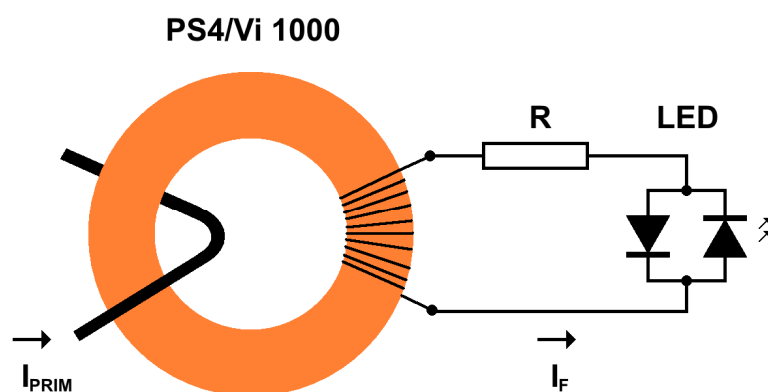


Pasivní indikátor a síťový ampérmetr

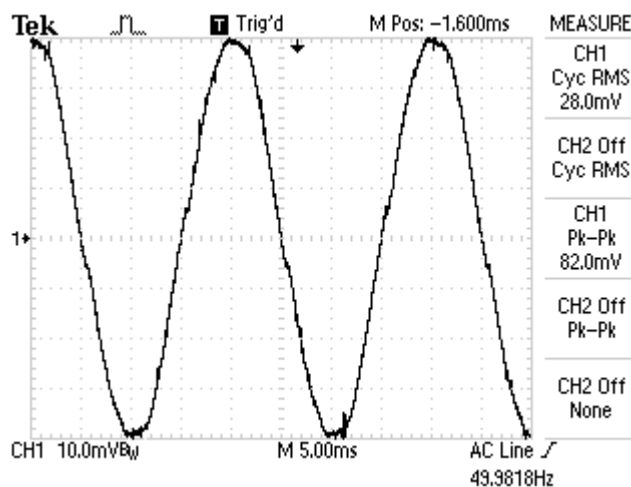
Ing. Josef Jansa, Josef Jansa DiS.

Při znovuoživení starého přímotopného kotle vyvstala potřeba v rozvaděči trvale indikovat či ještě lépe měřit jeho proudový odběr. Zařízení mělo být pasivní (míněno bez napájení), co nejméně zasahující do elektroinstalace, malé a hlavně bezpečné. Tyto důvody vyloučily digitální měření i analogový ampérmetr s bočníkem vřazeným do fázového vodiče.

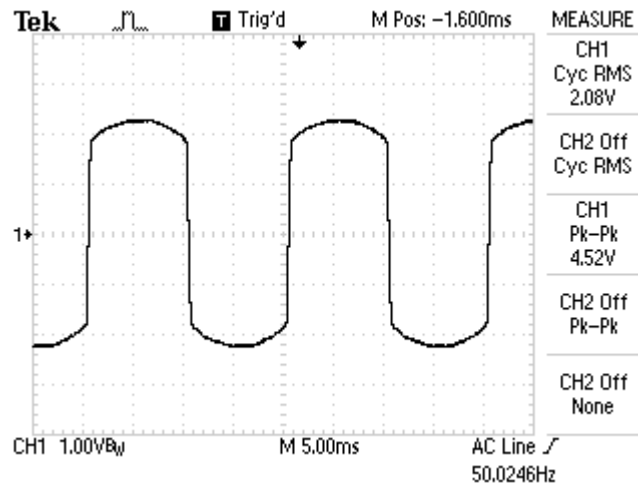
Překvapivě dobré vlastnosti relativně levného proudového snímače PS4/Vi 1000 (popis viz PE 12/2021, str. 15) vedly k myšlence připojit na jeho sekundární vinutí antiparalelní LED a získat tak snad nejjednodušší možný pasivní indikátor průchodu proudu, jaký je možno vymyslet - viz obr.1.



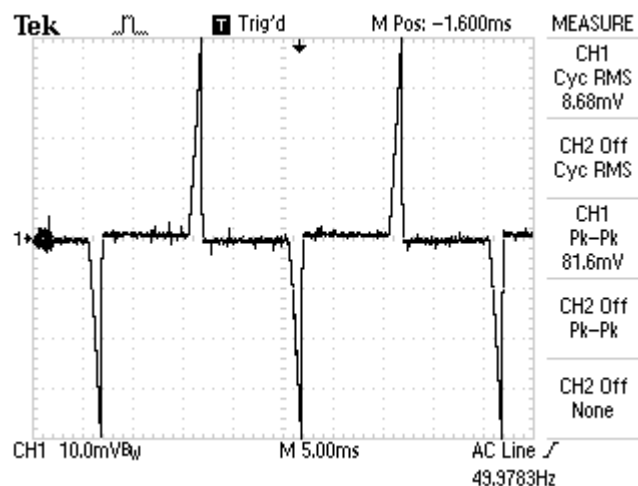
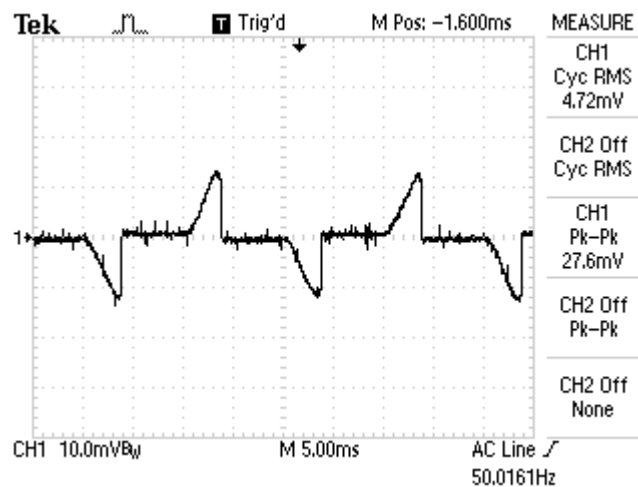
Jako LED byla použita oranžová supersvitivá OSOOG28131A v sérii s rezistorem $R = 1 \Omega$, původně zařazeným jen kvůli snímání proudu osciloskopem. Během experimentů se ukázalo, že na barvě LED resp. jejím propustném napětí vůbec nezáleží, neboť proudový snímač pracuje v principu jako proudový zdroj a napětí cca 1,7 V, potřebné pro pozorovatelný počátek svitu obou čipů diody, na ní vygeneruje již při velmi malém primárním proudu – konkrétně pod $0,2 A_{ef}$ a tedy příkonu menším než 50 W. Proud protékající LED je sinusový a velmi dobře úměrný primárnímu proudu – viz oscilogram na obr. 2, sejmутý na rezistoru 1Ω při primárním proudu $I_{PRIM} = 30 A_{ef}$.



Katalogové maximální hodnotě proudu diodou $I_F = 30 mA_{pk}$ odpovídá primární proud $I_{PRIM} = 20 A_{ef}$, náznak přesycení jádra proudového snímače se začne objevovat při $I_{PRIM} = 50 A_{ef}$. Napětí na LED resp. na sekundárním vinutí snímače se při dostatečně velkém primárním proudu podobá obdélíku, protože LED funguje jako oboustranný napěťový omezovač – viz obr. 3, sejmутý při $I_{PRIM} = 20 A_{ef}$.



Při větších snímaných proudech se ukázal negativní důsledek faktu, že je proud protékající LED úměrný proudu primárnímu – až příliš vysoký jas supersvítivé diody, navíc s rizikem jejího přetížení při proudech nad $20 A_{ef}$. Proto byly provedeny experimenty se zvyšováním odporu zapojeného v sérii s LED, které vedly až k hodnotě $R = 1K\Omega$. Velký úbytek napětí na něm vznikající zcela mění režim fungování feritového jádra snímače, které se začne sytit již při primárním proudu několika desetin A_{ef} . Nasycení feromagnetika vede ke vzniku proudových špiček, což je obecně velmi nežádoucí jev, v tomto případě je však výhodou. Velikost těchto špiček již totiž není úměrná primárnímu proudu a jejich šířka se navíc postupně zužuje. Dokumentují to obr. 4, zobrazující proud tekoucí LED při $I_{PRIM} = 30 A_{ef}$ a obr. 5, platný pro $I_{PRIM} = 200 A_{ef}$. (Oba oscilogramy byly pro snadnost porovnání sejmuty za identických podmínek jako obr. 2.)



Konečné zapojení s rezistorem hodnoty 1K2 (není nijak kritická) tedy umožňuje bezpečně indikovat primární proud ve velmi širokém rozsahu – okamžik rozsvícení LED kolem 0,2 A_{ef} se nezměnil a k plnému svitu, který ani při 200 A_{ef} již nijak významně nezesílí, dochází při asi 6 A_{ef}. Zapojení je přitom tak jednoduché, že není třeba ani vyrábět DPS – jak LED, tak rezistor je možno připájet přímo na vývody proudového snímače. Rezistor je sice zatěžován pouze krátkými výkonovými impulsy (230 mW_{pk} při I_{PRIM} = 30 A_{ef} resp. 2 W_{pk} při I_{PRIM} = 200 A_{ef}), takže je ohříván výkonem jen v řádu desítek mW_{ef}, přesto je však lépe volit robustnější provedení a zejména v případě montáže „vrabčí hnízdo“ jej i rozdělit na dva sériové, např. 2*560 Ω/1 W – ke každému vývodu LED jeden.

Úspěch s pasivním optickým indikátorem vedl k myšlence vyvinout nejen indikátor, ale přímo měřič proudu. Pro tyto účely jsou sice obvykle používány proudové transformátory s kvalitnějším jádrem (např. PT4/VI 1000 popř. PPT4/VI 1000), pokud ovšem netrváme na přesnostech řádu desetin procenta a/nebo prouděch řádu stovek ampér, měl by vyhovět i levný typ PS4/VI 1000. V daném případě bylo zadání mnohem méně náročné – přesnost v jednotkách procent a rozsah nejvýše do 50 A_{ef}. Jako měřicí přístroj byl kvůli linearitě stupnice zvolen stejnosměrný analogový ampérmetr s magnetoelektrickým ústrojím, doplněný Grätzovým můstkem W06M v malém kulatém pouzdře. Přitom je nutno počítat s tím, že magnetoelektrický přístroj ukazuje střední hodnotu proudu, pro niž u dvojcestného usměrnění platí I_{stř}=I_{ef}/1,1107 a že bez příslušné korekce by tedy magnetoelektrický přístroj systematicky udával o asi 10 % nižší hodnotu.

Řešením je použít citlivější ampérmetr, než by odpovídalo převodnímu poměru transformátoru, a bočníkem R_b příslušné velikosti činitel tvaru 1,1107 vykompenzovat:

$$R_b = R_i * 1,1107 * I_m / (I_s - 1,1107 * I_m)$$

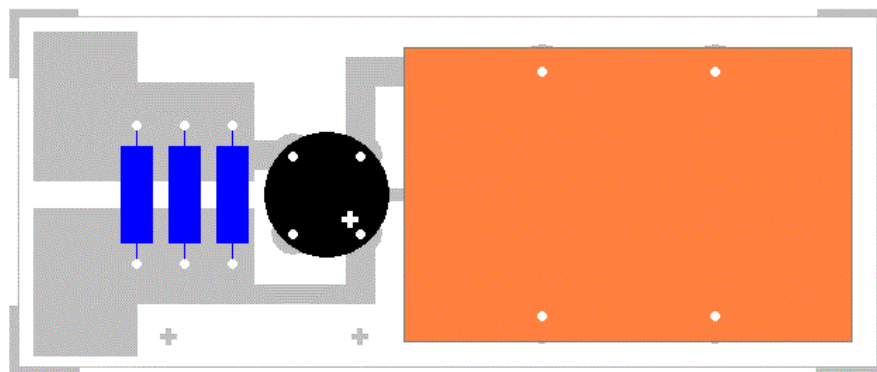
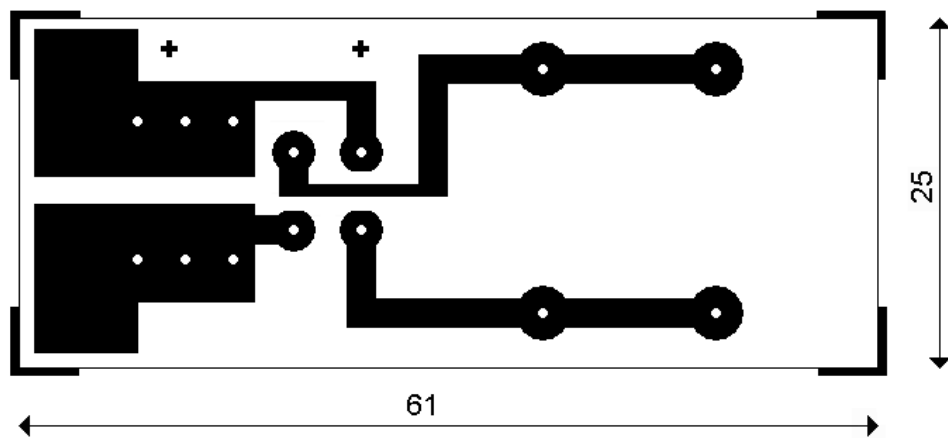
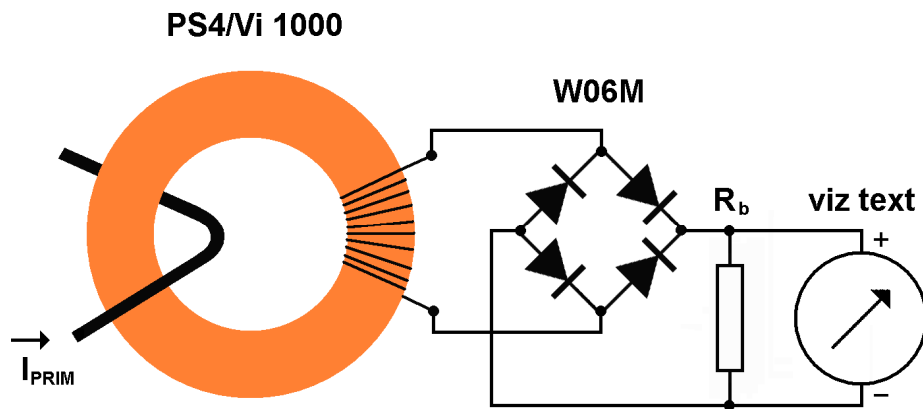
kde I_s ... sekundární proud transformátoru
 I_m ... rozsah měřicího přístroje
 R_i ... vnitřní odpor ampérmetru

Bohužel výběr malých panelových mili- a mikroampérmetrů je velmi omezený, takže se výběr nakonec zúžil na jediný typ JY-50 100uA DC, který vede celá řada prodejců, je relativně levný a rozměry 51x51x52 mm vyhovující. Rovněž třída přesnosti 2,5 je pro daný účel zcela postačující. Vnitřní odpor jeho cívky není udáván, naměřeno bylo 3500 Ω. S touto znalostí již lze spočítat potřebnou velikost bočníku pro zvolený rozsah proudu:

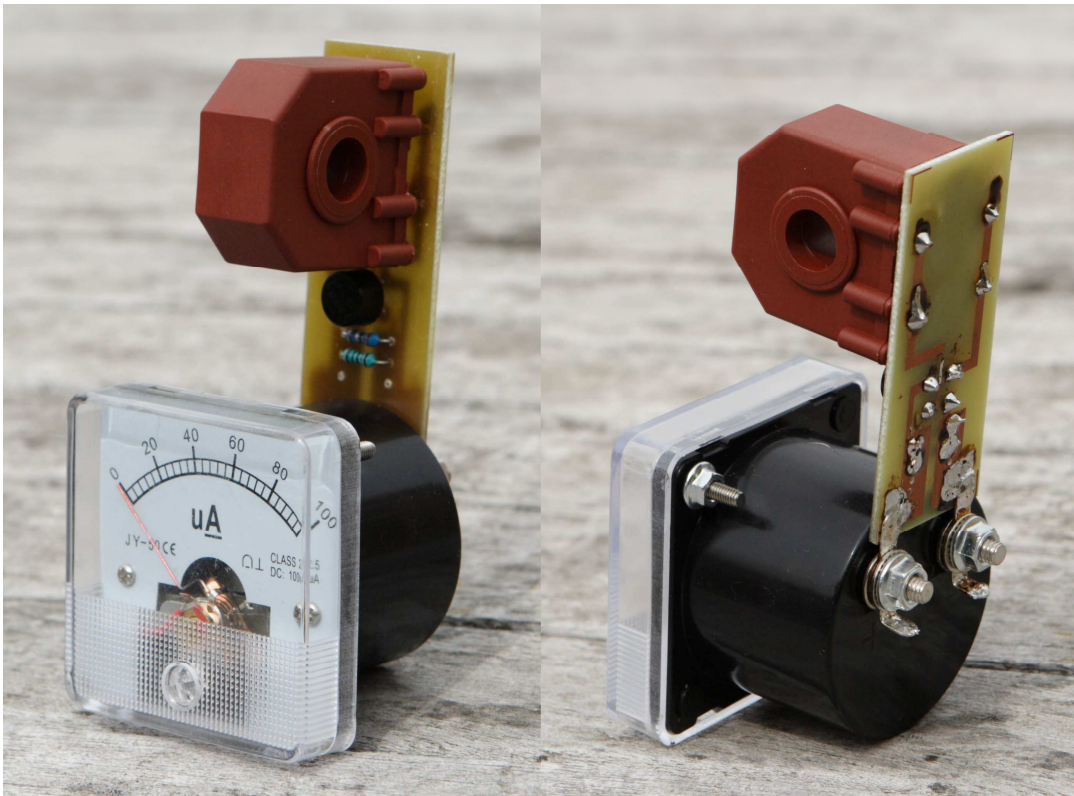
Rozsah primárního proudu I _{PRIM}	10 A _{ef}	20 A _{ef}	50 A _{ef}	100 A _{ef}
Vypočtená velikost bočníku R _b	39,32 Ω	19,55 Ω	7,794 Ω	3,893 Ω
Praktická realizace bočníku R _b	39 Ω	22 Ω 180 Ω	8,2 Ω 150 Ω	3,9 Ω

Rozsah 100 A_{ef} je uveden jen pro úplnost, protože od asi 70 A_{ef} se podobně jako u optického indikátoru objeví náznaky přesycení feritového jádra snímače PS4/VI 1000 a s tím spojená chyba měření. Na všech nižších rozsazích je průběh stupnice zcela lineární, byť s („analogové minulosti“ ostatně zcela rutinní) nutností její údaje příslušně přepočítávat. Je samozřejmě možno ji přefotografovat (u JY-50 lze stupnici snadno odšroubit), v grafickém programu podle zvoleného rozsahu popsat novými čísly a výtiskem přelepit originál. Použít lze i libovolný jiný vhodný měřicí přístroj, stačí jen podle jeho odporu z výše uvedeného vztahu spočítat příslušný bočník. Co se týká volby rezistorů bočníku, ani na rozsahu 100 A_{ef} nepřekročí jejich zatížení 40 mW_{ef}, běžná přesnost 1 % zcela postačuje.

Výsledné zapojení a jednoduchá DPS jsou na obr. 6 až obr. 8. Pro případ, že by někdo chtěl použít kvalitnější měřicí přístroj a/nebo transformátor a potřeboval odpor bočníku nastavit co nejlépe vypočtené hodnotě, je na DPS místo pro až tři paralelně zapojené rezistory.



Na obr. 9 je fotografie realizovaného vzorku s originální stupnicí JY-50 100uA DC, obr. 10 pak zachycuje pasivní indikátor i ampérmetr (stupnice překreslena) při indikaci a měření proudu 20 A_{ef}.



Na závěr vysvětlení, jakým způsobem obě popsaná pasivní zařízení čerpají energii pro svůj provoz, jsou-li od protékajícího primárního proudu, jediného zdroje energie v obvodu, galvanicky oddělena: Proudový transformátor se vůči primárnímu obvodu chová jako přídavná, sériově zapojená impedance ohmického charakteru, na níž vzniká příslušný úbytek napětí. Ten např. u ampérmetru z obr. 10 a proudu $I_{\text{PRIM}} = 20 \text{ A}_{\text{ef}}$ činí cca $2,2 \text{ mV}_{\text{ef}}$, jinak řečeno celé zařízení „odsává“ prostřednictvím magnetického pole z primárního obvodu pro svůj provoz cca $44 \text{ mW}_{\text{ef}}$.

www.pmec.cz

<https://shop.pmec.cz/>