15D)$

Obr. 2b Charakteristiky měřicího přístroje PU 195

1.1 A1143 – EURO Z290A



A 1143 - Euro Z 290 A

Velmi přesný digitální měřič impedance smyčky a sítě.

Výrobce: Metrel®

Detail produktu Technické parametry Rozsah dodávky Volitelné příslušenství Ke stažení E-shop

Cena za jednotku s DPH: **32053 Kč**

Skutečná impedance smyčky a sítě

Rozsah měření / pracovní chyba měření	0,0 ÷ 199,9 mΩ / ± (7% z MH + 3 mΩ)* 200 ÷ 1999 mΩ / ± (7% z MH + 3 mΩ)* 2,00 ÷ 19,99 Ω ± (7% z MH + 0,01 Ω)*
Jmenovitý rozsah dle ČSN EN 61557	13,1 mΩ ÷ 19,99 Ω
Rozsah napětí	90 ÷ 530 V / 50 Hz
Měřicí proud při napětí 230 V / 400 V	154 A / 267 A (10 ms)

Obr. 3 Měřicí přístroj A1143

1.1 IL1720 – Zerotest pro



IL 1720 - ZEROTESTpro

Digitální měřič impedance poruchové smyčky a sítě.

Výrobce: ILLKO, s.r.o.

Detail produktu	Technické parametry	Rozsah dodávky	Volitelné příslušenství	Ke stažení	E-shop
-----------------	---------------------	----------------	-------------------------	------------	--------

Cena za jednotku s DPH: **7502 Kč**

Impedance poruchové smyčky

Rozsah měření	0,00 ÷ 4,99 Ω 5,0 ÷ 49,9 Ω 50 ÷ 200 Ω
Jmenovitý rozsah dle ČSN EN 61557	0,27 ÷ 200 Ω
Základní chyba měření (0,00 ÷ 4,99 Ω) (5,0 ÷ 49,9 Ω) (50 ÷ 200 Ω)	± (3% z MH + 5 D)* ± (3% z MH + 3 D)* ± 3% z MH*
Pracovní chyba měření (0,00 ÷ 4,99 Ω) (5,0 ÷ 49,9 Ω) (50 ÷ 200 Ω)	± (4% z MH + 7 D)* ± (4% z MH + 4 D)* ± 4% z MH*
Zatěžovací odpor	50 Ω, proměnný počet pulsů 10 ms

Impedance poruchové smyčky bez vybavení proudového chrániče

Rozsah měření	0,0 ÷ 4,9 Ω 5 ÷ 200 Ω
Jmenovitý rozsah dle ČSN EN 61557	0,8 ÷ 200 Ω
Základní chyba měření (0,0 ÷ 4,9 Ω) (5 ÷ 200 Ω)	± (5% z MH + 2 D)* ± 7% z MH*
Pracovní chyba měření (0,0 ÷ 4,9 Ω) (5 ÷ 200 Ω)	± (6% z MH + 2 D)* ± 8% z MH*
Zatěžovací odpor	50 Ω, proměnný počet a šířka pulsů

Obr. 4 Měřicí přístroj IL1720 a jeho charakteristiky

1.1 MI3122 – Smartec Z line-Loop



MI 3122 - SMARTEC Z Line-Loop RCD

Špičkový přístroj umožňující měřit impedanci smyčky, impedanci sítě a proudové chrániče.
Výrobce: Metrel®

Detail produktu	Technické parametry	Rozsah dodávky	Volitelné příslušenství	Ke stažení	E-shop
-----------------	---------------------	----------------	-------------------------	------------	--------

Cena za jednotku s DPH: 13903 Kč

Skutečná impedance poruchové smyčky a zkratový proud

Rozsah [Ω]	0,00 ÷ 9,99 10,0 ÷ 99,9 100 ÷ 999 1,00k ÷ 9,99k
Chyba měření Z	± (5% z MH + 5 D)* až ± 10% z MH
Rozsah zkrat. proudu	0,00 A ÷ 23,0 kA
Rozsah napětí/kmitočtu	30 ÷ 500 V / 45÷ 65 Hz

Měřicí proud 6,5 A / 10 ms (při 230 V)

Skutečná impedance poruchové smyčky a zkratový proud - měření bez vybavení proudového chrániče

Rozsah [Ω]	0,00 ÷ 9,99 10,0 ÷ 99,9 100 ÷ 999 1,00k ÷ 9,99k
Chyba měření Z	± (5% z MH + 10 D)* až ± 10% z MH
Rozsah zkrat. proudu	0,00 A ÷ 23,0 kA
Rozsah napětí/kmitočtu	30 ÷ 500 V / 45÷ 65 Hz

Obr. 5 Měřicí přístroj MI3122 a jeho charakteristiky

1.Statistika požárů vlivem závad na elektrických rozvodech a zařízeních

Velmi ochotně se nám věnoval Mgr. Libor Pospíšil, který nám předal statistiku požárů v Středočeském kraji v období od 1.1 2010 do 31. 12. 2016 (Tab. 2). Z ní vyplývá, že v tomto období vznikly požáry iniciovány rozvaděči a vnitřními elektrickými rozvody celkem v 291 případech, iniciace elektrickými spotřebiči celkem činila 365 případů. Z této velké četnosti plyne nutnost starat se o kvalitu vnitřních rozvodů elektrické sítě, zejména průběžné kontroly impedance vypínací smyčky.

Iniciace zařízením dle iniciátoru požáru

Období od : 1.1.2010 do: 31.12.2016

Iniciace zařízením	Nezjištěno, nešetřeno	Elektrický iniciátor	Jiskry, Zhavé částice	Povrchové a sálavé teplo	Sváření, rezání, rozehřívání, lepení	Samovznícení	Otevřený plamen
ELEKTRICKE ROZVODY A ZDROJE MIMO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY A STROJE							
měřiče elektrického napětí	7	74	0	0	0	0	0
výkonové pojistky	3	10	0	1	0	0	0
spínače	2	51	0	0	0	0	0
rozvaděče	2	99	0	0	0	0	0
vnitřní rozvod	0	151	0	1	0	0	1
vnější rozvod	9	71	0	3	0	0	0
Náhradní zdroje-elektrocentrály	0	2	2	2	0	0	0
akumulátory ,zdroje	1	52	0	3	0	0	0
jiné	8	45	1	5	0	4	68
ELEKTRICKE SPOTREBICE MIMO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY A PRACOVNÍ STROJE							
k vytápění a vaření	36	57	92	279	0	2	40
k praní, žehlení, ohřívání, mytí	0	66	0	12	0	0	1
k ochlazování	0	44	0	4	0	0	1
k osvětlování	1	81	0	32	0	0	9
televize, rozhlas, video	1	37	0	0	0	0	0
ke sváření a pájení	5	8	35	17	29	0	8
točivé stroje /mimo kód. skupiny 27/	1	12	3	5	0	1	0
spotřebiče s pohonem NN	1	48	39	12	1	1	0
slaboproudá zařízení	0	5	0	1	0	0	0
počítače a kancelářské stroje	1	7	0	1	0	0	0

2. Snímače impedanční smyčky

2.1 Požadavky

Vytyčili jsme požadavky, které by naše přístroje měly splňovat:

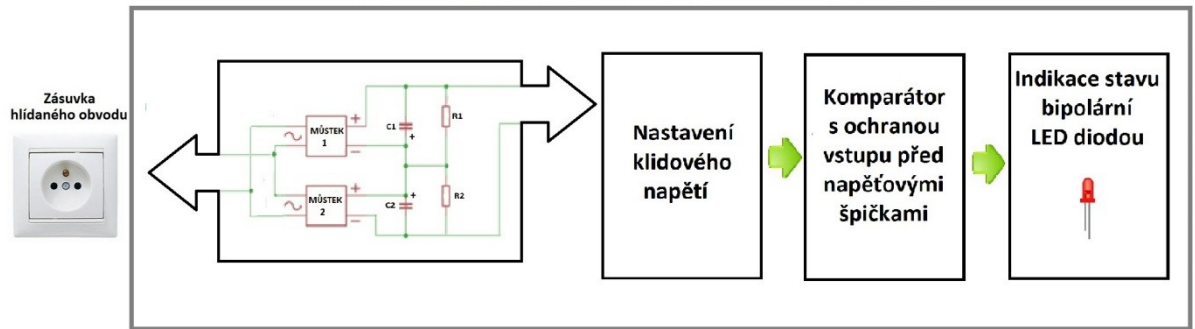
- Musí být bezpečné z hlediska obsluhy tak, aby ho mohla obsluhovat i osoba bez odborné kvalifikace.
- Musí být mobilní.
- Musí být levné z hlediska pořizovací ceny.
- Musí být použitelné i sítích TN – S se zapojeným proudovým chráničem.

1.1 Tester jako prodlužovací kabel

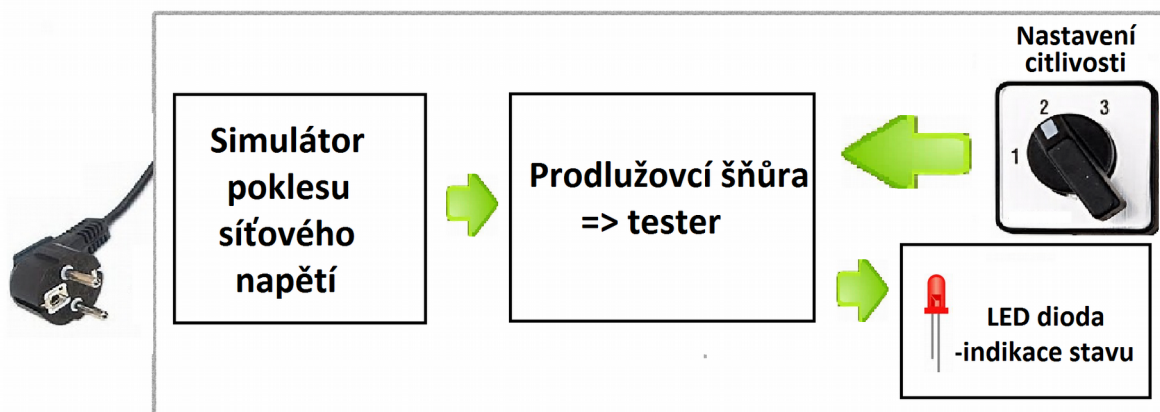
Celé zapojení včetně napájecího zdroje jsme umístili do krabice s přívodním kabelem. Tato konstrukce slouží jako prodlužovací kabel se zásuvkou a současně jako tester impedance.

Popis funkce: Napětí v síti je dvoucestně usměrněno diodovými můstky 1 a 2. Usměrněné napětí je přivedeno na jednu diagonálu odporového můstku. K dvěma rezistorům jedné větve můstku jsou paralelně připojeny kondenzátory C1 a C2. Ty zajišťují kladný derivační impuls na druhé diagonále můstku při poklesu síťového napětí. Výška impulsu je úměrná poklesu síťového napětí. Derivační impuls ovládá překlopení Schmittova klopného obvodu s operačním zesilovačem. Na výstupu klopného obvodu je zapojena bipolární LED dioda. K nastavení jsme použili simulátor poklesu síťového napětí; a to na pokles síťového napětí o 1V, 5V a 10V. Na tyto výchylky jsme nastavili odporovou dekadou překlopení Schmittova obvodu.

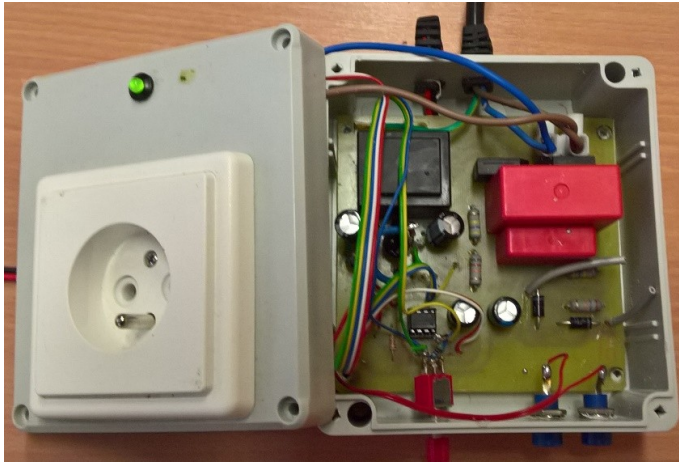
ELEKTRONICKÉ SIGNALIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ



BLOKOVÉ SCHÉMA PŘEDVÁDĚNÉHO ZAŘÍZENÍ



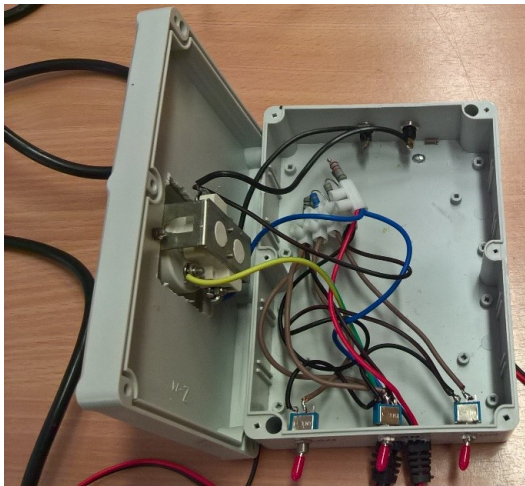
Obr. 6 Nastavení citlivosti snímače



Obr. 7 Hotový snímač



Obr. 8 Hotový snímač



Obr. 9 Simulátor poklesu síťového napětí



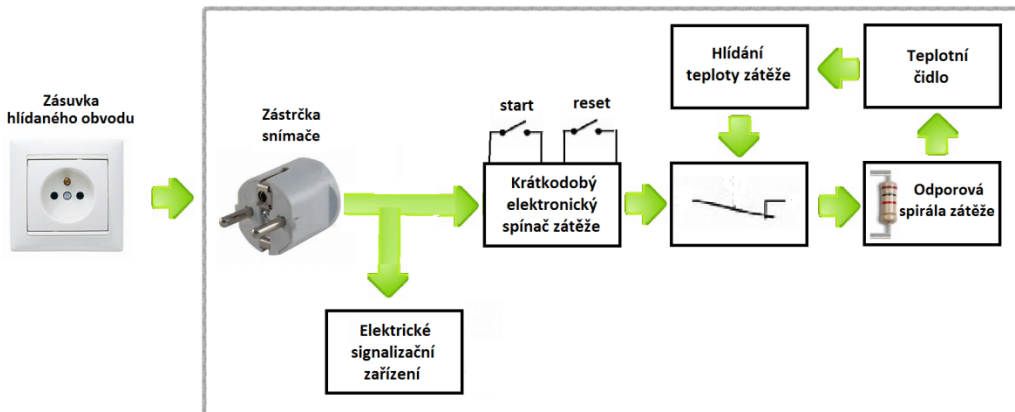
Obr.10 Simulátor poklesu síťového napětí

Zástrčka na blokovém schématu předváděného zařízení zajišťuje spojení s příslušným hlídaným síťovým obvodem. Paralelně k ní je připojena zásuvka pro spotřebič a dva vstupy usměrňovacích můstků. Na jejich výstupech jsou dva filtrační kondenzátory C1 a C2 zapojeny do série kladnými póly k sobě. Ke každému kondenzátoru jsou připojeny rezistory R1 a R2. K nim je paralelně připojen dělič s rezistory R3 a R4. Napětový impuls na rezistoru R3 je veden přes startovací tlačítko na vstup Schmittova klopného obvodu s IO typu 741. IO je napájen symetrickým napětím ± 15 V. Na vstupu IO jsou dvě ZD v bipolárním zapojení jako ochrana před velkým předpětím na vstupu IO. Na výstupu IO je zapojena obousměrná (bipolární) LED dioda indikující meze velikosti impedance vypínací smyčky. Zelená - impedance je v mezích, červená-impedance je mimo meze.

1.1 Autonomní tester

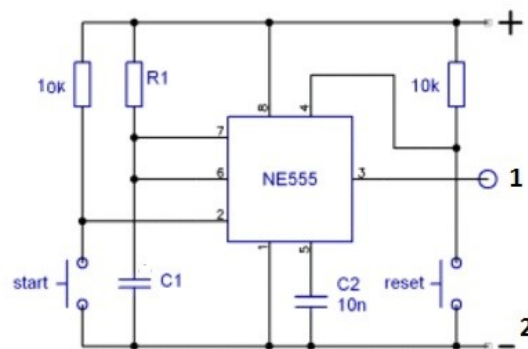
Tímto zapojením chceme zajistit, aby náš přístroj indikoval stav sítě automaticky, bez potřeby zapnutí vnějšího spotřebiče. Zátěž bude vnitřní součástí snímače a bude se automaticky zapínat jen na několik stovek ms.

BLOKOVÉ SCHÉMA AUTOMATICKÉHO SNÍMAČE IMPEDANČNÍ SMYČKY

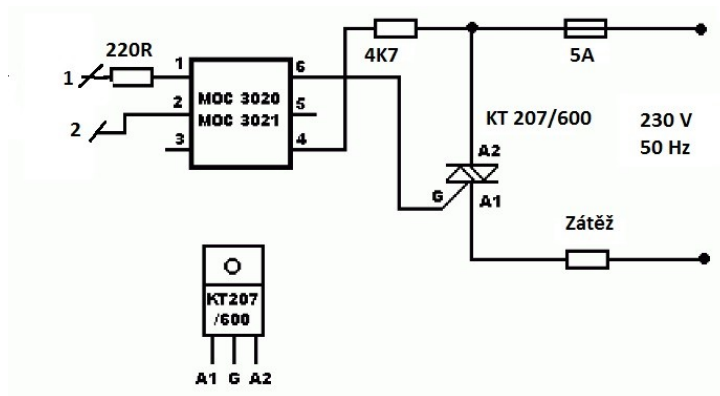


Obr. 11 Blokové schéma automatického měření impedanční smyčky

Zásuvka hlídaného obvodu a první signalizační zapojení viz zapojení obr.12a, 12b . Na zásuvku pro spotřebič viz obr.12a je zapojen krátkodobý elektronický spínač zátěže tvořený časovačem NE 555. Pravoúhlý krátkodobý impuls z výstupu 1, 2 je veden na vstup optotriaku MOC3020. Výstup z optotriaku je veden na řídicí elektrodu G výkonového triaku KT 207/600, který spíná odporovou zátěž 33 Ω /50W.



Obr.12 a Řídicí elektronika krátkodobého elektronického spínače zátěže



Obr.12b Výkonová část krátkodobého elektronického spínače zátěže

2.Srovnání profesionálních měřicích přístrojů a snímače impedance vypínací smyčky

Výhody profesionálních přístrojů:

- Velká přesnost měření; u profesionálních měřicích přístrojů dosahuje přesnosti vyšší jak 1 %.
- Větší elektronická vybavenost; elektronická záznamová paměť na dřívější naměřené údaje, údaje o maximálních hodnotách impedance pro konkrétní hodnoty zkratového proudu, připojení na počítač a další údaje.

Nevýhody profesionálních přístrojů:

- Musí ho obsluhovat jen osoba s příslušným odborným vzděláním.
- Velká cena přístroje, která dosahuje až několik desítek tisíc Kč.
- Poměrně objemný; s více doplňky umístěné v brašně.

Výhody elektronického snímače impedance vypínací smyčky:

- Jednoduchá obsluha; může ho obsluhovat osoba bez odborného vzdělání.
- Velmi malá cena přístroje; cena elektroniky včetně krabičky a zásuvky s vidlicí nepřesáhne 500 Kč.
- Mobilní lehký přístroj umístěný v malém krytu z umělé hmoty.

Nevýhody elektronického snímače impedance vypínací smyčky:

- Reaguje pouze na překročení povolené velikosti impedance vypínací smyčky a to aktivací indikační led diody.

1.Závěr

Touto prací jsme chtěli ukázat na jednu z možností průběžného sledování impedance vypínací smyčky jednoduchou a levnou metodou. Statistika výčtu požárů způsobených vadnou nebo stárnoucí elektrickou instalací ukazuje na množství oxidů uvolňovaných při

požárech. Ne menším hlediskem je úspora, která vznikne pouhým utažením všech kontaktů v síti, nebo její modernizací.

2.Zdroje

- [1]MIKOTA, Bohumil. *Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím odpojením od zdroje: (jistíci přístroje OEZ Letohrad s.r.o. ve vztahu k ČSN 33 2000-4-41 nahrazující ČSN 34 1010)*. Brno: Elektromanagement, 1996, 32 s. Elektrotechnické příručky.
- [2]ČSN 33 2000-4-41 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem*
- [3]ČSN 33 1500 *Revize elektrických zařízení*
- [4]Amarokcz. [online] Luboš Stříteský, [cit. 2016-01-2]. Dostupné z: <http://amarokcz.wz.cz/NULOMET.htm>
- [5]FROHN, Manfred. *Elektronika: polovodičové součástky a základní zapojení*. 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 479 s. ISBN 80-7300-123-3.
- [6]MALEC, Š., PEŠEK, T. *Předcházení požárů vlivem závad na elektrických rozvodech*. Sborník ENERSOL 2016.