Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

PŘEDCHÁZENÍ POŽÁRŮ VZNIKLÝCH VLIVEM ZÁVAD NA ELEKTRICKÝCH ROZVODECH

Štěpán Malec, Tomáš Pešek

SPŠ a VOŠ Kladno
Jana Palacha 1840, 272 01, Kladno

Prohlášení

Prohlašují, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty SW atd.) uvedené v seznamu vloženém v práci.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č.121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V…….dne…… podpis……

Poděkování

Děkuji Ing. Vlastimilu Eklovi za námět a cenné připomínky k projektu, Bc. Jánu Hýblovi za korektury a celkovou organizaci, Ing. Jaroslavu Mlejnkovi za odborné vedení projektu, Mgr. Liboru Pospíšilovi za vstřícný přístup a poskytnutí statistiky požárů vlivem vadné elektroinstalace, Mgr. Petře Kutové za korekturu textu.

Abstrakt

V tomto projektu jsme se rozhodli přijít na způsob, jak trvale hlídat impedanci vypínací smyčky nulového vodiče. Správná hodnota impedance zajišťuje základní ochranu samočinným odpojením od zdroje při zkratu na elektrickém spotřebiči. Při větší hodnotě impedance nedojde k vypnutí jističe a může dojít k úrazu elektrickým proudem, případně požáru. Díky nepřetržité kontrole impedance smyčky můžeme včas předejít těmto nehodám. Náš přístroj je mobilní, zkonstruován v malé krabičce připojitelné k jakékoli zásuvce hlídaného obvodu. Obsluhovat ho může osoba bez odborného vzdělání. Je též zajímavý svojí nízkou výrobní cenou.

Klíčová slova: požár, měření, nulový vodič, proud, impedance

Abstract

In this project we decided ti find the way how to monitor the impedance of fault loop of neutral conductor. The proper figure of the impedance secures zero – voltage protection during a short-circuit in electrical appliances. If the value of the impedance is higher, the circuit breaker does not release and it could lead to electrical accident or to fire.Owing to continuous monitoring of the impedance we are able to prevent those accidents.Our device is mobile, constructed in a small box connectable to any socket of watched circuit. It can be operated by person without technical education. Its low cost is also interesting.

Keywords: fire, measuring, current, neutral conductor, impedance

Obsah

1.Úvod....6
2.Co je to impedanční smyčka....6
3.Střídavé sítě NN....6
3.1 Názvosloví....6
3.2 Značení sítí....7
3.3 Síť TN-C....7
3.4 Síť TN-S....8
4.Ochrana samočinným odpojením od zdroje v síti TN....10
5.Výpočet impedance impedanční smyčky....11
6.Princip a měření impedance poruchové smyčky....12
7.Měření velikosti impedanční smyčky profesionálními přístroji....13
7.1 Nulomet....13
7.2 PU 195....14
7.3 A 1143 –EURO Z 290A....15
7.3 IL 1600 – Zeroline 60....15
7.4 IL 1720 – Zerotest pro....16
7.5 MI 3122 –Smartec Z line – loop....17
8.Statistika požárů vlivem závad na elektrických rozvodech a zařízeních....18
9.Konstrukce zařízení našeho snímače impedanční smyčky....19
9.1 Vytyčení požadavků....19
9.2 Zvolení principu....19
9.3 Schéma zapojení a popis funkce....20
9.4 Nastavení snímače....21
9.5 Vzorce potřebné k výpočtu....23
10.Srovnání profesionálních měřicích přístrojů a snímače impedance vypínací smyčky....24
11.Závěr....25
12.Zdroje....25

1. Úvod

Na toto téma nás přivedl Ing. Vlastimil Ekl, dříve učitel odborných předmětů na naší škole a současně revizní technik na elektrických zařízeních.

V současné době je na území celé České republiky mnoho starých budov. Přibývají požáry z důvodů nedodržení hodnoty impedanční smyčky nulového vodiče. I správně zvolený jistič nemusí při zkratu na elektrických spotřebičích vypnout. K zvětšení impedance nedochází najednou ale plíživě během delší doby, kdy korodují vodiče včetně spojů na svorkovnici rozvaděče. Hodnoty impedance smyčky jsou obsaženy v ČSN 32 2000-4-41 a ČSN 331510. V praxi se hodnota pohybuje kolem 2 ohmů.

Měřicí přístroje na měření impedance vypínací smyčky mají vysokou cenu, řádově několik tisíc Kč a jejich obsluha vyžaduje odborné znalosti. Proto jednoduchý přístroj, který dokáže indikovat podezřelý nebo poruchový stav je přínosem.

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)

3. Střídavé sítě NN

3.1 Názvosloví

Síť TN je síť, ve které je jeden bod bezprostředně uzemněn a neživé části chráněných zařízení jsou vodičem spojeny s tímto bodem.

Síť TN-C je síť TN, ve které vodič PEN plní současně funkci středního (pracovního) a ochranného vodiče.

Síť TN-S je síť TN, ve které jsou ochranný vodič PE a střední pracovní vodič N vedeny samostatně (odděleně)

Síť TN-C-S je síť TN, jejíž první část je provedena jako síť TN-C a druhá část od bodu rozdělení jako síť TN-S.

3.2 Značení sítí

První písmeno se vztahuje k uzlu zdroje, který může být buď izolován od země (I), nebo uzemněn (N). Druhé písmeno označuje chráněné neživé části, které mohou být uzemněny, tj. spojeny se zemí (T) pomocí ochranného vodiče s uzlem zdroje prostřednictvím ochranného vodiče (N).

U sítí TN se používají ještě další, doplňující písmena, která blíže upřesňují provedení této sítě, jde o písmena: C, vodič PEN je zároveň středním i ochranným vodičem a S, ochranný vodič PE a střední (pracovní) vodič N jsou vedeny samostatně (odděleně) od sebe.

Střední (pracovní) vodič N (světle modrý) je vodič, který je spojen se středem (uzlem) zdroje a tímto vodičem procházejí zpětné proudy od spotřebičů do uzlu zdroje.

Ochranný vodič PE, vodič PEN (kombinace barev zelená, žlutá) je určen k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím, které v případě poruchy vznikne na neživé části elektrického zařízení. Prostřednictvím ochranného vodiče se uzavře obvod poruchového proudu procházejícího ochranným prvkem (jističem), který zajistí odpojení vadné části od sítě.

Živá část je vodivá část je vodivá část elektrického zařízení, která je určena pro to, aby při obvyklém používání byla pod napětím nebo aby vedla proud (je to např. vinutí transformátoru, přípojnice rozvaděče, žíly vodičů atd.).

Neživá část je vodivá část elektrického zařízení, které se lze dotknout a která obvykle není pod napětím, na níž se však může objevit nebezpečné dotykové napětí vlivem poruchy (např. kovový kryt rozvaděče).

Nebezpečné dotykové napětí je napětí, které může způsobit úraz elektrickým proudem osobě při dotyku s neživou částí při poruše. Jeho výše závisí na druhu prostředí, v němž může k takovému dotyku dojít (ČSN 33 2000-4-41 tab. 41 – NK).

3.3 Síť TN-C

Síť TN-C využívá k vedení zpětných proudů jeden společný vodič, který se nazývá PEN. Tento vodič tedy jednak plní funkci pracovního vodiče vůči jednofázovým spotřebičům, jednak slouží pro vedení poruchových proudů při poruše. Vodič PEN (dříve nulovací vodič) je vždy spojen s uzlem zdroje.

Při přerušení vodiče PEN je porucha indikována tím, že elektrický obvod se stane nefunkčním.

Výhody:

- Instalace soustavy TN-C je ekonomicky výhodnější
- Při přerušení vodiče PEN se v určitých případech tato závada zjistí tím, že obvod není schopen provozu.

Nevýhody:

- Průchod zpětných proudů od jednofázových spotřebičů může způsobovat rušení citlivých sdělovacích zařízení
- Při přerušení vodiče PEN může vzniknout nebezpečné dotykové napětí na chráněné neživé části obr. 1
- Tato soustava bez další úpravy nedovoluje použít proudové chrániče
- Při přerušení vodiče PEN v síti TN-C může vlivem přepětí dojít k poškození připojených jednofázových spotřebičů – obr. 2

3.4 Síť TN-S

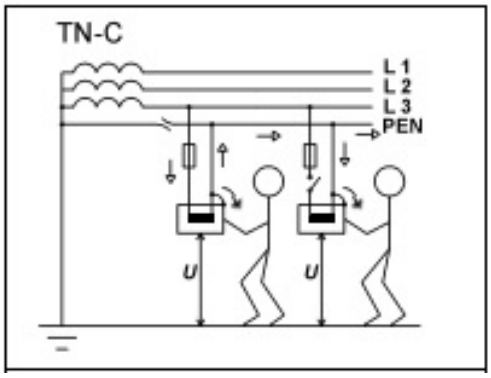
Tato soustava je řešena tak, že střední vodič N a ochranný vodič PE jsou od sebe navzájem odděleny.

Výhody:

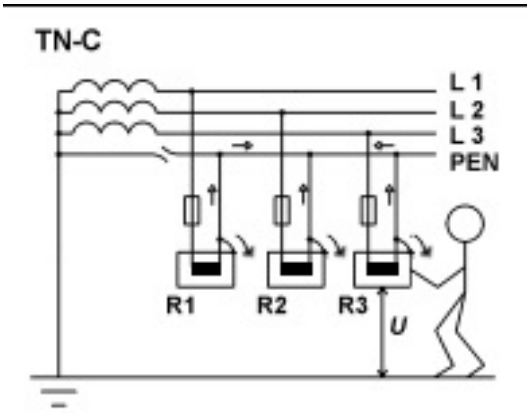
- V soustavě TN-S lze použít k ochraně neživých částí samočinným odpojením od zdroje proudové chrániče
- Nevzniká rušení citlivých sdělovacích zařízeních vlivem průchodu zpětných proudů od jednofázových spotřebičů

Nevýhody:

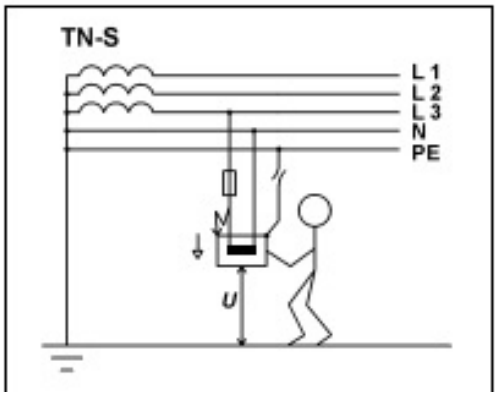
- Přerušení ochranného vodiče PE a tím i nefunkčnost ochrany před nebezpečným dotykovým napětím neživých částí není bez pravidelné revize zjistitelné – obr. 3
- Při přerušení vodiče PEN (před bodem rozdělení PE a N) vznikne nebezpečné dotykové napětí na neživé části chráněné proudovým chráničem, aniž by bylo odpojeno toto chráněné zařízení obr. 4



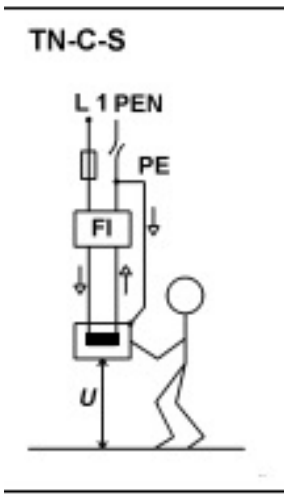
Obr. 1. Ohrožení obsluhy v síti TN-C při přerušení vodiče PEN



Obr. 2. Vznik přepětí v síti TN-C je doprovázen možným ohrožením obsluhy

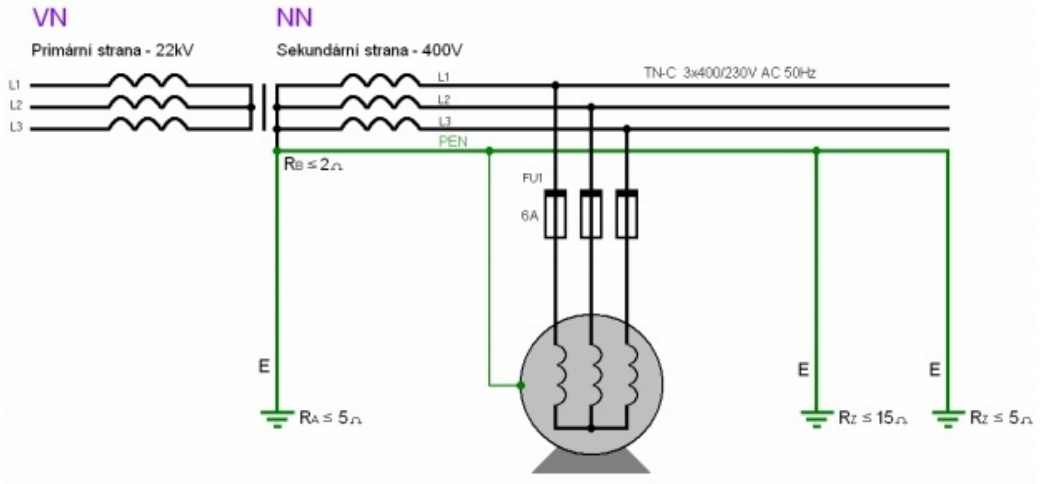


Obr. 3. Přerušení vodiče PE v síti TN-S vyřadí z funkce ochranu před nebezpečným dotykovým napětím

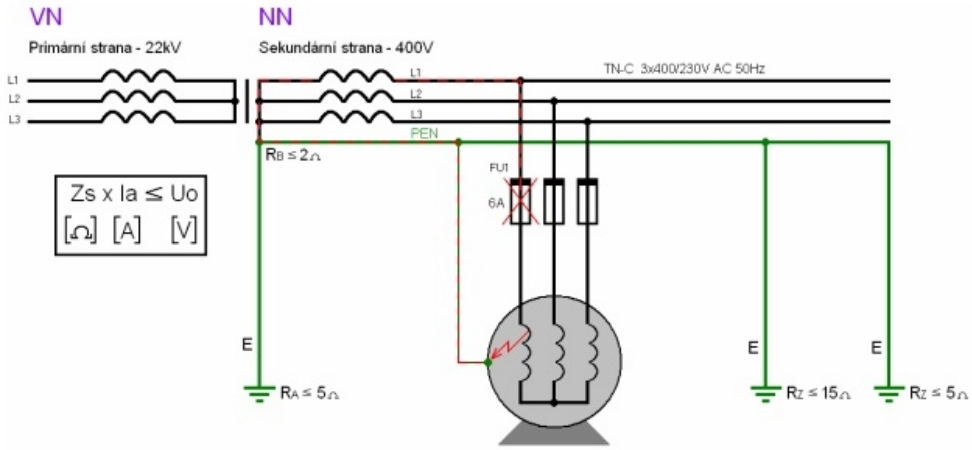


Obr. 4. Ohrožení obsluhy u obvodů chráněným proudovým chráničem

4. Ochrana samočinným odpojením od zdroje v síti TN



Obr. 5. Rz – odpor uzemnění PEN vodičů; Rs – celkový odpor všech PEN vodičů odcházejících z transformovny včetně uzemnění zdroje nesmí být větší než 2 ohmy; RA – odpor uzemnění uzlu transformátoru.



Obr. 6. ZS – impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, pracovní vodič k místu poruchy a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem; Ia – proud zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku; Uo – jmenovité střídavé napětí proti zemi.

Uo (V)	Doba odpojení (s)
230	0,4
400	0,2
nad 400	0,1

Tab. 1 Maximální doby odpojení pro sítě TN.

5. Výpočet impedance impedanční smyčky

Od r. 1996 až do r. 2000 platila ČSN 33 2000-4-41 Tato ČSN uvádí upravený výpočet a to, že Ia 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 Ia proměnlivé. Hodnoty těchto vypínacích proudů jsou uvedeny v ampér sekundové charakteristice vypínacího prvku.

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

- Vlastní vypínací proud pro charakteristiku B je dán velikostí jističe In a konstantou hdnoty 5, tedy Ia = 5In.
- Vlastní vypínací proud pro charakteristiku C je dán velikostí In a konstantou 10, tedy Ia = 10In.
- Vlastní vypínací proud pro charakteristiku D je dán velikostí jističe In a konstantou hodnoty 20, tedy Ia = 20In.

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

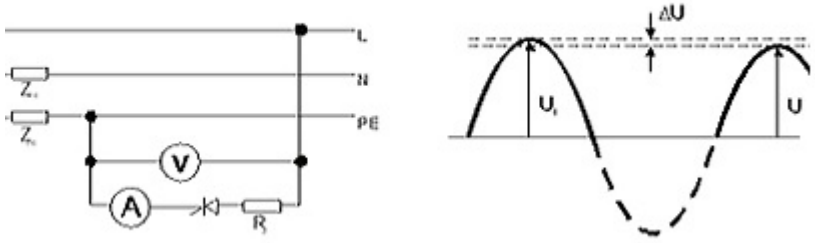
- Ia = In . 5 = 10 . 5 = 50
- ZS = Uo / Ia = 230 / 50 = 4,6 Ω

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 Zsv, která je 1,5 x Zs. Uvažuje se též vlivem nárůstu teploty s poklesem napětí na vstupní straně obvodu na 0,8 x Uo. Ukázkový výpočet podle ČSN 33 2000-34-41 platný od roku 2000:

- Zsv = 0,8 x Uo / 1,5 x Ia = 0,533 x Uo/Ia, kv = 0,533
- Pro měření se uvažuje pouze zvýšení impedance na 1,5 x Zs – tuto impedanci budeme označovat Zsm
- Zsm = Uo / 1,5 x Ia = 0,66 Uo / Ia km = 0,66
- Jistič In = 10A s charakteristikou B
- Ia = In . 5 = 10 . 5 = 50
- Zsv = 0,533 . Uo / Ia = 0,533 . 230 / 50 = 2,45 Ω
- Zsm = 0,66 . Uo / Ia = 0, 66 . 230 / 50 = 3,03 Ω

6. 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 U1. Potom do obvodu připojí zatěžovací odpor Rz, kterým proteče měřicí proud I a zároveň změří napětí U2 v obvodu při zatížení. Rozdíl U1 – U2 je úbytek napětí na měřené impedanci Z při průtoku proudu I a přístroj vyhodnotí impedanci jako Z = U1 – U2 / I.



Obr. 7 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 buď 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.

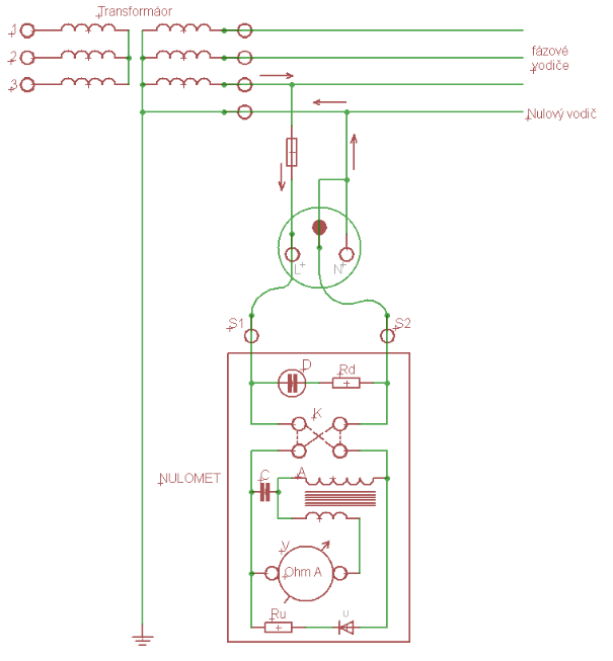
Pro měření je optimální vysoký proud ovšem zvyšování měřicího proudu (pro větší přesnost měření) naráží na omezení v měřicím přístroji (zvětšování rozměrů zatěžovacího odporu, odvod vznikajícího tepla apod.). Dobu měření zase nelze prodlužovat z důvodů zajištění bezpečnosti při měření.

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 měřícího proudu na takovou úroveň kdy ještě nedojde k vybavení chrániče. To ovšem vede ke značnému zhoršení přesnosti měření

7. Měření velikosti impedanční smyčky profesionálními přístroji

7.1 Nulomet

První základní přístroj pro měření impedanční smyčky se nazývá NULOMET vyvinutý v 60. letech minulého století Metrou Blansko. Vnitřní schematické zapojení nulometu je na obr. 8 a stupnice na obr. 9



obr. 8 Schéma přístroje nulomet

obr. 9 Stupnice přístroje nulomet

Přístroj se připojí svorkou S1 na fázový vodič a svorkou S2 na nulový vodič (po případě na ochranný kolík zásuvky nebo na nulovanou kostru spotřebiče). Proud tedy protéká od transformátoru fázovým vodičem do přístroje, kde se jednocestným usměrňovačem usměrňuje, protéká vhodnou zátěží Ru a vrací se nulovým vodičem zpět k uzlu transformátoru. Na rezistoru Ru se měří stejnosměrné napětí citlivým voltmetrem, jemuž je předřazena sériová kombinace kondenzátoru C a vinutí autotransformátoru A. Při správné volbě kapacity a vzájemné indukčnosti je prakticky na voltmetru přístroje jen malé střídavé napětí, které jen nepatrně rozkmitá ručku stejnosměrného voltmetru. Měřicí soustava reaguje jen na usměrněné napětí. Stupnice voltmetru má dělení v ohmech. Je ocejchována podle velikosti vnitřního odporu fázového vinutí transformátoru a odporu celého ochranného obvodu, t. j. celého obvodu jímž protéká při proražení izolace ve spotřebiči poruchový proud. Přístroj je doplněn doutnavkou D připojenou přes rezistor Rd na svorky S1 a S2. Doutnavka indikuje napětí v síti. Pokud by napětí v síti nebylo, voltmetr by ukazoval nulovou výchylku, což by vedlo k nesprávným závěrům. Nulomet má ještě komutátor (křížový přepínač) K, a to proto, že v síti mohou být připojeny některé spotřebiče, které samy vyrábějí stejnosměrnou složku proudu (např. usměrňovače). Na tuto složku reaguje voltmetr přístroje, což se projeví buď zvětšenou či zmenšenou výchylkou. Při přepnutí komutátoru je tomu naopak. Správnou hodnota odporu se pak zjistí z aritmetického průměru obou čtení.

7.2 PU 195

obr. 10a Měřicí přístroj PU 195

Měření impedancí smyček:

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

obr. 10b Charakteristiky měřicího přístroje PU 195

7.3 A 1143 –EURO Z 290A

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. 10c Měřicí přístroj A1143 a jeho charakteristiky

7.3 IL 1600 – Zeroline 60

IL 1600 - ZEROLINE 60

Přesný digitální měřič impedance 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: **22869 Kč**

obr. 10d Měřicí přístroj IL1600

Skutečná impedance smyčky

Rozsah měření	0,000 ÷ 1,500 Ω (měřicí proud = 30 A) 0,000 ÷ 3,000 Ω (měřicí proud = 20 A) 0,000 ÷ 5,000 Ω (měřicí proud = 10 A)
Jmenovitý rozsah dle ČSN EN 61557	0,038 ÷ 1,500 Ω (měřicí proud = 30 A) 0,040 ÷ 3,000 Ω (měřicí proud = 20 A) 0,060 ÷ 5,000 Ω (měřicí proud = 10 A)
Rozlišovací schopnost	0,001 Ω
Základní chyba měření	± (2% z MH + 8 D)* (měřicí proud = 30 A) ± (3% z MH + 8 D)* (měřicí proud = 20 A) ± (3% z MH + 10 D)*(měřicí proud = 10 A)
Pracovní chyba měření	± (3% z MH + 10 D)* (měřicí proud = 30 A) ± (4% z MH + 10 D)* (měřicí proud = 20 A) ± (4% z MH + 15 D)* (měřicí proud = 10 A)
Měřicí proud (při napětí 230 V)	nastavitelný: 10 A, 20 A, 30 A

Impedance smyčky bez vybavení proudového chrániče

Rozsah měření	0,00 ÷ 20,00 Ω
Jmenovitý rozsah dle ČSN EN 61557	0,42 ÷ 20,00 Ω
Rozlišovací schopnost	0,01 Ω
Základní chyba měření	± (5% z MH + 8 D)*
Pracovní chyba měření	± (6% z MH + 10 D)*
Měřicí proud (při napětí 230 V)	10 A

obr. 10e Charakteristiky měřicího přístroje IL1600

7.4 IL 1720 – 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. 10f Měřicí přístroj IL1720 a jeho charakteristiky

7.5 MI 3122 –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. 10g Měřicí přístroj MI3122 a jeho charakteristiky

8. Statistika požárů vlivem závad na elektrických rozvodech a zařízeních

V zájmu objektivity, zda náš sledovací přístroj impedanční smyčky má smysl, jsme navštívili Hasičský záchranný sbor Středočeského kraje, stanici Kladno, abychom zjistili statistiku požárů způsobených závadou 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 4. 1. 2016 (Tab. 2). Z ní plyne, že v tomto období požáry – iniciace rozvaděči a vnitřními elektrickými rozvody celkem v 257 případech, iniciace elektrickými spotřebiči celkem v 357 případech. Z této velké četnosti plyne nutnost starat se o kvalitu vnitřních rozvodů elektrické sítě, zejména průběžné kontroly impedance vypínací smyčky. To zejména ve starých vlhkých objektech a ve zdravotnických zařízeních. Tato kontrola je nutná nejen z hlediska nebezpečí požáru ale i z hlediska úrazu elektrickým proudem. Vhodnost jednoduchého a levného kontrolního zařízení je tedy zcela na místě.

ISV 5.0 Statistické sledování událostí — HZS Středočeského kraje

Iniciace zařízením dle iniciátoru požáru

Období od : 1.1.2010 do: 4.1.2016

Iniciace zařízením	Nezjištěno, nešetřeno	Elektrický iniciátor	Jiskry, žhavé částice	Povrchové a sálavé teplo	Sváření, řezání, rozehř., lepení	Samovz.	Otevřený pl.
ELEKTRICKÉ ROZVODY A ZDROJE MIMO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY A STROJE							
měniče elektrického napětí	7	78	0	0	0	0	0
výkonové pojistky	3	10	0	1	0	0	0
spínače	2	52	0	0	0	0	0
rozvaděče	2	102	0	0	0	0	0
vnitřní rozvod	0	158	0	1	0	0	1
vnější rozvod	9	81	0	3	1	0	0
Náhradní zdroje-elektrocentrály	0	3	2	2	0	0	0
akumulátory ,zdroje	1	55	0	3	0	0	0
jiné	8	50	1	6	0	4	68
ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE MIMO DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY A PRACOVNÍ STROJE							
k vytápění a vaření	36	60	97	294	0	2	42
k praní, žehlení, ohřívání, mytí	0	70	0	12	0	0	1
k ochlazování	0	47	0	4	0	0	1
k osvětlování	1	84	0	33	0	0	8
televize, rozhlas, video	2	38	0	0	0	0	0
ke sváření a pájení	5	10	37	18	31	0	8
točivé stroje /mimo kód. skupiny 27/	1	14	3	7	0	1	0
spotřebiče s pohonem NN	1	49	39	13	1	1	0
slaboproudá zařízení	0	6	0	1	0	0	0
počítače a kancelářské stroje	1	9	0	1	0	0	0
SPOTŘEBIČE A ZAŘÍZENÍ NA TUHÁ, KAPALNÁ A PLYNNÁ PALIVA, VČETNĚ ROZVODU PLYNU							
na tuhá paliva	53	0	226	151	0	4	11
na kapalná paliva včetně rozvodu /mimo moto	1	2	5	8	4	0	7
plynové včetně rozvodu plynu	8	5	11	38	17	0	30
instalace a rozvody	0	1	0	1	0	1	1
ROZVOD TEPLA /TEPLOVZDUŠNÝ, TEPLOVODNÍ, PARNÍ/ A KOMÍNY							
rozvod tepla /teplovzdušný, teplovodní, parní	3	3	42	121	0	0	0
ČÁSTI STROJŮ A ZAŘÍZENÍ, VČETNĚ DOPRAVNÍCH, STAVEBNÍCH KOMPRESORŮ A JINÝCH /MIMO JEDNOÚČELOVÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH/							
části strojů a zařízení, včetně dopravních	53	786	124	716	0	1	3
ZEMĚDĚLSKÉ JEDNOÚČELOVÉ STROJE A ZAŘÍZENÍ/MIMO TRAKTORY, KTERÉ SE ZATŘIĎUJÍ DO TŘÍDY 5/							
zemědělské jednoúčelové stroje a zařízení/m	12	8	78	38	0	1	0
NEZJIŠTĚNO, DÁLE NEŠETŘENO, BEZ VLIVU							
bez vlivu	1208	63	260	123	4	153	3259
nezjištěno	605	18	4	9	0	2	50
CELKEM	**2022**	**1862**	**929**	**1604**	**58**	**170**	**3490**

Tisk: 4.1.2016 12:08 Přihlášen: Pospíšil Libor Mgr. (POSPISIL) Skupina sestav: 42 Strana 1 / 1

Tab. 2 Statistika požárů v středočeském kraji v období od 1.1 2010 do 4. 1. 2016

9. Konstrukce zařízení našeho snímače impedanční smyčky

9.1 Vytyčení požadavků

Vytyčili jsme požadavky, které by náš přístroj měl splňovat:

- Musí být bezpečný z hlediska obsluhy, tak aby ho mohla obsluhovat i osoba bez odborné kvalifikace
- Musí být mobilní
- Musí být levný z hlediska pořizovací ceny
- Musí se aktivovat teprve po zapnutí spotřebiče do sledované zásuvky
- Iniciace LED diodou po překročení přípustné hranice impedance vypínací smyčky
- Musí být použitelný i sítích TN – S se zapojeným proudovým chráničem

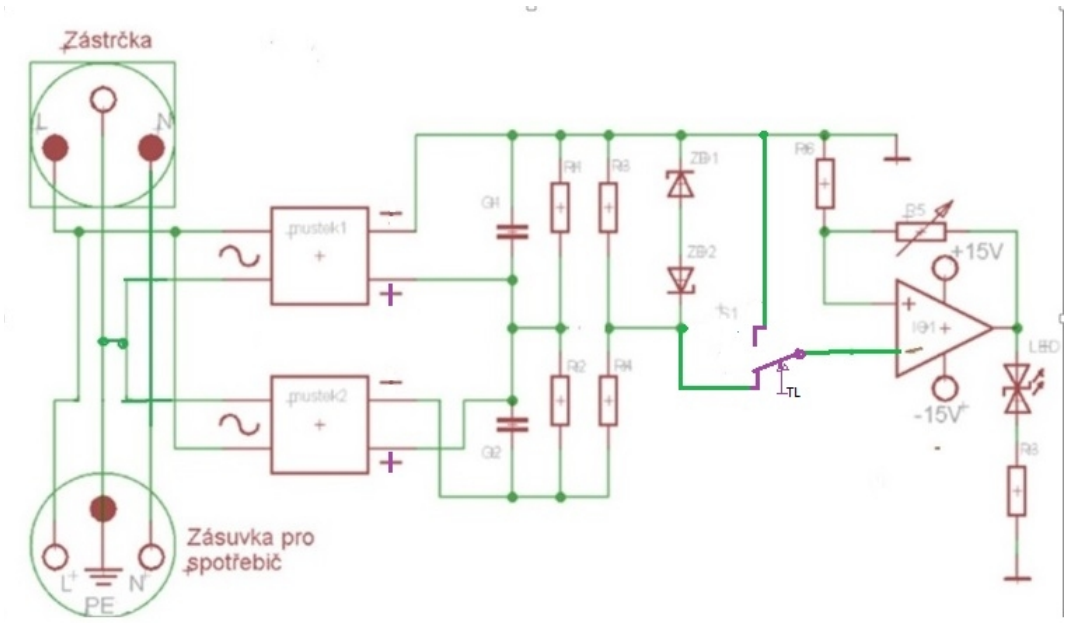
9.2 Zvolení principu

Chtěli jsme především obejít stejnosměrnou zátěž a tím eliminovat vliv spotřebičů, které sami vytvářejí stejnosměrnou složku proudu a přispívají k nepřesnosti odečtu. Na spásnou myšlenku nás přivedl výklad v elektronice, konkrétně vysvětlení principu poměrového detektoru u FM příjmu. Zde se FM modulace převádí na amplitudovou, AM signál se usměrní diodami a přivádí se na konce dvou sériově zapojených kondenzátorů, tak aby na obou volných přívodech kondenzátorů byl kladný potenciál. Pokud je na kondenzátorech stejné napětí, je výsledné napětí mezi volnými přívody nulové. Pokud je napětí různé, je výsledné napětí mezi volnými přívody rovno rozdílu napětí na jednotlivých kondenzátorech. Toto nás přivedlo k zapojení dvou usměrňovačů v můstkovém zapojení s filtračními kondenzátory na výstupu. Ty jsou zapojeny kladnými póly k sobě. Takže i když je na každém kondenzátoru v ustáleném stavu přibližně ~ 330 V, je mezi plusovými vývody kondenzátorů napětí nulové. Ke kondenzátoru C1 je paralelně připojen rezistor R1 a ke kondenzátoru C2 je paralelně připojen rezistor R2. C1 * R1 tvoří časovou konstantu T1. C2 * R2 tvoří časovou konstantu T2. Poměr časových konstant T1 : T2 jsme zvolili přibližně 10. K oběma rezistorům R1 a R2 je paralelně připojen ještě dělič s rezistory R3 a R4. Hodnota rezistorů R3 a R4 je volena tak, aby v klidovém stavu (bez zapnutí spotřebiče) bylo na rezistoru R3 napětí řádově několik V. V našem případě je na rezistoru R3 v klidovém stavu napětí nastaveno na 2,5 V. Při zapojení spotřebiče do sítě poněkud poklesne napětí v síti řádově o méně či více jak 1 volt, podle velikosti příkonu spotřebiče. To má za následek chvilkový malý pokles napětí na filtračních kondenzátorech. Velikost poklesu napětí na jednotlivých kondenzátorech C1 a C2 je

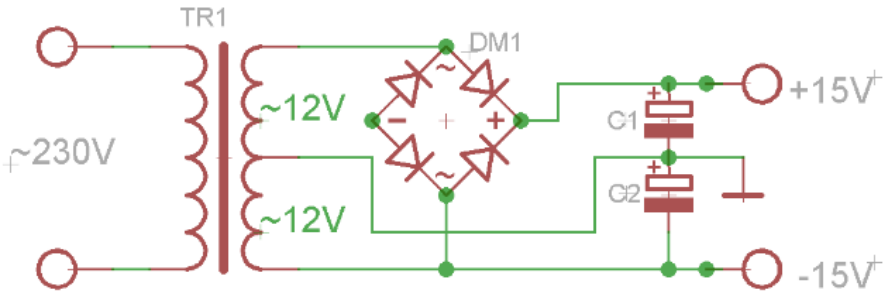
v nepřímém poměru jejich časových konstant tvořenými s rezistory R1 a R2. Chvilkový a různý pokles napětí na jednotlivých kondenzátorech C1 a C2 vede k napěťovému impulsu na rezistoru R3. Velikost napěťového impulsu je v přímém poměru s velikostí impedance vypínací smyčky.

9.3 Schéma zapojení a popis funkce

Na schématu obr. 11 je zapojení elektroniky snímací části a na schématu obr.12 napájecí část operačního zesilovače.



obr. 11 Schéma měřicího přístroje



obr. 12 Schéma napájení OZ

Zástrčka na obr. 11 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. Napěťový 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 mez.

Název	Množství	Cena za kus	Celkem
Rezistory R1 –R7	7	1,90 Kč	13,30 kč
Kondenzátor C1	1	78,50 Kč	78,50 Kč
Kondenzátor C2	1	23,90 Kč	23,90 Kč
Kondenzátory elektrolytické	2	3,60 Kč	7,20 Kč
Cuprextitová deska	1	44,00 Kč	44,00 Kč
Krabička plastová K 32	1	58 Kč	58,00 Kč
LED dioda bipolární	1	3,30 Kč	3,30 Kč
Zenerovy diody ZD1-ZD2	2	1,90 Kč	3,80 Kč
Diodové můstky 1-2	2	9,90 Kč	19,80 Kč
Diodový můstek DM1	1	4,60 Kč	4,60 Kč
Transformátor síťový 2 * 12V	1	75 Kč	75,00 Kč
Zásuvka Classic	1	75 kč	75 Kč
Vidlice síťová	1	25 Kč	25 Kč
		Celková cena	**418,10 Kč**

Tab. 3 Rozpiska součástek a rozpočet.

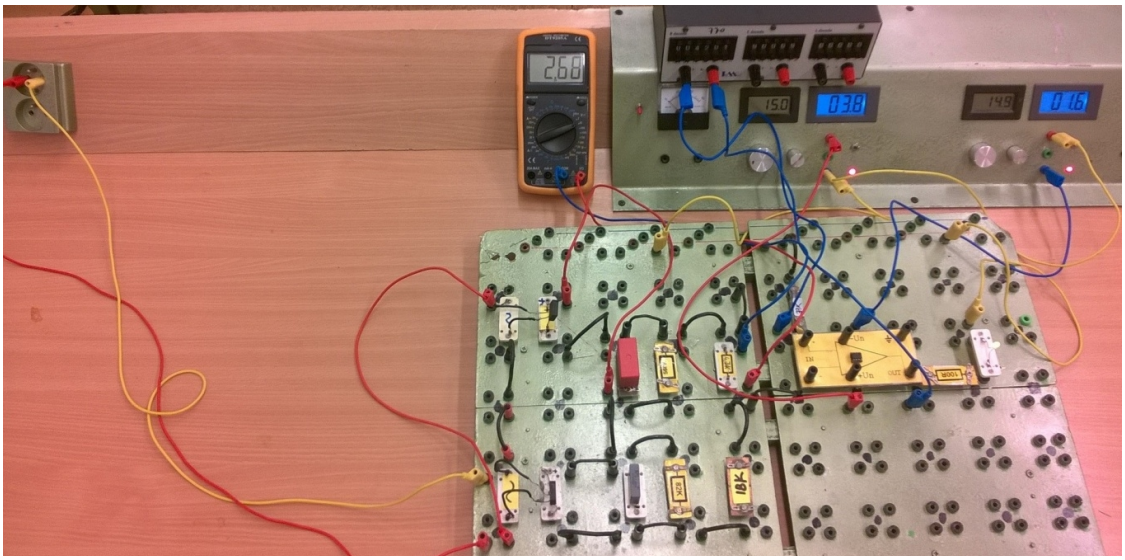
9.4 Nastavení snímače

Na obr. 13 vidíme celou sestavu elektroniky snímače na spojnicovém poli.

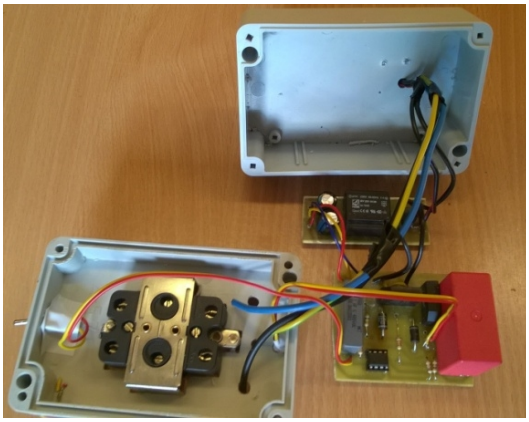
Velikost impedance je simulována na výkonovém posuvném rezistoru (reostatu). Posuvný rezistor je zapojen do přívodu fázového vodiče. Zátěž je reprezentována spotřebičem o příkonu 1,7 kW (žehlička). Rezistorem R5 nastavujeme citlivost přepnutí Schmittova klopného obvodu. Při nastavování je rezistor R5 nahrazen odporovou dekádou. Nejprve zapneme snímač do sítě, spotřebič nezapojen, posuvný rezistor je nastaven na 0,5 Ω, odporová dekáda nastavena na 40 kΩ. Na rezistoru R3 je napětí přibližně 2,5 V. Na výstupu IO je kladné napětí, LED dioda svítí zeleně. Nyní připojíme spotřebič, na rezistoru R3 se na chvíli objeví špičkové napětí 2,9 V. IO nesmí překlopit. Nyní na posuvném rezistoru nastavíme 3 Ω a opět zapojíme spotřebič. Na rezistoru R3 se objeví krátkodobá špička 3,6 V.

IO musí překlopit, LED dioda svítí červeně. Tento postup několikrát opakujeme za současného dolaďování citlivosti sepnutí IO odporovou dekádou R5. Před každým připojením spotřebiče do sítě musí být na výstupu IO kladné napětí. Proto je nutné stisknout startovací tlačítko TL před tímto připojením. Před osazením do DPS nahradíme odporovou dekádu R5 pevným rezistorem.

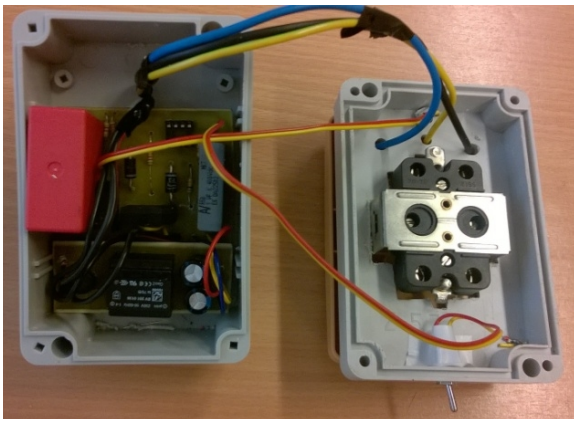
Na 14 a jsou vidět osazené desky DPS, na 15 celá sestava v krabičce, na 16 celý snímač v zásuvce sledovaného síťového obvodu, spotřebič zapojen.



obr. 13 Testování zařízení na spojnicovém poli



obr. 14 Kompletace DPS do krabičky



obr. 15 Kompletace DPS do krabičky

obr. 16 Zapojené zařízení

9.5 Vzorce potřebné k výpočtu

Vystačíme s několika málo vzorci. Prvním je velikost překlápěcího napětí na invertujícím vstupu IO (napětí na rezistoru R3) UR3 = +Uvýst*R6/R6+R5, kde +Uvýst je velikost kladného napětí na výstupu IO. Druhým je hodnota špičkového napětí na rezistoru R3 UR3 = U12*R3/R3+R4, kde U12 je hodnota špičkového napětí mezi konci kondenzátorů C1 a C2 v okamžiku zapnutí zátěže (spotřebiče). Děličem R3, R4 snižujeme potřebné překlápěcí napětí IO a zároveň s diodami ZD1 a ZD2 chráníme vstup IO. Krátkodobý pokles napětí na kondenzátoru C1 je dán časovou konstantou T1 = C1*R1. Krátkodobý pokles napětí na kondenzátoru C2 je dán časovou konstantou T2 = C2*R2. Vrcholová hodnota napětí na filtračních kondenzátorech C1 a C2 Ušp = Uef*1,41. [4] [5]

10. Srovnání profesionálních měřicích přístrojů a snímače impedance vypínací smyčky

Výhody profesionálních přístrojů

a) Velká přesnost měření, u profesionálních přístrojů dosahuje přesnosti menší jak 1%.
b) 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

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

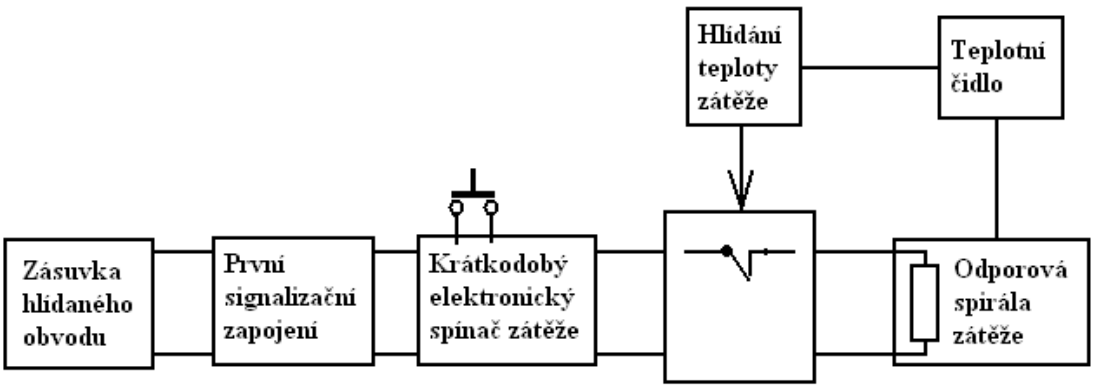
Výhody elektronického snímače impedanční vypínací smyčky:

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

Nevýhody elektronického snímače impedanční vypínací smyčky:

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

Inovací našeho přístroje 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 ms. Blokové schéma viz obr.17



obr. 17 Obrázek blokového schématu automatického měření impedanční smyčky

11. 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 dává za pravdu, že toto sledování má smysl.

12. Zdroje

[1] MIKOTA, Bohumil. *Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím odpojením od zdroje: (jistící 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.