

Konference Energetické Rušení 2024



Neinvazívne merania vysokých AC a DC prúdov v energetike

Ladislav Grňo, Applied Precision

Presné meranie vysokých prúdov



- Automobilový priemysel: riadenie jednosmerných motorov, nabíjanie elektromobilov.
- Inteligentné siete s distribuovanými obnoviteľnými zdrojmi energie.
- Systémy obnoviteľnej energie: Jednosmerný prúd sa používa v systémoch obnoviteľnej energie, ako sú solárne fotovoltaické generátory a veterné turbíny. V solárnych fotovoltaických systémoch je jednosmerný prúd generovaný solárnymi panelmi a potom prevedený na striedavý prúd pomocou invertorov na pripojenie k sieti alebo na použitie v samostatných systémoch. Vo veterných turbínach je jednosmerný prúd generovaný generátorom turbíny a potom prevedený na striedavý prúd pre pripojenie k sieti.
- Vysokovýkonné priemyselné aplikácie: Priemyselné odvetvia ako tavenie hliníka, galvanické pokovovanie a zváranie často vyžadujú pre svoje procesy vysoké jednosmerné prúdy. Tieto aplikácie zvyčajne zahŕňajú elektrolýzu alebo vytváranie intenzívneho tepla, ktoré si vyžaduje značnú elektrickú energiu.
- Dátové centrá: Dátové centrá často používajú vysoký jednosmerný prúd na distribúciu energie v rámci zariadenia. Vysoké jednosmerné napätie umožňuje efektívnejšiu distribúciu energie na veľké vzdialenosti v rámci dátového centra, čím sa znižujú energetické straty.

Presné meranie vysokých prúdov



- Zariadenia internetu vecí (IoT), v priemyselných a obytných prostrediach, kde snímanie jednosmerného prúdu je jedným z princípov monitorovania a kontroly rôznych činností.
- Telekomunikácie: Vysoký jednosmerný prúd sa používa v telekomunikačných zariadeniach, ako sú rádiové vysielacie, mikrovlnné reléové stanice a mobilné základňové stanice. Tieto systémy vyžadujú na prenos vysoký výkon a na svoju činnosť často využívajú jednosmerný prúd.
- Železničná doprava: Jednosmerné trakčné systémy sa používajú vo vysokorýchlostných koľajových systémoch na pohon. Tieto systémy vyžadujú vysoký jednosmerný prúd na napájanie pohonných elektromotorov.
- Systémy skladovania energie: Jednosmerný prúd sa používa vo veľkých systémoch na skladovanie energie, ako sú batérie a superkondenzátory. Tieto systémy uchovávajú energiu z obnoviteľných zdrojov v čase mimo špičky na neskoršie použitie. Vysoký jednosmerný prúd umožňuje efektívne nabíjanie a vybíjanie týchto akumuláčnych systémov.

Požiadavky



- Presnosť
- Jednoduchá aplikovateľnosť aj na už existujúce systémy
- Neinvazívnosť

Súčasný stav – AC

- Rogowského snímače
- Princíp integrácie magnetického poľa
- Cievka s rovnomerne rozloženým vinutím na homogénnom nosnom jadre – uzavretá slučka
- Presnosť závisí:
 - Homogenita vinutí
 - Homogenita jadra
 - Teplotná rozťažnosť materiálu snímača
- Presnosť:
 - Okolo 1%



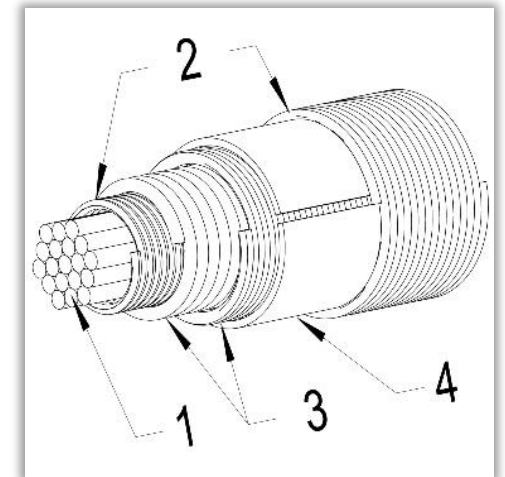
Súčasný stav – AC – Applied Precision

- Vyvinutý vlastný Rogovského snímač (patent)
- Meracie príslušenstvo pre produkty Applied Precision



Súčasný stav – AC – Applied Precision

- Presnosť 0.2% vrátane homogenity
 - Nosné jadro:
 - multivláknová štruktúra z priemyselne vyrábaného izolovaného medeného vlákna
 - nízka tepelná rozťažnosť kovového materiálu
 - izolácia jednotlivých vodičov – zamedzenie vzniku vírivých prúdov => minimálny vplyv na presnosť indukovaného napätia
 - Výroba na vlastnom mikrop procesorom riadenom navíjacom zariadení => garancia homogenity (kontinuálne meracie vlákno)



Súčasný stav – DC

- Invazívne meranie pomocou šuntov
 - kvadratický nárast stratového výkonu s prúdom
 - vplyv na presnosť
 - limitácia merania do cca 300A
 - galvanické spojenie s meraným okruhom – náročná izolácia okruhov



Súčasný stav – DC

- Meranie pomocou snímačov typu Fluxgate

Výhoda:

- presná kompenzačná metóda

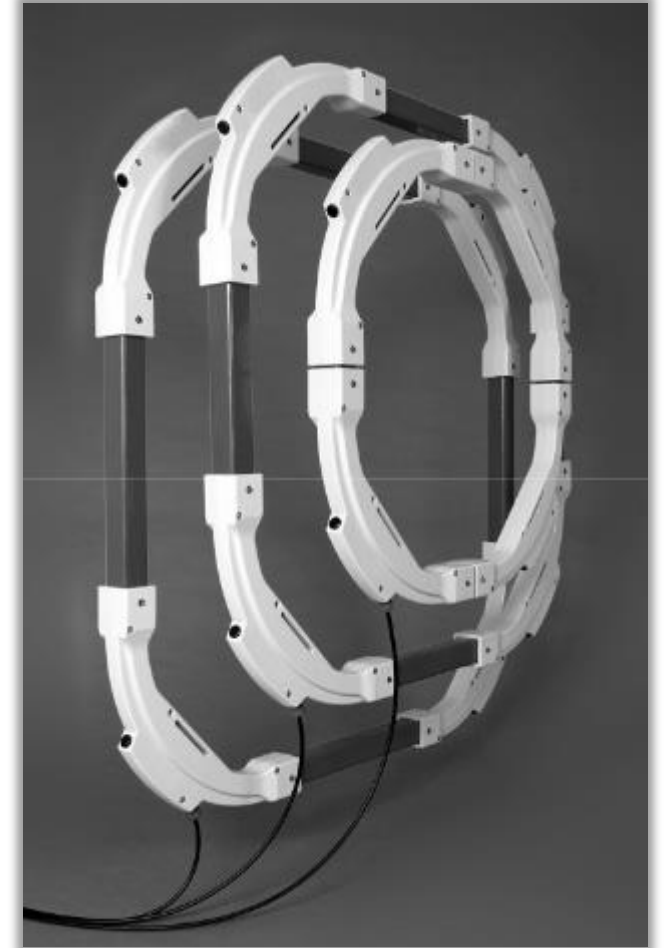
Nevýhody:

- veľké rozmery snímača
- komplikovaná inštalácia
- extrémne vysoká cena



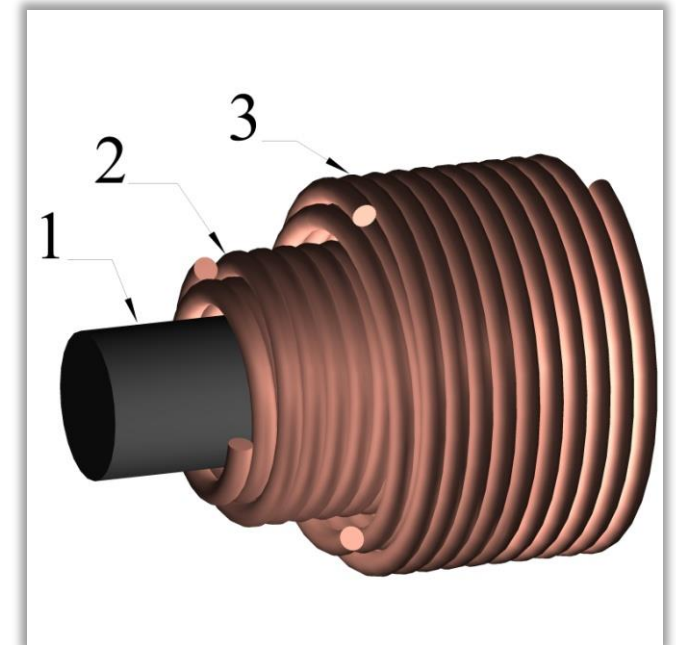
Súčasný stav – DC

- Neinvazívne meranie na báze Hallovoho snímača
 - značná teplotná a časová závislosť
 - nevhodné na presné merania
- Meranie na báze modulácie optických parametrov optického vlákna
 - mimoriadne technicky náročné
 - drahé



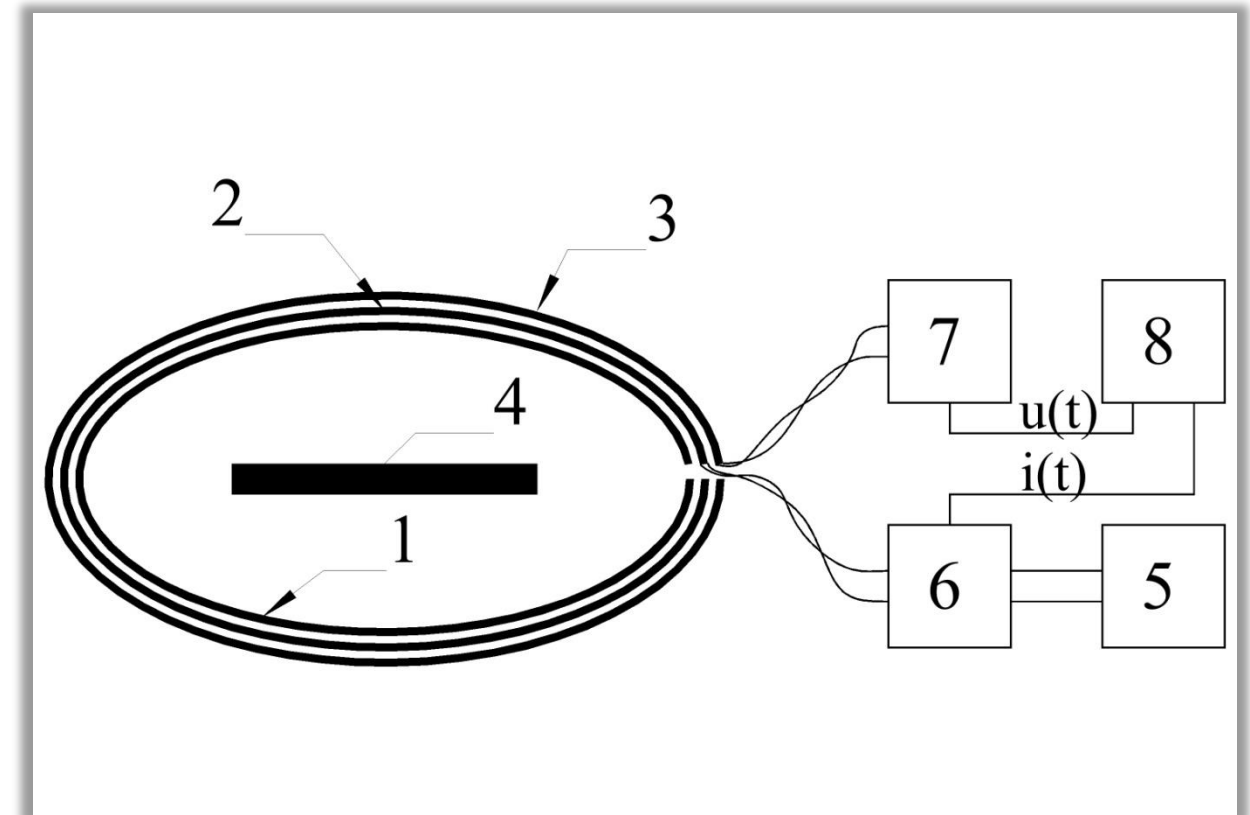
DC – Applied Precision

- patentovaná neinvazívna metóda merania DC prúdu
- metóda integrácie magnetického poľa vláknom z mäkkého magnetického materiálu
- princíp:
 - periodické budenie homogénneho permalloy vlákna homogénnym vinutím pozdĺž celého vlákna
 - meranie indukovaného napätia na snímacom vinutí homogénne navinutého na vlákne pozdĺž celého vlákna



DC – Applied Precision

- vyhodnocovacia elektronika používa meranie budiaceho prúdu a indukovaného napätia s on-line integráciou



DC – Applied Precision



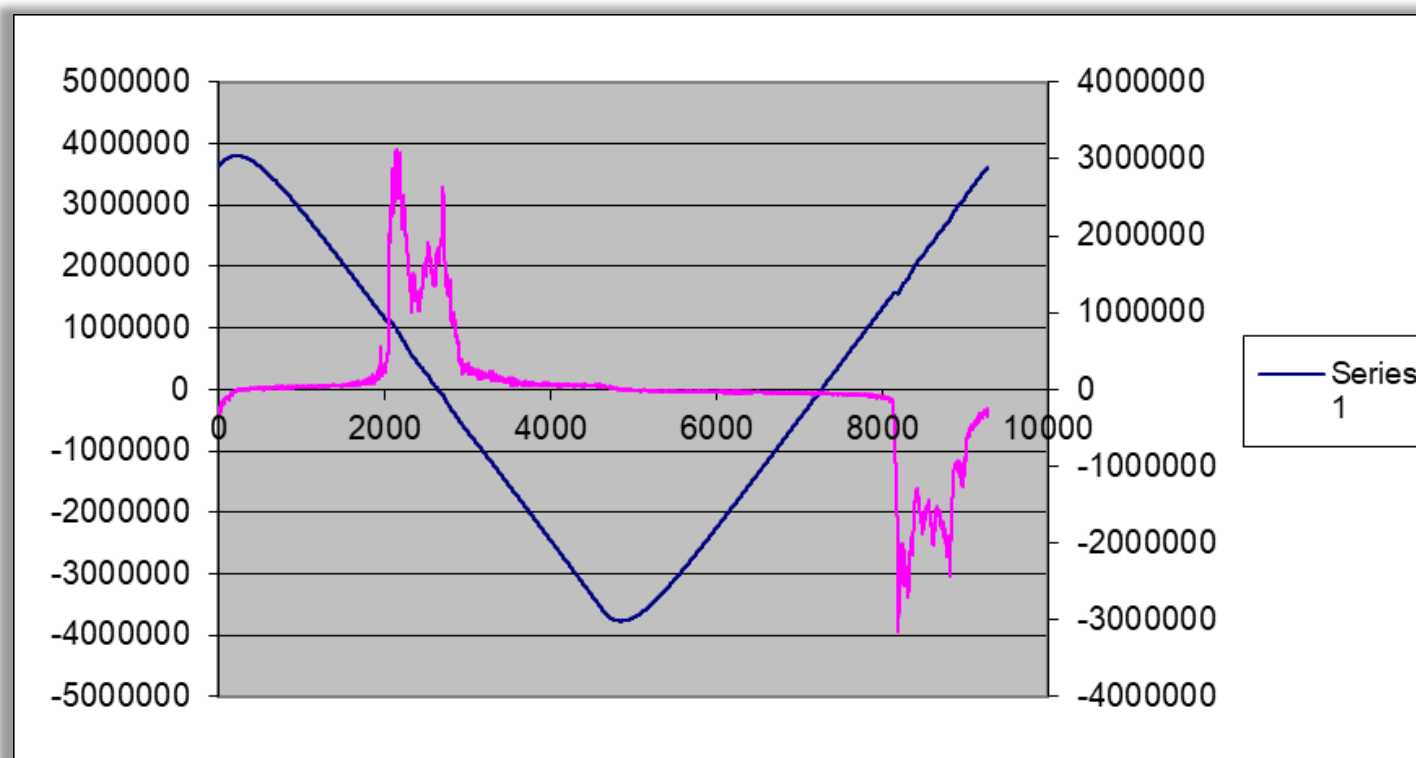
- z odozvy indukovaného napätia snímača na jeho periodické budenie je možné teoreticky exaktne výpočtom určiť presný integrál magnetického poľa pozdĺž magnetického vlákna
- integrál pozdĺž uzavretej slučky okolo prúdovodiča je rovný pretekajúcemu prúdu

$$I = W \left(\frac{\int_{T_1}^{T_2} i(t) u(t) dt}{\int_{T_1}^{T_2} u(t) dt} + \frac{\int_{T_3}^{T_4} i(t) u(t) dt}{\int_{T_3}^{T_4} u(t) dt} \right)$$

- integrály sú v reálnom čase počítané zo vzoriek s rozlišovacou schopnosťou 24 bitov a vzorkovacou frekvenciou 124 kHz

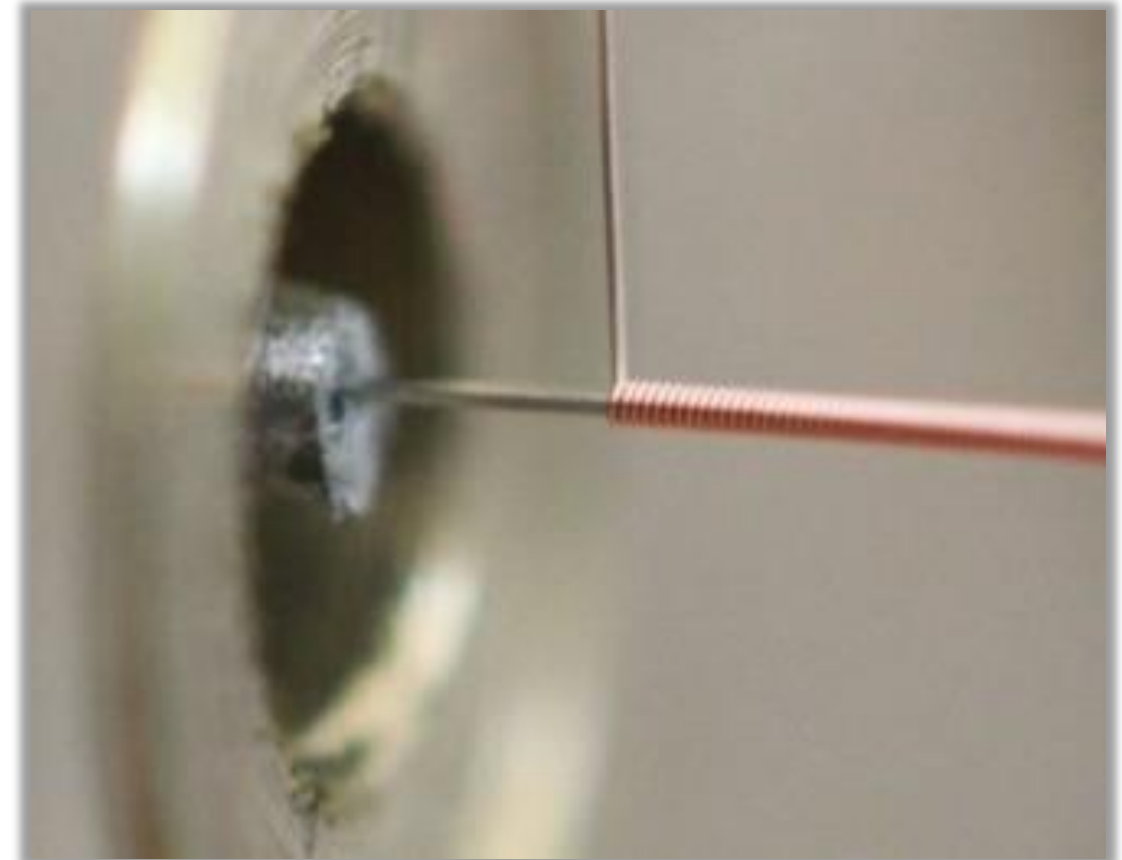
DC – Applied Precision

- typický priebeh indukovaného napätia:



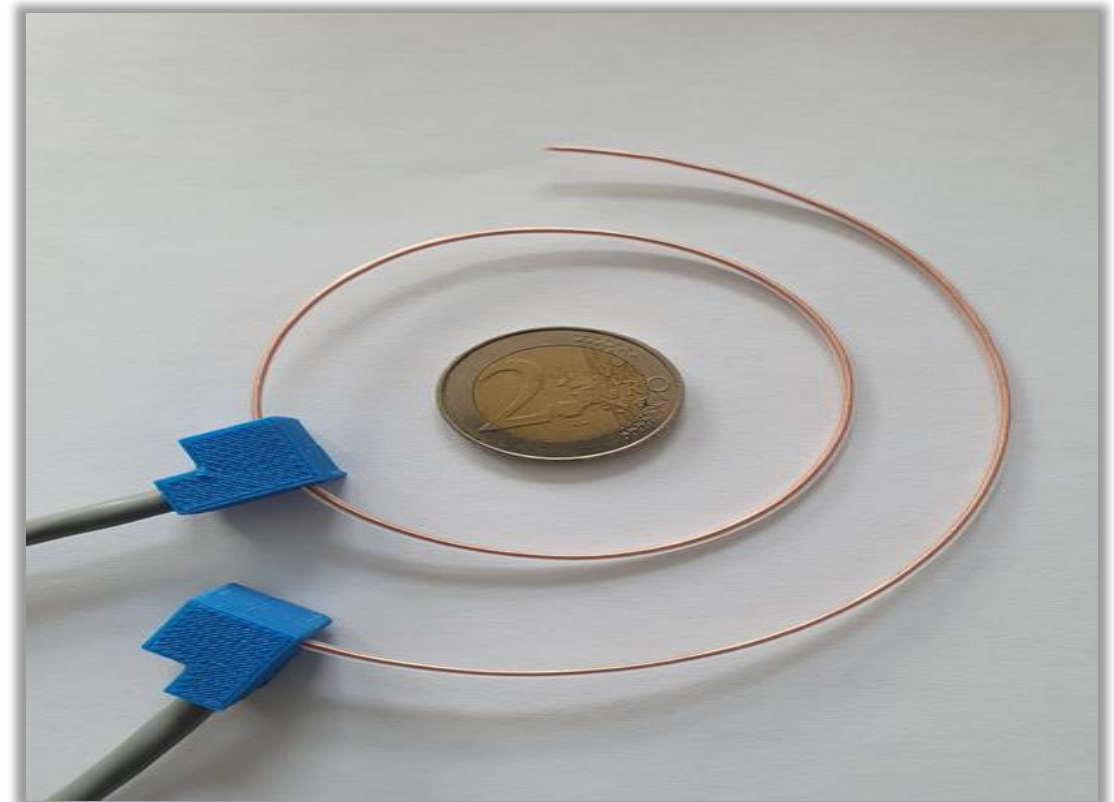
DC – Applied Precision

- funkčný vzorok snímača:
 - magnetické vlákno s priemerom 0.1mm
 - ovinuté budiacim a snímacím vinutím z medeného drôtu s priemerom 0.05mm
- navinutý senzor má tvar vlákna s priemerom 1mm
- navinuté na navíjačke vyvinutej a vyrobenej Applied Precision
- presnosť navíjania – mikroprocesorové riadenie



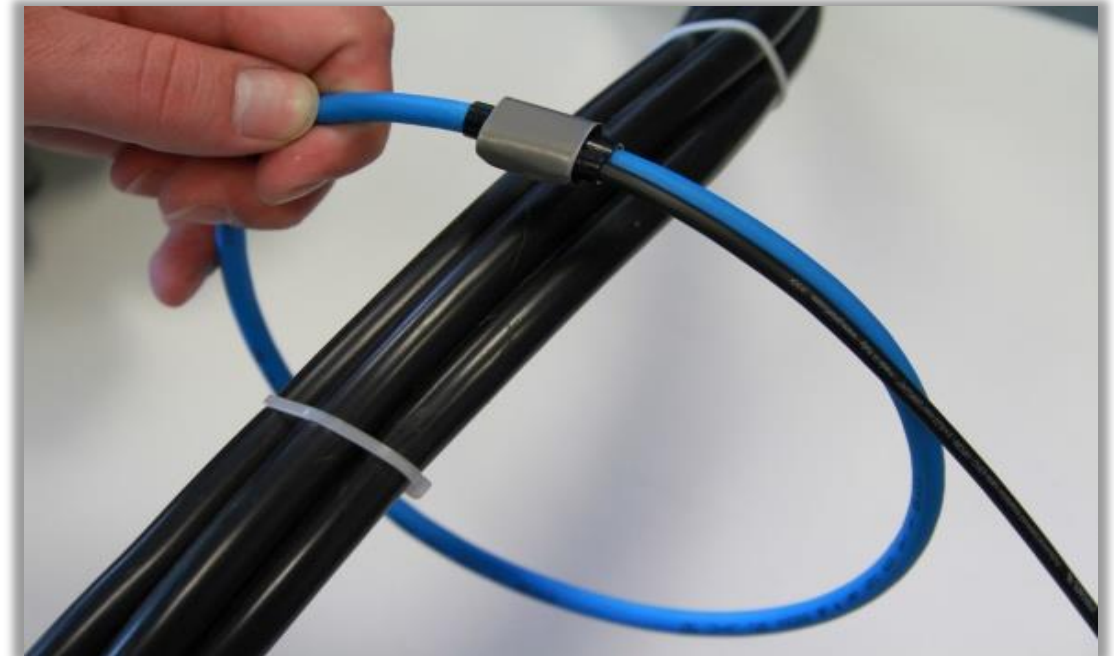
DC – Applied Precision

- snímač je budený a vyhodnocovaný elektronikou vo forme elektromera
- elektromer má okrem merania DC prúdu aj paralelný vstup AC prúdu z Rogovského cievky
- oba vstupné signály sa softvérovo zlučujú



DC – Applied Precision

- elektromer má aj napäťový vstup na meranie AC/DC elektrickej energie pri prúdoch až v ráde kA
- presnosť do 0.1%
- elektromer je použiteľný ako univerzálne AC/DC meradlo a na vyhodnotenie statických aj prechodových javov v meraných signáloch



Vývoj Applied Precision

- pripravujeme optimalizáciu výrobného procesu snímačov s cieľom efektívnej hromadnej výroby snímačov a meradiel
- súbežne pripravujeme rozšírenie systému metrologického zabezpečenia DC meradiel v akreditovanom laboratóriu spoločnosti