

Obvody pro měření napětí, proudu a ochranu signálových vstupů ve výkonových aplikacích

Jan Zich

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

zichj@kae.zcu.cz

Current and Voltage Measurement Circuits and Signal Input Protection in Power Applications

Abstract – In the field of power electronics the current and voltage measurement circuits are commonly used for the feedback loop regulation. This paper describes one of the topologies with HV insulation for high-range AC or DC current and voltage measurement. Due to high-power switching the fast transients can affect the measurement circuits (even the transmission path) and the follow-up circuits can be endangered. The analog inputs are sufficiently protected with proposed circuits.

Keywords – Current Measurement; Input Protection; Isolated amplifier; Hall Effect Sensor; Noisy Environment; Transients; Voltage Measurement.

I. ÚVOD

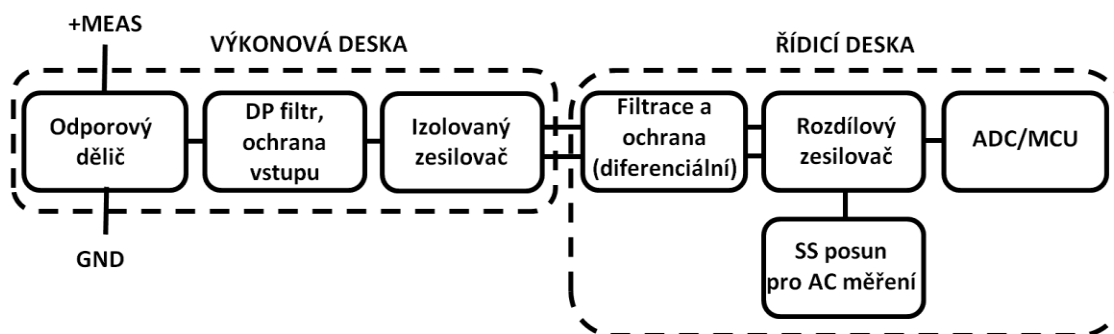
Vybrané aplikace zpětnovazebních soustav ve výkonové elektronice vyžadují znalost výstupních obvodových veličin. Vhodnou modelovou situací pro aplikaci obvodů popisovaných v tomto článku je jednofázový nepřímý měnič kmitočtu se stejnosměrným napětiovým meziobvodem (střídač), kdy se uplatňuje jak monitorování vstupních veličin (podpětí/přepětí meziobvodu, nadproud ohrožující polovodičové prvky), tak výstupních veličin (průběh napětí, velikost proudu). Při návrhu měřicích systémů v této aplikaci je nutno brát v potaz měřicí rozsah, výkonovou ztrátu (zejména v případě měření proudu), přesnost a izolační schopnosti obvodů. Ze základního přehledu uvedeného v [1, 2] vyplývá použití precizního izolačního zesilovače pro monitorování napětí na odporovém děliči. Měření proudu bývá ve výkonových aplikacích často založeno na snímání napětí na rezistoru řazeném sériově se zátěží, což ovšem krom jednoduchosti obvodového řešení přináší problémy s výkonovou ztrátou, případně s precizním zesilováním nízkých signálových úrovní na snímacím rezistoru. Z tohoto důvodu článek popisuje měření proudu s využitím Hallovy sondy. V prostředí spínaných polovodičových prvků se typicky objevuje rušení, které ovlivňuje kvalitu signálu z měřicích obvodů, přičemž potlačení negativních efektů tohoto fenoménu zajišťuje popsany obvod filtrace a ochrany analogových signálových vstupů [3].

II. MĚŘICÍ OBVODY

Měřicí obvody byly navrženy pro monitorování stejnosměrných i střídavých veličin a s ohledem na možnost přenosu diferenciálního signálu při přechodu mezi vzdálenými částmi systému (například vícedeskové řešení ukládání energie do akumulátorů) [4].

A. Měření napětí

Blokové schéma na obrázku I. rozděluje řetězec získání a zpracování informace o velikosti měřeného napětí na výkonovou a řídicí desku. Odporový dělič snímá měřené napětí a jeho poměrnou část (± 200 mV plný rozsah) přivádí přes dolnoproputný filtr a ochranný obvod (antiparalelní kombinace rychlých křemíkových diod proti zemi) na vstup izolovaného zesilovače ACPL-790A-300E s fixním zesílením (8,196 V/V při 25 °C). Výstupní diferenciální signál, se souhlasnou složkou 1,23 V, je přenášen do řídicí desky, kde je filtrován a případně omezen z hlediska velikosti amplitudy. Rozdílový zesilovač převede napětíovou diferenci mezi signálovými vodiči na signalizaci se společnou zemí (zesílení 2 pro DC měření), případně provede stejnosměrný posun do poloviny rozsahu napájecího napětí ADC/MCU (zesílení 1 pro AC měření, posun o 1,65 V při 3,3 V napájecím napětí).

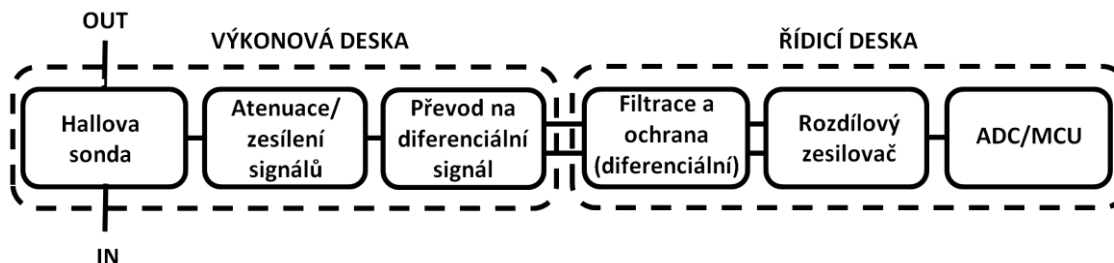


Obrázek I. Obvod galvanicky odděleného měření AC/DC napětí

Při zohlednění izolačních schopností obvodu ACPL-790A-300E je přípustné kontinuální pracovní napětí 900 V.

B. Měření proudu

Čidlo proudu LEM CKSR XX-NP, kde XX označuje velikost proudového rozsahu, využívá Hallova jevu a je určeno pro měření do 90 A při okolní teplotě do 80 °C. Použité čidlo proudu dokáže měřit AC i DC signály, přičemž defaultní symetrický rozsah lze posouvat více do kladných či záporných hodnot pomocí nastavitelné napětíové reference čidla. Jeho výstupní signál (vztažený proti zemi) je amplitudově upraven (odporový dělič a napětíový sledovač či případně neinvertující zesilovač) a převeden plně diferenciálním zesilovačem na diferenciální signál se souhlasnou složkou o velikosti 2,5 V.

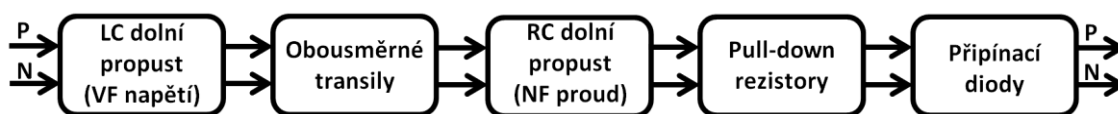


Obrázek II. Obvod galvanicky odděleného měření AC/DC proudu

Blok filtrace a ochrany zajistí výběr požadované části frekvenčního spektra signálu a jeho amplitudové omezení. Rozdílový zesilovač diferenciální signál převede (se ziskem ≥ 1) na signalizaci se společnou zemí.

III. OCHRANA SIGNÁLOVÝCH VSTUPŮ

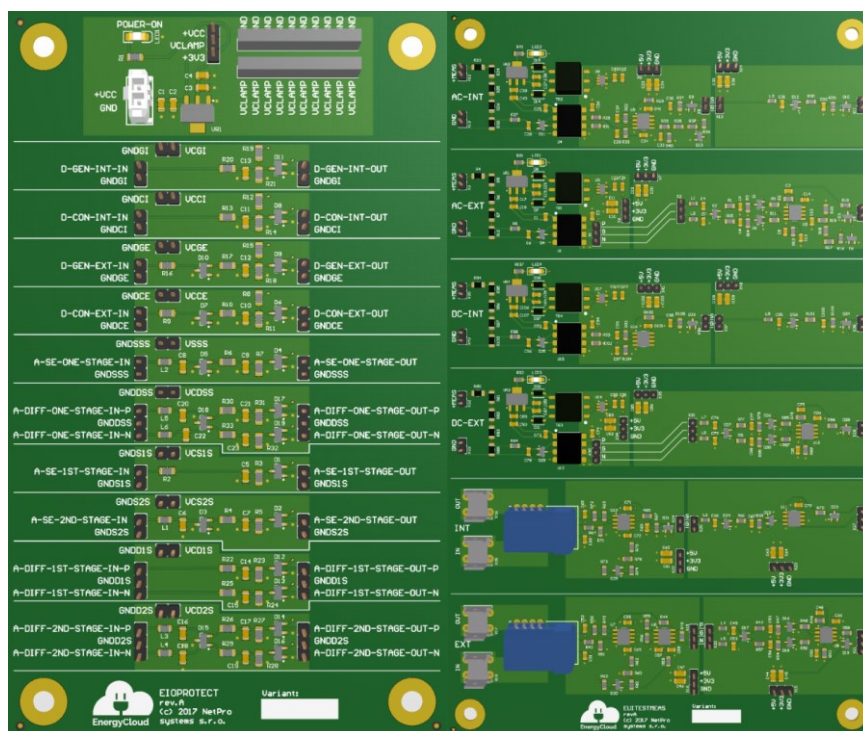
Mezi hlavní účely obvodu na obrázku III. patří selekce frekvenční části spektra nesoucí užitečnou informaci, ochrana signálových vstupů integrovaných obvodů proti přepětí a definování napěťové úrovně na vodiči v případě, že je zdroj signálu odpojen.



Obrázek III. Ochrana a filtrace analogových diferenciálních signálových vstupů

LC dolní propust limituje VF proudy a utlumuje VF napětí. Rychlé obousměrné transily připínají napěťové špičky obou polarit k zemi při překročení prahového napětí. RC dolní propust slouží k omezení NF proudů (velmi vhodné při aktivaci připínacích diod) a také k selekci nižších frekvencí ze spektra vstupního signálu. Pull-down rezistory s vysokou ohmickou hodnotou připínají signálové vodiče k zemi a zajišťují definovanou napěťovou úroveň v případě, že není přítomen zdroj vstupního signálu. Připínací diody omezí amplitudu signálu na obou vodičích na $(VCC + 0,7 V)$ a $(GND - 0,7 V)$.

IV. KONSTRUKCE OBVODŮ A OVĚŘENÍ FUNKCE



Obrázek IV. DPS filtrace a ochrany signálových vstupů (vlevo), DPS měření napětí a proudu (vpravo)

Pro ověření funkce obvodů měření (obrázek IV. vpravo) i filtrace a ochrany signálových vstupů (obrázek IV. vlevo) byly navrženy a testovány dvě desky plošných spojů.

DPS filtrace a ochrany signálových vstupů obsahuje jednostupňovou a dvojestupňovou filtraci analogových signálů v single-ended i diferenciální konfiguraci. Pro úplnost jsou zde i obvody ochrany digitálních vstupů. Obvody měření napětí a proudu jsou v různých variantách (AC/DC, zpracování signálu na výkonové desce/na

řídící desce) zobrazeny na desce vpravo. Funkční testy prokázaly schopnost obvodů měřit a přenášet signál s rozsahem 900 V a 90 A stejnosměrných i střídavých.

V. ZÁVĚR

V článku byly představeny možné topologie pro měření napětí a proudu ve výkonových aplikacích včetně ochrany a filtrace signálových vstupů obvodů zpracovávajících produkty obvodů měření. Praktické testy potvrdily funkci navržených zapojení v rozsahu 900 V a 90 A, čímž předurčily použití obvodů v aplikacích nízkých až středních výkonů (jednotky až desítky kW).

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] *Isolated Current and Voltage Measurement Using Fully Differential Isolation Amplifier* [online]. Dallas: Texas Instruments, 2015 – [cit. 16.9.2017]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ug/tidua58/tidua58.pdf>.
- [2] *Grid Connected Inverter Design Guide* [online]. Dallas: Texas Instruments, 2016 – [cit. 27.9.2017]. Dostupné z: <http://www.tij.co.jp/jp/lit/ug/tidub21a/tidub21a.pdf>.
- [3] *Protecting Inputs in Digital Electronics* [online]. Minnesota: Digi-Key Electronics, 2012 – [cit. 19.9.2017]. Dostupné z: <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2012/apr/protecting-inputs-in-digital-electronics>.
- [4] *Domácí baterie EnergyCloud*. [online]. Plzeň: NetPro systems, s.r.o., 2017 – [cit. 19.9.2017]. Dostupné z: <http://www.energycloud.cz/>.