

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY
SEZIMOVO ÚSTÍ



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Leopold Krebs**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Využití moderních měřících metod k diagnostice a měření pasivních elektronických součástek (R,L,C) ve výuce.**

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní analýzu moderních měřících metod pasivních elektronických součástek.
2. Shrňte metody měření základních parametrů pasivních součástek.
3. Popište a změřte pasivní součástky zapojené do obvodu.
4. Vypracujte základní diagnostiku pasivních součástek v elektrickém obvodu.
5. Popište Automatizovanou diagnostiku (využití u firem).
6. Využití u firem MICRONIX Bechyně s.r.o. , VSP DATA a.s.
7. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práce


Doporučená literatura:

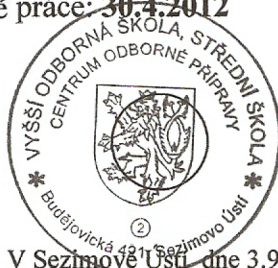
- [1] FIALA, M., VROŽINA, M., HERCIK, J., Elektrotechnická měření , 1981, č.j. 30 877/80-221
[2] MAŤÁTKO, J., Elektronika , ISBN 80-85970-49-X

Vedoucí práce: Ing. Alexej Salzman, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Bc. Miroslav Hospodářský
Oponent práce: Ing. Václav Šedivý

Datum zadání absolventské práce: **1.9.2011**

Datum odevzdání absolventské práce: **30.4.2012**


.....
Ing. Alexej Salzman
(vedoucí práce)




.....
Ing. František Kamlach
(ředitel školy)

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá pasivními elektronickými součástkami, jejich parametry, měřicími metodami a přístroji k jejich měření určených. V tomto směru je práce zaměřena na rezistor, kondenzátor a cívku. Dále práce popisuje automatizovanou diagnostiku a pojednává o využití diagnostiky ve firmách VSP DATA a.s. a firmy MICRONIX s.r.o. Výsledná absolventská práce slouží také jako pomůcka pro středoškolské účely ve výuce.

Annotation

This graduate thesis deals with passive electronic components, their parameters, measurement methods and instrumentation for their measurement purpose. In this respect, it is focused on the resistor, capacitor and coil. It also describes the automated diagnosis and discusses the use of diagnostics in companies VSP DATA as and companies MICRONIX Ltd. The final graduation work also serves as a guide for secondary school purposes in teaching.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Alexej Salzmanovi, za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této absolventské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem absolventskou práci *Využití moderních měřících metod k diagnostice a měření pasivních elektronických součástek (R,L,C)* ve výuce vypracoval samostatně a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Táboře dne 1. Února 2012



vlastnoruční podpis

Obsah

Kapitola 1	2
Úvod.....	2
Kapitola 2	3
Měření Elektrického odporu.....	3
2.1 Měření odporu.....	3
2.1.1 Měření velmi malých odporů.....	4
2.1.2 Měření velmi velkých odporů.....	5
2.1.3 Měření izolačního odporu elektrického zařízení.....	5
2.1.4 Měření izolačního odporu elektrického zařízení.....	6
2.1.5 Přechodový odpor.....	8
Kapitola 3	11
Měřicí metody měření odporu.....	11
3.1 Reálný rezistor	11
3.1.1 Ohmova metoda.....	12
3.1.2 Metoda měření odporu voltmetrem	13
3.1.3 Substituční metoda.....	14
3.1.4 Sériová substituční metoda.....	15
3.1.5 Paralelní substituční metoda.....	15
Kapitola 4	16
Kondenzátory	16
4.1 Parametry a druhy	16
4.1.1 Hodnota ESR	17
4.1.2 Elektrolytické kondenzátory.....	17
4.1.3 Tantalové kondenzátory.....	18
4.1.4 Keramické kondenzátory	18
4.1.5 Další parametry uváděné u kondenzátorů	19
Kapitola 5	21
Měření kondenzátorů.....	21
5.1 Měření kapacity Ohmovou metodou.....	21
5.1.1 Měření rezonanční metodou	23
5.1.2 Měření kapacity rezonanční metodou.....	23
5.1.3 Měření substituční metodou, odvození výsledných vztahů	24
Kapitola 6	26
Cívky	26

6.1 Hlavní vlastnost cívky.....	26
6.1.1 Náhradní schéma cívky.....	26
6.1.2 Parametry, konstrukce a schém. Značky cívek.....	27
6.1.3 Druhy a použití cívek.....	28
6.1.4 Tlumivka, druhy tlumívek.....	30
Kapitola 7.....	31
Měřicí metody indukčnosti cívek.....	31
7.1 Měření vlastní indukčnosti cívek.....	31
7.1.1 Schéma zapojení pro měření vlastní indukčnosti cívky.....	32
7.1.2 Zapojení pro měření vzájemné indukčnosti cívek se vzduchovým jádrem.....	32
7.1.3 Schéma zapojení pro měření vzájemné indukčnosti cívek se železným jádrem.....	32
Kapitola 8.....	33
Diagnostika.....	33
8.1 Co znamená diagnostika.....	33
8.1.1 Výhody a metody.....	34
8.1.2 Provozní diagnostika.....	34
8.1.3 Diagnostický systém.....	35
8.1.4 Rozdělení technické diagnostiky.....	35
8.1.5 Rozpoznávání v technické diagnostice.....	36
8.1.6 Příklad automatizované diagnostiky v praxi.....	37
Kapitola 9.....	39
Využití diagnostiky u firmy VSP DATA a.s., MIKRONIX Bechyně s.r.o.....	39
9.1 Využití diagnostiky u firmy VSP DATA.....	39
9.2 Měřicí přístroje ve firmě MICRONIX s.r.o.....	41
Kapitola 10.....	42
Závěr.....	42
Literatura.....	43
Příloha A.....	i
Příloha B.....	ii

Seznam obrázků

obr.2.1 Miliohmmetr	4
obr.2.2 digitální měřič izolace	7
obr.2.4 thomsonův můstek	9
obr.2.5 zapojení se čtyřmi vodiči.....	9
obr.2.6 digiohm	9
obr. 3.1 Náhradní schéma reálného rezistoru	11
obr.3.2 zapojení pro měření malých odporů.....	12
obr.3.3 Zapojení pro měření velkých odporů	13
obr. 3.4 Měření odporu voltmetrem.....	14
obr. 3.5 Pro měření malých odporů substituční metodou	15
obr. 3.6 Pro měření velkých odporů substituční metodou	15
obr. 4.1 Náhradní model reálného kondenzátoru.....	16
obr.4.2 Vývodové kondenzátory Ultra Low ESR firmy NICHICON.....	17
obr.4.5 Tantalové kondenzátory firmy AVX pro povrchovou montáž.....	18
obr.4.6 Keramické kondenzátory firmy EPCOS s dielektrikem X7R	19
obr. 5.1 Zapojení pro měření malých kapacit (velkých kapacitních reaktancí)	21
obr. 5.2 Zapojení pro měření velkých kapacit (malých kapacitních reaktancí)	22
obr. 5.3 měření kapacity rezonanční metodou a) indikátorem je ampér metr, b) indikátorem je voltmetr.	23
obr. 5.4 Měření kapacit substituční metodou; a) schéma pro menší kapacity; b) schéma pro větší kapacity.	24
obr. 6.1 náhradní schéma cívky	26
obr. 6.2 konstrukce cívky	27
obr. 6.3 druhy cívek.....	28
obr. 6.4 el.mag. relé.....	29
obr 6.5 transformátor	29
obr.6.8 schéma zapojení	32
obr. 6.9 schéma zapojení	32
obr. 8.1. Obecné uspořádání automatizovaného diagnostického řetězce.....	36
obr. 8.2 čtečka	38
obr. 9.1 měření multimerem	39
obr. 9.2 osciloskop GDS 840C	40
obr. 9.3 prodejna micronix	41

Seznam tabulek

Tab. 2.1 přechodové odpory	10
Tab. 6.1 schématické značky cívek	28

Kapitola 2

Měření Elektrického odporu

2.1 Měření odporu

Elektrický odpor je jedna ze základních vlastností všech pasivních i aktivních prvků, elektrických spotřebičů, obvodů, izolace či jiných elektrických zařízení. Z hlediska velikosti můžeme elektrické odpory rozdělit na :

- malé do 20Ω
- střední $1 \Omega - 10 M\Omega$
- velké nad $1 M\Omega$

Pokud chceme měření stanovit pouze elektrický odpor daného obvodu, musíme k napájení obvodu použít stejnosměrný proud. U libovolné zátěže se připojením do obvodu střídavého proudu projeví i další vlastnosti – indukčnost a kapacita. Měřením při střídavém napájení bychom tedy nezjistili velikost elektrického odporu ale hodnotu impedance celého obvodu.

Při měření elektrického odporu působí na měřící obvod různé rušivé vlivy, které mohou ovlivňovat zejména měření velmi malých nebo velmi velkých odporů. Protože při jednotlivých měření vstupují do hry jiní činitelé, zmíníme se o rušivých vlivech při řešení problematiky měření odporu příslušné velikosti. Pro odpory všech velikostí je charakteristická jejich závislost na teplotě. Proto je nejvhodnější měřit odpor při té teplotě, při níž ho potřebujeme znát. Měříme-li odpor při jiné teplotě, je nutno naměřenou hodnotu na příslušnou teplotu přepočítat. Pro měření ohmických odporů můžeme použít tři způsobů – *výchylkové metody* (metody měření pomocí klasických přístrojů), *nulové metody* (měření odporu pomocí můstků) a *ohmometry* (přístroje přímo ukazující hodnotu odporu). [1]

- Laboratorní metody měření odporu nejsou pro provozní měření vhodné, jsou náročné na speciální měřící přístroje které jsou drahé a citlivé.
- Pro praxi jsou vhodné ruční měřící přístroje které jsou součástí i diagnostických revizních přístrojů.

2.1.1 Měření velmi malých odporů

Měření odporů malých hodnot (menších než 1 ohm) je ovlivňováno především přechodovými odpory, odporem přívodních vodičů a termoelektrickým napětím.

Přechodový odpor se vyskytuje u každého rozebíratelného spojení dvou vodičů, např. u šroubových spojů nebo na svorkách měřících přístrojů. Jeho velikost závisí na čistotě a kvalitě opracování styčných ploch, na velikosti tlaku působícího na spojení, atp. Při přechodu proudu z jednoho vodiče do druhého vznikne na přechodovém odporu úbytek napětí. Při připojení milivoltmetru pak může vlivem tohoto úbytku napětí dojít k velké chybě měření. Stejně tak, použijeme-li dlouhé přívodní vodiče, můžeme se při měření odporů velmi malých hodnot dopustit chyby tím, že neměříme pouze odpor neznámého rezistoru, ale navíc i odpor přívodů.

Vyloučit vliv přechodových odporů a odporů přívodních vodičů můžeme použitím potenciálových svorek. Měřené zařízení pak připojíme do měřícího obvodu pomocí čtyřech svorek. Pokud bychom obvod zapojili klasicky pomocí dvou svorek A a B, naměřili bychom mezi těmito dvěma svorkami milivoltmetrem úbytek napětí na rezistoru Rx, na přívodních vodičích a úbytek na přechodových odporech. Vliv odporu přívodů a přechodových odporů vyloučíme připojením milivoltmetru přímo mezi body C a D. Vytvoříme-li navíc v těchto místech potenciálové svorky, nebudou se uplatňovat ani přechodové odpory Rc a Rd. Na svorkách E a F vznikají sice také přechodové odpory, ale připojený milivoltmetr má vnitřní odpor mnohonásobně vyšší, takže výsledek měření nijak neovlivní.[1]



obr.2.1 Miliohmmetr

Miliohmmetr MO-2001

digitální miliohmmetr MO 2001 umožňuje měřit čtyřvodičovou metodou odpor v rozsahu 200mΩ do 2000 Ω.

Pracovní podmínky:

- displej 18mm vysoký
- nastavení nuly externí
- indikace přetížení "1"
- vzorkování 0,4 s
- napájení 220V / 50Hz / 2VA
- rozměry 160 x 120 x 85 mm
- hmotnost 0,68 kg

Technické údaje

Měřicí rozsah	rozlišení	přesnost +/-(%rdg+dig)	testovací proud
200m Ω	0,1m Ω	0,75% + 4	100mA
2000m Ω	1m Ω	0,75% + 2	10mA
20 Ω	10m Ω	0,75% + 2	10mA
200 Ω	0,1 Ω	0,75% + 2	1mA
2000 Ω	1m Ω	0,75% + 2	1mA

2.1.2 Měření velmi velkých odporů

Při měření velmi velkých odporů, řádově desítek M Ω a vyšších se negativně projevují zejména izolační odpory zařízení, které dosahují velikostí srovnatelných hodnot s hodnotou měřeného odporu.

Má-li zařízení nedokonalou izolaci, protékají jí, případně po jejím povrchu svodové proudy, které mohou ovlivnit měření, protože proud tekoucí měřeným rezistorem je velmi malý. Proto je třeba zajistit vhodné stínění. Svodový proud I_p protékající mezi vodičem a stíněním nemá na výsledek měření vliv, protože se neuzavírá přes měřidlo proudu (obvykle galvanometr) a pouze zatěžuje napájecí zdroj. Galvanometr měří pouze proud tekoucí izolantem.

2.1.3 Měření izolačního odporu elektrického zařízení

Ze Základů elektrotechniky víme, že neexistují dokonalé izolanty, tj. takové materiály, které by byly zcela nevodivé, kterými by neprocházel žádný proud. Běžně používané izolace vodičů však určitý proud propouštějí, zejména tehdy, dojde-li ke zhoršení izolační schopnosti vlivem zvýšené teploty, navlhnutí či stárnutí izolace. Izolaci, která odděluje dvě místa s různým potenciálem můžeme pokládat za dielektrikum kondenzátoru. Odděluje-li izolace dva vodiče, představují tyto vodiče elektrody takového kondenzátoru. Jde-li o izolaci samotného vodiče, je druhou elektrodou myšleného kondenzátoru zem. Tak jako na skutečném kondenzátoru začne i zde po přiložení napětí na elektrody procházet dielektrický proud. Je to proud kapacitní, nikoliv poruchový. Současně s kapacitním proudem však izolací protéká i proud činný, který je propouštěný vlivem činného odporu nedokonalých míst izolace. A právě tento

ohmický odpor, charakterizovaný hodnotou propuštěného činného proudu, se nazývá *izolační odpor*. Izolační odpor si tedy můžeme definovat jako činný odpor mezi dvěma vodiči nebo mezi vodičem a zemí. Izolační odpor se nejčastěji měří speciálními měřicími přístroji.

V provedení s analogovým ukazatelem se obvykle jedná o ohmmetr s magnetoelektrickým voltmetrem, který je napájen z tranzistorového měniče. Stupnice těchto přístrojů je cejchována přímo v $M\Omega$. Moderní analogové nebo číslicové měřiče izolace měří velikost proudu protékajícího izolací po přiložení odpovídajícího napětí a izolační odpor vyhodnocují podle Ohmova zákona.[1]

2.1.4 Měření izolačního odporu elektrického zařízení

Ze Základů elektrotechniky víme, že neexistují dokonalé izolanty, tj. takové materiály, které by byly zcela nevodivé, kterými by neprocházel žádný proud. Běžně používané izolace vodičů však určitý proud propouštějí, zejména tehdy, dojde-li ke zhoršení izolační schopnosti vlivem zvýšené teploty, navlhnutí či stárnutí izolace. Izolaci, která odděluje dvě místa s různým potenciálem můžeme pokládat za dielektrikum kondenzátoru. Odděluje-li izolace dva vodiče, představují tyto vodiče elektrody takového kondenzátoru. Jde-li o izolaci samotného vodiče, je druhou elektrodou myšleného kondenzátoru zem. Tak jako na skutečném kondenzátoru začne i zde po přiložení napětí na elektrody procházet dielektrický proud. Je to proud kapacitní, nikoliv poruchový. Současně s kapacitním proudem však izolací protéká i proud činný, který je propouštěný vlivem činného odporu nedokonalých míst izolace. A právě tento ohmický odpor, charakterizovaný hodnotou propuštěného činného proudu, se nazývá *izolační odpor*. Izolační odpor si tedy můžeme definovat jako činný odpor mezi dvěma vodiči nebo mezi vodičem a zemí. Izolační odpor se nejčastěji měří speciálními měřicími přístroji. V provedení s analogovým ukazatelem se obvykle jedná o ohmmetr s magnetoelektrickým voltmetrem, který je napájen z tranzistorového měniče. Stupnice těchto přístrojů je cejchována přímo v $M\Omega$. Moderní analogové nebo číslicové měřiče izolace měří velikost proudu protékajícího izolací po přiložení odpovídajícího napětí a izolační odpor vyhodnocují podle Ohmova zákona.

Norma ČSN 33 2000-6-61 udává velikost zkušebních napětí a minimální hodnoty izolačního odporu pro jednotlivé obvody. Pro obvody PELV a SELV (malé napětí) se používá zkušební napětí 250V, izolační odpor v těchto obvodech musí být minimálně 0.25 $M\Omega$. Pro obvody s jmenovitým napětím do 500 V je třeba zkušební napětí 500V, izolační odpor musí být minimálně 0.5 $M\Omega$. Pro obvody s jmenovitým napětím nad 500V je třeba použít měřicí přístroj schopný dodat měřicí napětí 1000V, přičemž izolační odpor musí být větší nebo roven 1 $M\Omega$. Měření izolačního odporu elektrických zařízení i sítí je důležité zejména

z bezpečnostních důvodů, protože ochrana živých částí před nebezpečným dotykem je ve většině případů zajišťována právě izolací. Měří se nejen izolační odpor vodičů, rozvodné soustavy, elektrických spotřebičů, ale i izolační odpor podlah a stěn budov

Před měřením izolačního odporu se zařízení musí (až na výjimky) odpojit od sítě. Můžeme začít měřit až poté, co jsme se ujistili, že měřené zařízení je skutečně bez napětí. Izolační odpor by se měl měřit za stejných okolností, jaké se vyskytují v zařízení za normálních provozních podmínek.

Měřicí vodiče je obvyklé připojovat tak, aby záporný pol zdroje měřiče odporu byl připojen na části, které jsou za běžného provozu pod napětím a kladný pol na kostry, konstrukce nebo uzemněný vodič. Naměřená hodnota izolačního odporu se může přechýlit, až když se poloha ukazovatele ustálí, obvykle stačí 1 min. po přiložení napětí. Při měření izolačního odporu se nesmíme dotýkat rukou měřeného objektu ani přírodních vodičů či svorek, jednak z důvodu nebezpečí úrazu a jednak kvůli zhoršení přesnosti měření.

Měříme-li izolační odpor samostatného zařízení odpojeného od sítě (např. elektrického motoru), je třeba zkontrolovat izolační odpor mezi svorkami pro připojení fázových vodičů a zemí. Pro měření izolačního odporu přístrojů či kontrolu izolačního stavu nářadí se používají speciální přístroje, např. starší tuzemský přístroj ZO 1 nebo moderní víceúčelový přístroj firmy Essen-Metrawatt SECUTEST, který je vybaven grafickým výstupem, případně je možné převést naměřené údaje do počítače k dalšímu zpracování.

Izolační odpory přístrojů a nářadí se kontrolují v teplém stavu (po zahřátí na provozní teplotu). Kontrolu ručního elektrického nářadí je třeba provádět v normou stanovených intervalech, zpravidla alespoň jednou za rok. Při měření izolačního odporu ve čtyřvodičové síti měříme vždy izolační odpor mezi jednotlivými fázovými vodiči a ochranným vodičem. Fázové vodiče příslušné části rozvodu se odpojí od sítě. Dále je nutné rozpojit vodivá spojení zařízení se zemí.[1]



obr.2.2 digitální měřič izolace

Digitální měřič izolace C.A 6543

- velký podsvícený LCD displej
- rozsah $2k\Omega$ až $4t\Omega$
- měření napětí, malých odporů, kapacit
- automatický výpočet kvality izolace
- vykreslení časové závislosti odporu
- filtrace nestability měřené veličiny
- přednastavení doby měření
- vnitřní paměť 128kb
- obousměrná RS232 komunikace
- akumulátorová baterie

Technické údaje:

měřicí napětí	rozsah	rozlišení	přesnost
50V	2k Ω -200G Ω		
100V	4k Ω -400G Ω	1k Ω	+/- (5% + 3dig.)
250V	10k Ω -1T Ω		
500V	20k Ω -2T Ω	1G Ω	+/- (15% + 10dig.)
1000V	40k Ω -4T Ω		

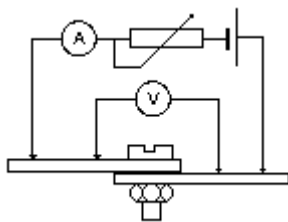
Měření odporů:

rozsah	rozlišení	přesnost
0,01 Ω -400k Ω	0,01 Ω -100 Ω	+/- (3% + 3dig.)

- Okolní prostředí pro měření : -10°C až + 55 °C

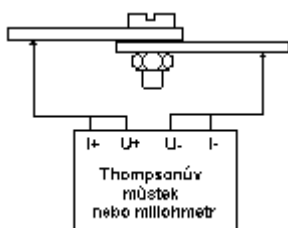
2.1.5 Přejchodový odpor

Je to odpor přechodu - spojení dvou nezávislých vodičů (kovových předmětů). Nesmí být větší než 0,1ohm. Měří buď přímou metodou - miliohmetrem, Thompsonovým můstkem nebo nepřímou, pomocí voltmetru a ampérmetru. Měřicí proud u obou metod musí být větší než 200mA. Při metodě měření pomocí voltmetru a ampérmetru potřebujeme zdroj stejnosměrného měřicího proudu (vhodný je zdroj s možností proudové regulace). Proud nastavujeme podle měřeného odporu a citlivosti připojeného voltmetru (proud 1A při průchodu odporem 0,1ohm vyvolá napětí 0,1V). Nastavením vhodného proudu si usnadníme výpočet odporu. Šňůry přivádějící proud musí být připojeny do bodů vzdálenějších od měřeného přechodu než svorky napěťové. Při měření miliohmetrem a můstkem by se měl mít přístroj připojit čtyřvodičově. Toto připojení vylučuje přechodové odpory v přívodech k měřicímu místu. Pokud musíme použít pouze dvou vodičů, nezapomeneme odečíst odpor šňůr. U čtyřvodičové metody je důležité připojení svorek - dvě svorky přístroje jsou zdrojem měřicího proudu, a druhé dvě snímají napětí na přechodu, zapojují se stejně jako u metody s voltmetrem a ampérmetrem. Proudové svorky jsou vzdálenější od přechodu než napěťové.[1]



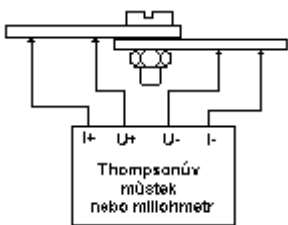
Měření přechodového odporu voltampérovou metodou. Ze zdroje nastavíme známý proud obvodem a změříme úbytek napětí. Z hodnot odpor vypočteme.

obr.2.3 měření přechodového odporu



Thomsonův můstek nebo miliohmmetr mají dvě dvojice svorek, napěťové a proudové. Pokud nepotřebujeme měřit s velkou přesností můžeme použít dvou vodičové zapojení. Napěťové a proudové svorky jsou na přístroji propojeny. Při tomto měření nesmíme zapomenout odečíst odpor měřících šňůr. Na měření má vliv přechodový odpor mezi hroty šňůr a měřeným obvodem (na odporech vzniká úbytek napětí)

obr.2.4 thomsonův můstek



Zapojení se čtyřmi vodiči. Proud z proudových svorek se zavádí jedním párem vodičů, napětí se měří druhým párem. V obvodu měření napětí protéká velmi malý proud, proto nemají úbytky na šňůrách a přechodových odporech dotyků hrotů takový vliv jako v předchozím případě.

obr.2.5 zapojení se čtyřmi vodiči

DIGIOHM 40 -přístroj pro měření přechodových odporů proudem 200 mA



obr.2.6 digiohm

použití:

- měření přechodových odporů proudem 200 mA dle požadavků ČSN 33 1600, ČSN 33 1610 a ČSN 33 2000-6-61
- vyhledávání zkratů
- měření ss a stř. napětí

Popis přístroje:

DIGIOHM 40 navazuje na svého mimořádně úspěšného předchůdce, přístroj DIGIOHM 20L. Nový DIGIOHM 40 zapadá jak pouzdem, do kterého je vestavěn, tak způsobem ovládání, do řady „40“ měřicích přístrojů a zkoušeček.

Přístroj umožňuje zakalibrovat odpor měřicích šňůr. Napájení je řešeno 4 ks NiCd akumulátory, které lze dobíjet přímo v přístroji.

Technické údaje:

Přechodové odpory

Tab. 2.1 přechodové odpory

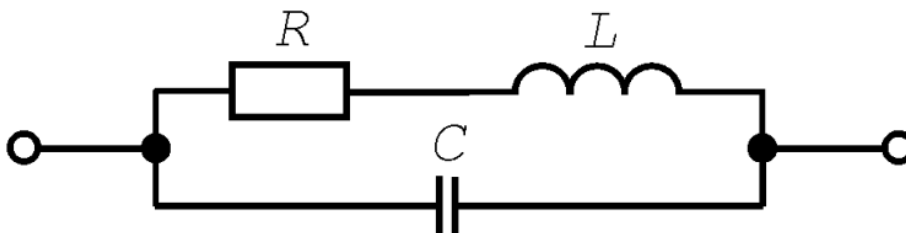
Měřicí rozsah	0,00 ÷ 9,99 Ω
Jmenovitý rozsah	0,08 ÷ 9,99 Ω
Zkratový proud	> 200 mA
Napětí naprázdno	4,0 V ÷ 6,5 V
Kompenzace odporu měřicích šňůr	(do 2,50 Ω)

Kapitola 3

Měřicí metody měření odporu

3.1 Reálný rezistor

Při měření elektrického odporu je podmínkou použít stejnosměrné napájecí napětí, protože při použití střídavého napájecího napětí se projeví sekundární vlastnosti rezistoru a to kapacita a indukčnost, jak jde vidět na Obrázek 2. Z toho vyplývá, že by výsledkem měření nebyla hodnota odporu, ale impedance daného obvodu.



obr. 3.1 Náhradní schéma reálného rezistoru

Způsob měření, kterým se získává hodnota ohmického odporu, se dělí na dvě metody:

- **Výchylkovou**, pro rychlé měření pomocí klasických měřicích přístrojů
- **Nulovou**, s použitím můstku pro přesné měření odporu

- **Nejznámější metody nepřímého měření odporu se dělí podle literárních zdrojů [1], [7], [8] na:**

- **Ohmovu metoda**
- **Metodu měření odporu voltmetrem**
- **Substituční metodu**
- Wheatstoneovým můstkem
- Thomsonovým můstkem

Výběr té správné metody, kterou se bude měřit odpor, závisí na několika faktorech.

3.1.1 Ohmova metoda

Tato metoda je postavena na principu Ohmova zákona a podle velikosti měřeného odporu se dělí na dvě kategorie:

- Pro měření malých odporů
- Pro měření velkých odporů

K měření je tedy použit voltmetr a ampérmetr a hledaný odpor je vypočten podle vztahu:

$$R_x = \frac{U_x}{I}, \text{ kde}$$

U_x - úbytek napětí na měřeném odporu

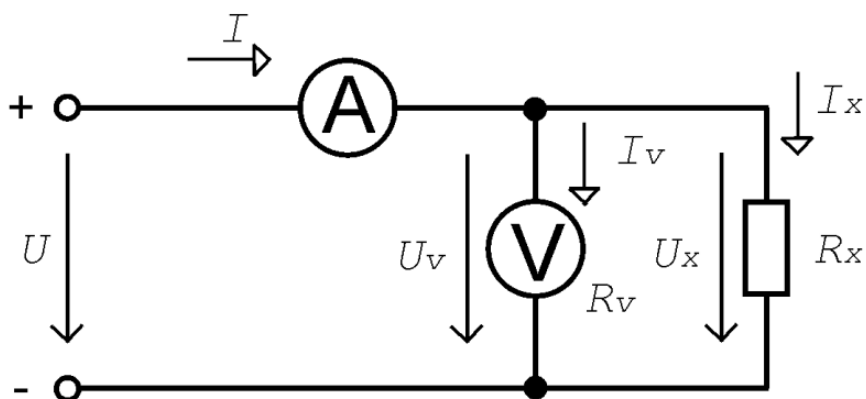
I - proud protékající naměřeným obvodem

R_x - měřený odpor

Dále než se začne měřit, tak je potřeba vědět o jakou velikost odporu se vůbec jedná, jestli jde o měření malých odporu nebo velkých odporů .

Ohmova metoda pro měření malých odporů:

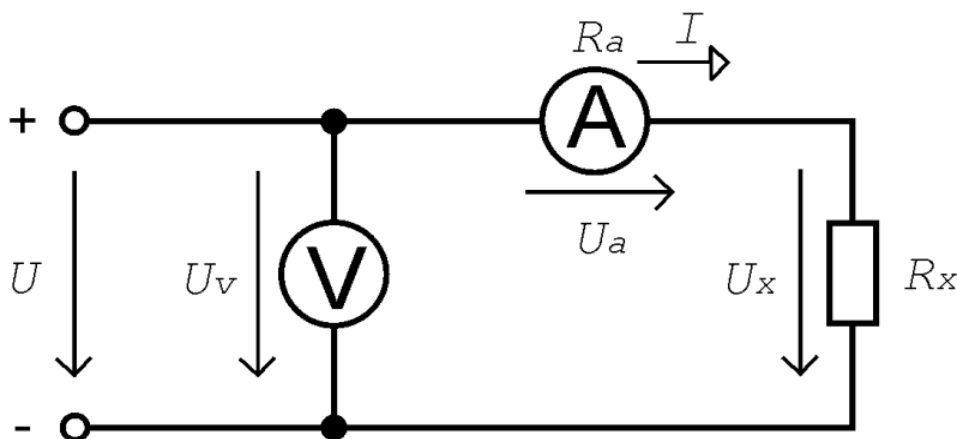
Na Obrázek 3.2 je vidět zapojení v uspořádání AV pro nepřímé měření malého odporu R_x ohmovou metodou. Ampérmetr měří proud I_x , který protéká měřeným odporem R_x a současně proud I_v , který protéká vnitřním odporem R_v voltmetru.[4]



obr.3.2 zapojení pro měření malých odporů

Ohmova metoda pro měření velkých odporů:

Na Obrázek 3.3 je vidět zapojení v uspořádání VA pro nepřímé měření velkého odporu R_x ohmovou metodou. Ampérmetr měří proud I_x , který protéká měřeným odporem R_x . Voltmetr měří úbytek napětí na měřeném odporu R_x a současně na vnitřním odporu R_a ampérmetru.



obr.3.3 Zapojení pro měření velkých odporů

$$U = U_x + U_v, \quad [V]$$

$$R'_x = \frac{U_v}{I} = R_x + R_a, \quad [\Omega]$$

$$R_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U_v - U_a}{I} = \frac{U_v}{I} - R_a, \text{ kde } [\Omega]$$

U_a - úbytek napětí na ampérmetru,

I - údaj na ampérmetru,

R_a - vnitřní odpor ampérmetru,

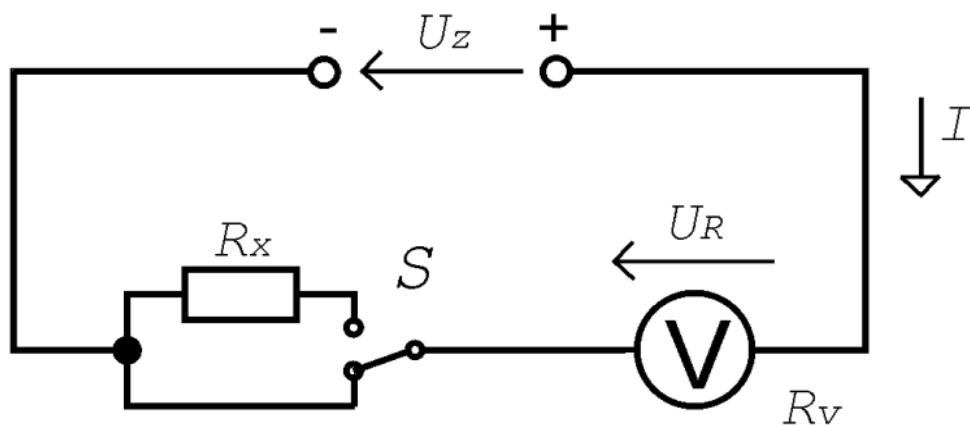
U_v - údaj na voltmetru,

R'_x - hodnota odporu údajů měřidel,

R_x - korigovaná hodnota odporu,

3.1.2 Metoda měření odporu voltmetrem

Při měření se postupuje tak, že jako první je spínač S sepnutý do polohy, kdy měří napětí zdroje U_z , Potom se přepne přepínač S, kdy se připojí neznámý odpor R_x do obvodu a odečte se hodnota U_r zobrazovaná voltmetrem. Nutnou podmínkou uskutečnění tohoto typu měření je potřeba znát vnitřní odpor voltmetru R_v . Tato metoda je vhodná pro měření větších hodnot odporů, řádově stejných s vnitřním odporem voltmetru R_v [4]



obr. 3.4 Měření odporu voltmetrem

$$\frac{U_v}{U_r} = \frac{R_x}{R_v}$$

$$U_v = U_z - U_r$$

Pro velikost měřeného odporu R_x platí vztah : $R_x = \frac{U_z - U_r}{U_r} \cdot R_v = R_v \cdot \left(\frac{U_z}{U_r} - 1 \right)$, kde

U_z - napětí na zdroji

U_r - napětí na voltmetru

R_v - vnitřní odpor voltmetru

3.1.3 Substituční metoda

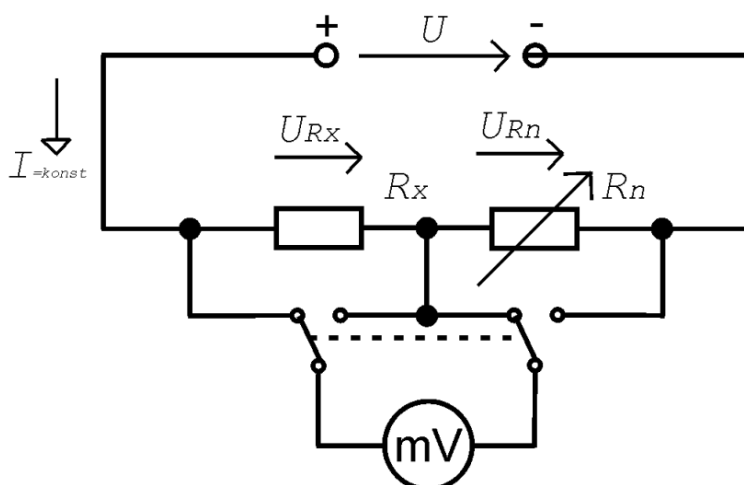
Substituční neboli srovnávací metoda je založena na srovnávání velikostí dvou odporů. První odpor je měřený a nevíme jakou má velikost a druhý je odporový normál se známou velikostí. Odporový normál je u této metody nahrazován přesnou odporovou dekádou. U této metody je výhodou, že chyba metody a systematická chyba měřicího přístroje je u tohoto měření nulová, protože v obou případech odečítáme vlastně hodnotu výchylky ve stejném bodě stupnice a tímto se tyto chyby eliminují. Jak již bývá zvykem, tak každá výhoda vždy přináší nějakou nevýhodu. V tomto případě přesnost měření závisí na přesnosti použité odporové dekády a reprodukovatelnosti údaje měřicího přístroje.[4]

Substituční metoda se dělí na:

- **sériovou**, která je určena pro měření malých odporů.
- **paralelní**, která je určena pro měření větších odporů

3.1.4 Sériová substituční metoda

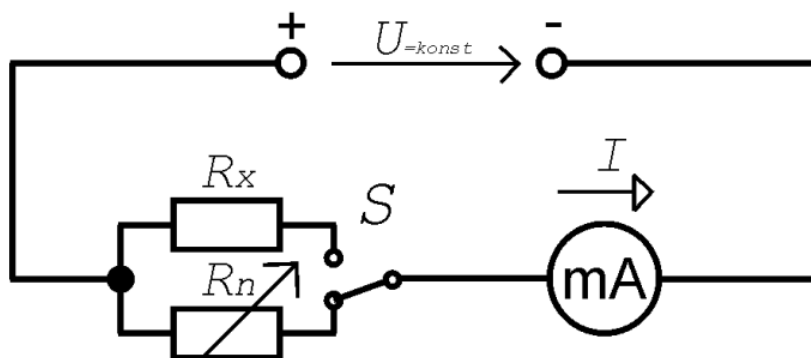
Sériovou substituční metoda se používá pro měření malých odporů. Měření se provádí tak, že se zapojí odpor R_x do obvodu viz, Obrázek 6 a opíše se výchylka α_x na milivoltmetru. Přepne se pomocí přepínače na přesnou odporovou dekádu R_n a pomocí posunování jezdce se musí dosáhnout stejné hodnoty odchytky α_n , na milivoltmetru. Nyní se odchytky rovnají ($\alpha_x = \alpha_n$) a hodnota odporu nastavená na normálové dekádě se rovná hledanému odporu R_x .



obr. 3.5 Pro měření malých odporů substituční metodou

3.1.5 Paralelní substituční metoda

Paralelní substituční metoda se používá pro měření větších odporů. Měření se provádí tak, že se zapojí odpor R_x do obvodu viz, Obrázek 7 a opíše se výchylka α_x na miliampérmetru. Přepne se pomocí přepínače S na přesnou odporovou dekádu R_n a pomocí posunování jezdce se musí dosáhnout stejné hodnoty odchytky α_n , na miliampérmetru. Nyní se odchytky rovnají ($\alpha_x = \alpha_n$) a hodnota odporu nastavená na normálové dekádě se rovná hledanému odporu R_x .



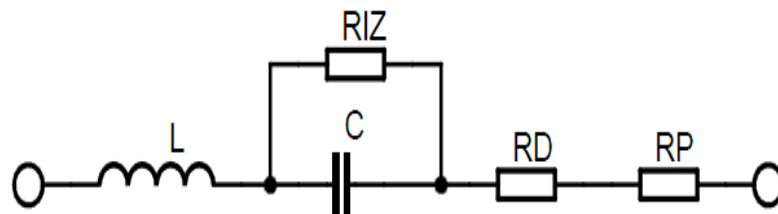
obr. 3.6 Pro měření velkých odporů substituční metodou

Kapitola 4

Kondenzátory

4.1 Parametry a druhy

Mezi základní parametry kondenzátoru patří samozřejmě jeho kapacita, která je dána konstrukcí kondenzátoru a jedná se o nejdůležitější parametr kondenzátoru, který je požadován. Ideální kondenzátor má pouze kapacitní složku, nemá žádné parazitní parametry. Toto bohužel neplatí u reálných kondenzátorů. Mezi jejich další parametry patří jeho indukčnost způsobená indukčností přívodů, dále činitel jakosti Q , ztrátový činitel $\text{tg } \delta$ a v neposlední řadě také jeho vnitřní odpor, neboli ekvivalentní sériový odpor, ESR (někdy nazýván také zdánlivý odpor). Ten se v ideálním kondenzátoru rovná nule, tedy požadujeme v praxi jeho co nejnižší hodnotu. Pro zjištění reálných vlastností kondenzátoru je používán jeho náhradní model zobrazený na obr.4.1.[5]



obr. 4.1 Náhradní model reálného kondenzátoru

Je tedy zřejmé, že reálný kondenzátor je frekvenčně závislý. Jednotlivé prvky v náhradním modelu jsou:

- **C** kapacita kondenzátoru
- **L** indukčnost desek a přívodu kondenzátoru (označován také ESL – ekvivalentní sériová indukčnost)
- **RP** je odpor elektrod, přívodních vodičů a odpor vyvolaný povrchovým jevem, je kmitočtově závislý
- **RIZ** je izolační odpor dielektrika
- **RD** vyjadřuje ztráty v dielektriku a v povrchové izolační vrstvě, je kmitočtově závislý

4.1.1 Hodnota ESR

V praxi se však častěji používá zjednodušený náhradní model Rezistor, který je označený jako ESR představuje ekvivalentní sériový odpor a vyjadřuje souhrnné ztráty vznikající průchodem střídavého proudu reálným kondenzátorem, udává se v jednotkách ohmů (Ω), případně v jednotkách miliohmů ($m\Omega$). ESR je kmitočtově závislý, proto se také v katalogových listech udává hodnota ESR pro určitý kmitočet, nejčastěji pro hodnotu 100 kHz, . L a C jsou shodné s předchozím modelem.

Hodnota ESR je samozřejmě závislá na mechanické konstrukci kondenzátoru a jeho typu. Závisí tedy na použitém materiálu dielektrika, avšak zlepšování ekvivalentního sériového odporu často zhorší ostatní parametry kondenzátoru, případně kvalitnější materiály a pokročilejší výrobní technologie naopak zvýší cenu kondenzátoru.

Přípustná hodnota ESR je do 10 $m\Omega$ pro kondenzátory nad 47 μF . Pro menší kapacity je ESR vždy větší. Pokud ESR tuto hodnotu přesáhne, jedná se pravděpodobně o zestárlý, vyschlý, případně vadný kondenzátor, který je nebo bude hlavní příčinou poruchy zařízení, a je nutné jej nahradit novým. [5]

4.1.2 Elektrolytické kondenzátory

Na trhu je obrovské množství výrobců elektrolytických kondenzátorů ať s tekutým nebo nyní častěji s pevným elektrolytem. Liší se různými parametry, avšak hlavní jsou jeho kapacita a napětí na jaké je daný kondenzátor určený. Liší se samozřejmě podle aplikace, do které jsou určeny, na typy se standardními parametry a na typy s lepšími parametry do náročných aplikací. Lze se setkat například s typy Low ESR, nebo dokonce Ultra Low ESR které jsou speciálně konstruované tak, aby jejich hodnota ESR byla co nejmenší. Takovým typem jsou například kondenzátory série R5 firmy NICHICON. U této série kondenzátorů například výrobce udává pro frekvenci 100 kHz hodnotu ESR = 5 $m\Omega$. Tyto kondenzátory jsou zobrazeny na obr. 4.2



obr.4.2 Vývodové kondenzátory Ultra Low ESR firmy NICHICON

4.1.3 Tantalové kondenzátory

Tantalové kondenzátory jsou velmi kvalitní, používají se v náročných aplikacích, avšak jsou také dražší. Většinu parametrů mají na rozdíl od elektrolytických kondenzátorů lepší, vyznačují se vysokou stálostí parametrů na rozdíl od elektrolytických kondenzátorů. ESR se u tohoto typu kondenzátoru tedy neměří z důvodu zjišťování stáří kondenzátoru, ale z důvodu vybrání vhodného typu kvůli minimalizaci následných ztrát. Lze však také odhalit



obr.4.5 Tantalové kondenzátory firmy AVX pro povrchovou montáž

vadný typ měření ESR. Hodnota ESR je většinou vždy uvedena v katalogových listech. Mezi jednoho z nejznámějších výrobců tantalových kondenzátorů patří zřejmě firma AVX. Opět vyrábí různé typy tantalových kondenzátorů od standardních s běžnými parametry až po kvalitní speciální typy, příklad kondenzátoru pro povrchovou montáž je zobrazen na obr. 5. Mezi běžné typy tantalových kondenzátorů patří například série TAJ. Jedná se o sérii běžných kapacit na běžné jmenovité napětí o standardních parametrech. Hodnota ESR roste se snižující se kapacitou kondenzátoru a s rostoucím jmenovitým napětím, například pro kondenzátor 0,22 μF na 50 V v pouzdře B (typ TAJB224*050#NJ) je hodnota ESR podle katalogu 14. Naopak kondenzátor 470 μF na napětí 6,3 V v pouzdru typu V (typ TAJV477*006#NJ) má udávanou hodnotu ekvivalentního sériového odporu 0,4 Ω . Pokud je vybrán kvalitnější typ tantalového kondenzátoru, na sérii TPS označené Low ESR, je vidět že hodnota ESR se posunula o řád níž. Například u kondenzátoru o kapacitě 330 μF na napětí 10 V a pouzdru E (typ TPSE337*010#0060) je hodnota ESR 60 m Ω . Samozřejmě lze nalézt i typy s nižším ESR, firma AVX nabízí obrovské množství různých typů kondenzátorů. Výběr vhodného typu závisí na požadavcích konkrétní aplikace.[5]

4.1.4 Keramické kondenzátory

U keramických kondenzátorů velmi závisí na použitém dielektriku, tyto kondenzátory však mají široký rozsah použití. Pokud má kondenzátor teplotně stabilní dielektrikum, má většinou nízkou kapacitu a naopak. Jako příklad byl zvolen keramický kondenzátor pro povrchovou montáž velikosti 0805 výrobce EPCOS, [9]. Konkrétně se jedná o kondenzátor s kapacitou 33 nF, jmenovitým napětím 50 V a běžným dielektrikem X7R, použitelným například pro blokování napájení, viz. obr. 7. Hodnota ESR opět není v katalogovém listu uvedena, je

potřeba ji opět vypočítat ze ztrátového činitele. ESR se tedy rovná 1,2 %. Tato hodnota je relativně vysoká, ovšem je potřeba opět poznamenat, že výrobce udává pouze maximální ztrátový činitel, ve skutečnosti je menší, taktéž hodnota ESR bude ve skutečnosti menší.



obr.4.6 Keramické kondenzátory firmy EPCOS s dielektrikem X7R

Další kondenzátory

Mimo tyto uvedené druhy kondenzátorů existují další druhy, názvy těchto skupin se často nazývají podle typu dielektrika nebo podle konstrukčního provedení např.: kondenzátory slídové, styroflexové, pružinové, škrabací, rtubičkové....

4.1.5 Další parametry uváděné u kondenzátorů

- **jmenovitá kapacita** (uvedena přímo na pouzdře) a její tolerance – vzhledem k tolerancím při výrobě se kondenzátory vyrábějí s dosti velkoutolerancí, obvykle $+20\%$ a více, nejsou výjimky ani -30 $+50\%$. Kdysi dávno ve výrobě Tesly řady TE98x byla zaručena tolerance přímož linky -5 až $+95\%$. O trochu větší střední kapacitou z výroby si slušný výrobce ponechává rezervu na stárnutí, doformování v provozu apod.
- **pracovní napětí**, někdy se udávají 2 hodnoty – jmenovité a maximální (bývá přímo na pouzdře) – je to napětí, obvykle součet ss a střídavé složky, které nesmí být v provozu překročeno. Jsou-li uváděny 2 údaje – třeba 400/450V, bývá vyšší hodnota uváděna pro specifické podmínky, a je definována v katalogovém listu. Obvykle se jedná o krátkodobý provoz, přepětí při náběhu zdroje, součet určitého typu zvlnění apod. V datasheetech výrobců tato špičková, krátkodobá hodnota definována časem, hodnotou a výrazem „surge voltage“.
- **pracovní rozsah teplot** (uveden na pouzdře, většinou jen horní mez) – teplota okolí, v jejímž rozmezí je dovoleno kondenzátor používat a ve kterém zůstávají všechny parametry kondenzátoru v mezích, stanovených katalogovým listem. Při velmi nízkých teplotách se snižuje kapacita a zvyšuje vnitřní odpor (elektrolyt mrzne), při provozu nad dovolenou teplotou dochází k vysychání elektrolytu a prudkému zkrácení životnosti. Mezivýrobky renomovaných značek lze vždy nalézt alespoň jednu speciální řadu, schopnou pracovat i při velmi nízkých teplotách.

- **Seriózní výrobce** udává velké množství údajů ke každému typu, mnohé údaje jsou vyjádřeny za určitých podmínek měření a jejich definice bývají výrobcem přesně specifikována.

Další údaje bývají :

- **maximální dovolený proud zvlnění** - v závislosti na kmitočtu je u každého konkrétního typu dovolena max. velikost střídavého proudu, který může kondenzátorem protékat. U levných velkokapacitních kondenzátorů může být tento proud nečekaně malý. Překračování tohoto proudu má značný vliv na životnost, protože vlivem ztrát dochází k nadměrnému vnitřnímu ohřevu kondenzátoru. Rovněž vlivy častého nabíjení a vybíjení jsou velmi podstatné u kondenzátorů v měničích, výkonových zdrojích a v zábleskových zařízeních. Odolnost proti častému nabíjení a vybíjení bývá slušnými výrobci rovněž přesně specifikována.
 - **ztrátový činitel $\text{tg}d$** , někdy zkráceně D - poměr reálné (ztrátové) složky a reaktance kondenzátoru, při malých teplotách výrazně stoupá, rychle s kmitočtem. $1/D = Q$, což je nám známý činitel jakosti.
 - **zbytkový proud** - je závislý na okamžitém napětí a teplotě. Bezprostředně po připojení kondenzátoru na napětí bývá vyšší a během krátkého času klesá na předepsanou, nebo nižší hodnotu.
 -
- životnost** - obvykle se udává při horní mezní teplotě okolí, při jmenovitém napětí a max. dovolené střídavé složce proudu.[5]

Kapitola 5

Měření kondenzátorů

5.1 Měření kapacity Ohmovou metodou

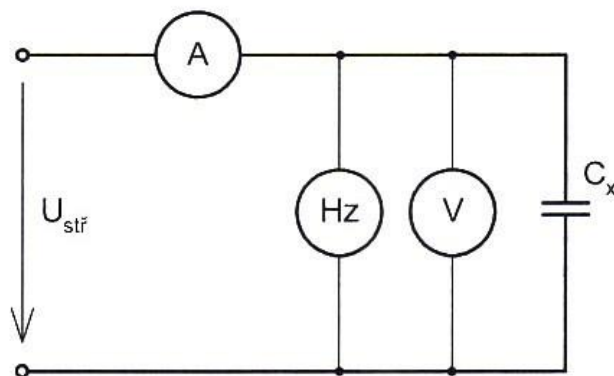
Žádný technický kondenzátor nevykazuje pouze kapacitu avšak má i určité ztráty způsobené nedokonalostí izolace dielektrika, ztrátami v dielektriku při střídavé polarizaci a odporem elektrod. Připojíme-li kondenzátor na střídavé napětí, nebude mít proud v obvodu fázový posun 90° , ale vždy bude menší o určitý tzv. ztrátový úhel δ . V praxi se obvykle používá tangens tohoto ztrátového úhlu, který nazýváme ztrátový činitel $\text{tg}\delta$.

Náhradní schéma je tvořeno sériovou nebo paralelní kombinací rezistoru a kapacity.

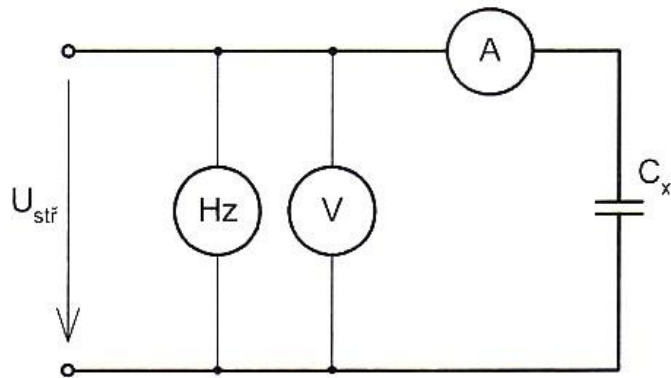
Pro ztrátový činitel $\text{tg}\delta$ platí:

$$\text{tg}\delta = \omega C_s R_s = \frac{1}{\omega C_p R_p}$$

Měření kapacity pomocí voltmetru a ampérmetru připomíná Ohmovu metodu měření odporu. Podobně jako při měření odporu můžeme použít zapojení pro malé a velké kapacity. Neznáme-li přesně kmitočet napájecího napětí, musíme do měřicího obvodu zařadit kmitoměr. Voltmetr a ampérmetr měří efektivní hodnotu, napětí a proud.



obr. 5.1 Zapojení pro měření malých kapacit (velkých kapacitních reaktancí).



obr. 5.2 Zapojení pro měření velkých kapacit (malých kapacitních reaktancí).

- Má-li měřený kondenzátor malý ztrátový činitel ($\text{tg}\delta < 0,01$), potom přibližně platí, že impedance kondenzátoru je rovna jeho kapacitní reaktanci je rovno X_C :

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi f C}$$

- Je-li $\text{tg}\delta > 0,01$, je třeba korigovat údaj ampérmetru.
- Hraniční kapacita pro použití zapojení pro měření malých či velkých kapacit má přibližnou hodnotu.

$$C_h \sim \frac{1}{\omega \sqrt{R_A R_V}}$$

- kde R_A - vnitřní odpor ampérmetru,
- R_V - vnitřní odpor voltmetru.
- Při měření kapacity voltmetrem a ampérmetrem se zpravidla neprovádí výpočet korekcí vlivem spotřeby měřicích přístrojů, protože je to poměrně náročné.
- Pro měření malých kapacit je nutné použít vyšší napětí a kmitočty, aby obvodem protékal měřitelný proud.

5.1.1 Měření rezonanční metodou

Pro měření parametrů obvodových prvků při vysokém kmitočtu se používají nejčastěji rezonanční metody. Měřený prvek je přitom zapojen do měřicího rezonančního obvodu se známými parametry. Do měřicího obvodu přivádíme vysokofrekvenční energii z generátoru. Změnou kmitočtu generátoru nebo některého parametru obvodu přivedeme obvod do rezonance. Přesnost měření závisí na správném určení rezonance a na přesnosti, s jakou známe parametry měřicího obvodu. Rozsah měření rezonančními metodami je přibližně od 100 kHz až do několika set MHz.

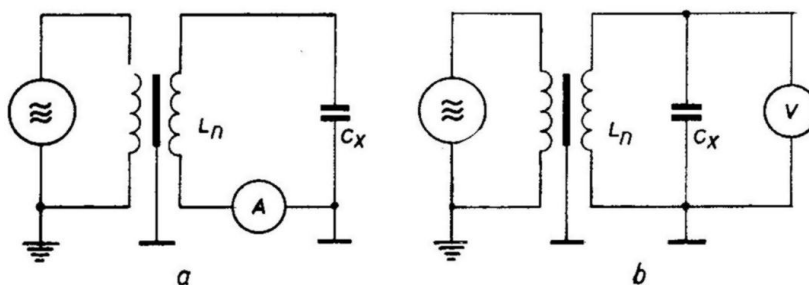
5.1.2 Měření kapacity rezonanční metodou

Schéma základní metody je na obr. 3. Měřený kondenzátor s kapacitou C_X zapojíme do obvodu s cívkou, jejíž indukčnost L_n známe. Obvod je indukčně vázán s výstupem měřicího generátoru, jehož kmitočet lze plynule měnit. Jako indikátor rezonance lze použít ampérmetru s termoelektrickým měničem, zapojeným sériově do „studeného“ spoje obvodu (obr. 6.1.2.a) nebo elektronkového voltmetru, který zapojíme paralelně ke kondenzátoru (obr. 6.1.2.b). Změnou kmitočtu generátoru se obvod přivede do rezonance. V rezonanci je v obvodu maximální proud a na kondenzátoru je maximální napětí.

Ze známých hodnot L_n a f_r vypočítáme hodnotu C_r podle rovnice:

$$C_r = \frac{1}{\omega_r^2 L_n}$$

Vypočítaná hodnota není neznámá kapacita C_X , ale kapacita, do níž se kromě kapacity C_X započítává i vlastní kapacita cívky C_0 , kapacita spojů C_S a kapacita voltmetru C_V , je-li indikátorem rezonance voltmetr.



obr. 5.3 měření kapacity rezonanční metodou a) indikátorem je ampérmetr, b) indikátorem je voltmetr.

Tedy, jsou-li $C_r = C_X + C_0 + C_S + C_V$ kapacita spojů C_S vlastní kapacita C_0 a kapacita voltmetru C_V neznámé, je třeba za C_X považovat vypočítanou kapacitu C_r . Ze vzorce je zřejmé, že chyba měření je větší při malých kapacitách měřeného kondenzátoru a bude tím větší, čím jsou parazitní kapacity C_0 , C_S , C_V větší. Rozhodně je výsledek pouze přibližný. Metoda se hodí k měření větších kapacit. Horní hranice závisí na nejnižším kmitočtu generátoru a na indukčnosti cívky a může při kmitočtu 100 kHz a indukčnosti cívky $L_n = 1$ mH dosáhnout přibližně 2 500 pF.

5.1.3 Měření substituční metodou, odvození výsledných vztahů

Máme-li kapacitní normál, jehož kapacitu lze plynule měnit, provedeme měření substitucí. Podle kapacity měřeného kondenzátoru používáme buď paralelní nebo sériové zapojení

a) Měření malých kapacit

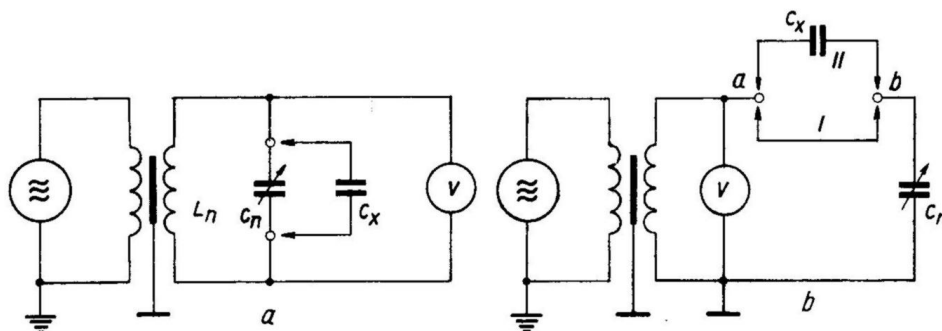
Měřicí obvod je zapojen podle obr. 4.a. Měřený kondenzátor C_X se připojí paralelně ke kapacitnímu normálu C_n . Postup při měření: Kapacitní normál C_n nastavíme na největší kapacitu C_{n1} . Kmitočet měřicího generátoru se mění, pokud není obvod v rezonanci, což se projeví maximální výchylkou ručky voltmetru. Pro kapacitu měřicího obvodu platí rovnice:

$$C_{n1} + C_p = \frac{1}{\omega_{2r} L_n}$$

kde C_p jsou všechny parazitní kapacity měřicího obvodu. Ke kondenzátoru C_n zapojíme potom paralelně měřený kondenzátor C_X , čímž se obvod rozladí a ručka voltmetru klesne. Aby se obvod dostal znovu do rezonance, musí kapacita obvodu dosáhnout původní hranici. To vyžaduje zmenšit kapacitu kapacitního normálu z C_{n1} na C_{n2} . Obvod je potom opět v rezonanci. Je-li přitom měřený kondenzátor C_X připojen paralelně k obvodu; platí pro kapacitu:

$$C_{X1} + C_p = C_{n2} + C_p + C_X$$

z toho velikost neznámé kapacity $C_X = C_{n1} - C_{n2}$



obr. 5.4 Měření kapacit substituční metodou; a) schéma pro menší kapacity; b) schéma pro větší kapacity.

V tomto případě může být přesnost měření o mnoho větší, než u předešlé metody, neboť se neuplatňuje vliv parazitních kapacit a ani indukčnost nemusí být známá. Při měření malých kapacit musí být spoje, kterými se připojuje měřený kondenzátor krátké, aby nezpůsobovaly zbytečné chyby. Rozsah měřitelných kapacit je od nejmenších kapacit, při kterých lze pozorovat rozladění až po kapacitu, která se rovná rozdílu $C_{n \min} - C_{n \max}$. Praktickém případě bude tedy přibližně od 1 do 1000 pF.

b) Měření větších kapacit

Je-li kapacita měřeného kondenzátoru větší než $C_{n \min} - C_{n \max}$, nemůže zmenšení kapacity vyrovnat zvětšení kapacity obvodu při paralelním zapojení měřeného kondenzátoru. Potom je třeba měřený kondenzátor zapojit do série s normálem kapacity do obvodu tak, jak ukazuje obr. 4.b. Obvod se přivede do rezonance jednou při zařazeném měřeném kondenzátoru a podruhé při vyřazeném měřeném kondenzátoru, přičemž jsou svorky a - b, na které se připojuje měřený kondenzátor, spojeny nakrátko. Postup při měření: Měřený kondenzátor s kapacitou C_X se připojí na svorky a - b. Kapacitní normál se nastaví na maximální kapacitu C_m . Změnou kmitočtu měřicího generátoru se obvod uvede do rezonance. Při rezonanci platí pro kapacity obvodu rovnice (kapacity C_n a C_X jsou zapojeny do série):

$$C_r = \frac{C_{n1} C_X}{C_{n1} + C_X} + C_p = \frac{1}{\omega_r^2 L}$$

Dále odpojíme měřený kondenzátor a svorky a - b spojíme nakrátko. Odpojením kondenzátoru C_X se obvod rozladí a bude třeba zmenšit kapacitu normálu na hodnotu C_{n2} , při které je obvod znovu v rezonanci. Pak platí rovnice

$$C_r = C_{n2} + C_p = \frac{1}{\omega_r^2 L}$$

Porovnáním kapacity při rezonanci z předchozích rovnic dostaneme:

$$\frac{C_{n1} C_X}{C_{n1} + C_X} = C_{n2}$$

Z toho kapacita:

$$C_X = \frac{C_{n1} C_{n2}}{C_{n1} - C_{n2}}$$

Parazitní kapacity se ani nyní neuplatňují. Jsou-li indukčnost a kmitočet obvodu stálé, závisí na přesnosti určení C_{n1} a C_{n2} . Měřicí rozsah při použití kapacitního normálu a $C_{n \max} = 1 \text{ } 100 \text{ pF}$ je maximálně do 0,005 až 0,1 F.

Kapitola 6

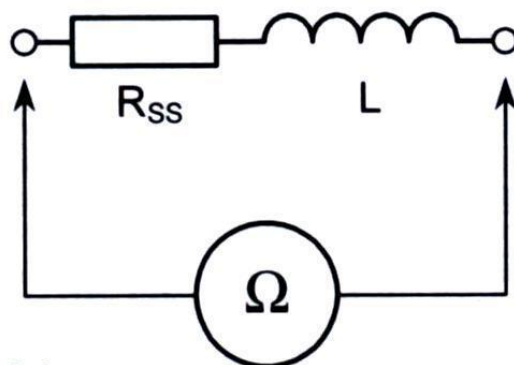
Cívky

6.1 Hlavní vlastnost cívky

Jejich hlavní vlastností je indukčnost [Jednotka indukčnosti je 1 H (Henry)], a jí způsobený indukční odpor. Cívky se používají převážně při vysokých kmitočtech a proto je nazýváme vf cívky. Cívkám které se užívají při nízkých kmitočtech se říká tlumivky. Vf cívky mají mít co největšího činitele jakosti Q , malou vlastní kapacitu a přiměřené rozměry (vlastní kapacita je tvořena kapacitami mezi jednotlivými závitů, které si můžeme představit jako kondenzátorky zapojené paralelně k indukčnostem jednotlivých závitů).

6.1.1 Náhradní schéma cívky

Při technických výpočtech považujeme cívku za sériové spojení ideální indukčnosti L se stejnosměrným odporem cívky R_{ss} . Odpor cívky změříme např. Ohmetrem na svorkách cívky.



obr. 6.1 náhradní schéma cívky

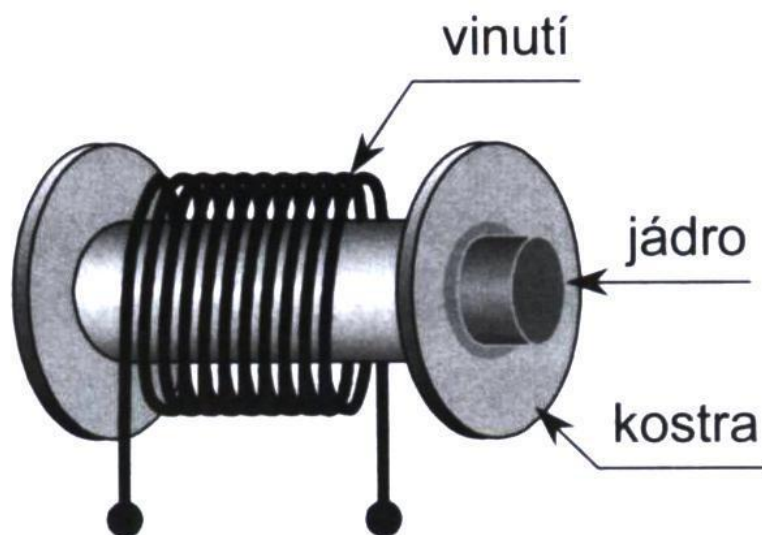
6.1.2 Parametry, konstrukce a schém. Značky cívek

Parametry cívky:

- **Počet závitů**
Geometrické vlastnosti počet závitů na jednotku délky, délka, obsah průřezu
- **Indukčnost** vyjadřuje velikost magnetického indukčního toku při jednotkovém elektrickém proudu
- **Maximální zatížení** největší možný výkon elektrického proudu nepoškozující cívku
- **Maximální proud** největší proud, který může procházet cívkou

Konstrukce cívky:






Cívka vznikne navinutím závitů vodiče v jedné nebo více vrstvách. Čím více závitů cívka obsahuje, tím má větší indukčnost.



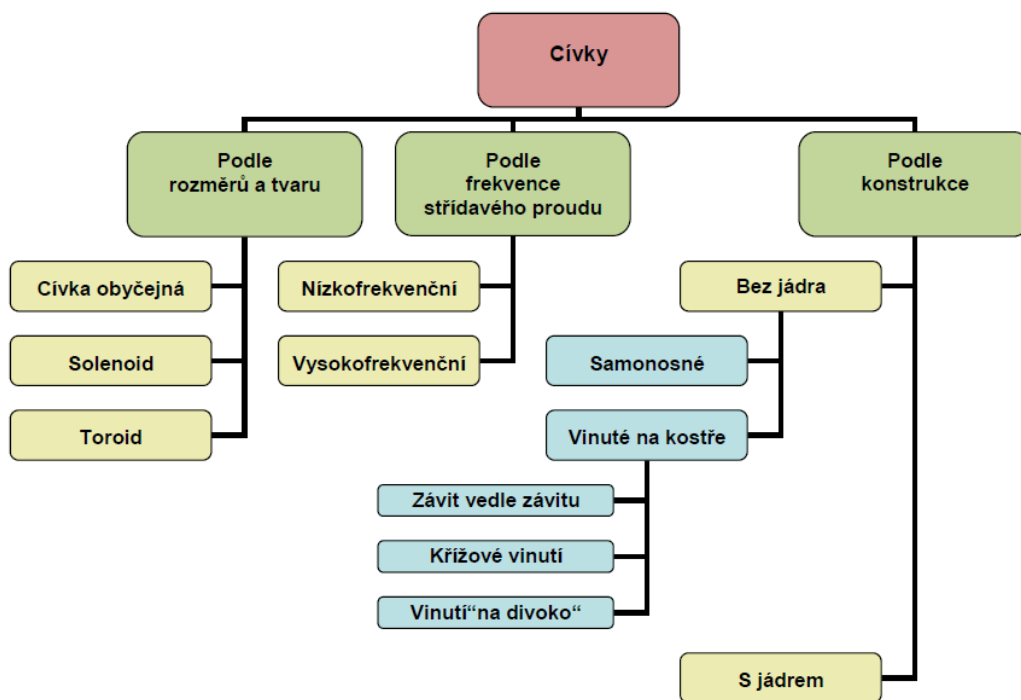
obr. 6.2 konstrukce cívky

Schématické značky cívek:

Tab. 6.1 schématické značky cívek

	Cívka Všeobecná značka		Cívka s čárkovaným jádrem
	Cívka nastavitelná		Tlumivka
	Cívka s pevným jádrem		

6.1.3 Druhy a použití cívek



obr. 6.3 druhy cívek

- Cívky s jádrem mají větší indukčnost (od 10mH) – tuto indukčnost lze
- vysouváním jádra zmenšit o 5 až 10 %.

Použití cívek

Cívku lze používat jako:

- elektromagnet využívá se magnetické síly magnetické pole kolem cívky,
- elektromotor
- Reproduktor
- zvonek
- elektromagnetické relé
- vychylovací cívky v obrazovkách
- měřicí přístroje (voltmetry, ampérmetry, galvanometry)



obr. 6.4 el.mag. relé

- induktor využívá se elektrické napětí indukované proměnným magnetickým polem kolem cívky
- tlumivka cívka působí proti prudkým změnám v elektrickém obvodu (např. zapnutí/vypnutí obvodu, elektrický výboj, ap.).
- transformátor obsahuje dvě nebo více cívek na společném jádře, změnou elektrického proudu (střídavým proudem) v jedné cívce se indukuje elektrický proud v druhé cívce, dochází k transformaci proudu a napětí.
- čtecí hlavičky v pevných discích
- v elektromagnetických oscilačních obvodech
-



obr 6.5 transformátor



obr. 6.6 toroidní transformátor

6.1.4 Tlumivka, druhy tlumivek

Cívka určená k blokování signálů nějaké frekvence v elektrickém obvodu, zatímco signály daleko nižších frekvencí a stejnosměrný proud propouští s malým odporem. Tlumivka je cívka ve tvaru válce nebo prstence (toroidu)

Druhy tlumivek

Podle VA charakteristiky rozlišujeme:

- **Tl. s lineární charakteristikou** bez feromagnetického jádra (vzduchová tlumivka)
- **Tl. s nelineární charakteristikou** v ose cívky uloženo feromagnetické jádro (tlumivka se železem).

Kapitola 7

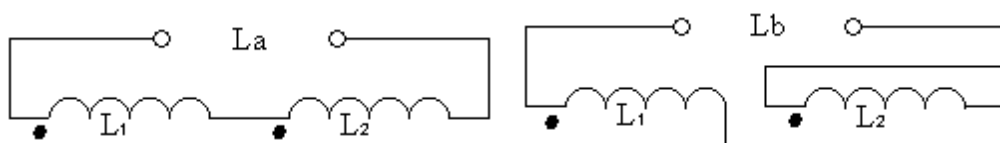
Měřicí metody indukčnosti cívek

7.1 Měření vlastní indukčnosti cívek

Prochází-li cívkou se změnou času proud, mění se magnetické pole cívky, mění se Φ . V cívce se indukuje napětí a to vyvolá proud. Tento proud působí proti proudu, který ho vyvolal. Cívka má tudíž zdánlivě velký odpor. Tento jev nazýváme vlastní indukčnost cívky. Indukčnost válcové cívky délky l a průřezu S , kde N je počet závitů a μ permeabilita prostředí, můžeme charakterizovat vztahem: [6]

$$L = \mu \frac{N^2 \cdot S}{l} \quad [H]$$

- Vzájemnou indukčnost dvou cívek označujeme $M [H]$ (Henry).



obr. 6.7 sériové zapojení dvou cívek

Pro výpočet vzájemné indukčnosti dvou cívek sériovým zapojením podle obrázku (obr. 6.7) může použít vztah:

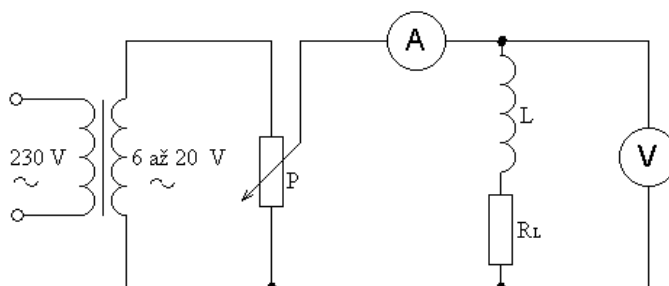
$$M = \frac{L_a - L_b}{4} [H]$$

Pro vzájemnou indukčnost se železným jádrem

Jde v podstatě o stejný případ jako v případě měření se vzduchovým jádrem, jenomže zde je uspořádání cívek ve funkci transformátoru, tzn. paralelní zapojení. Výslednou vzájemnou indukci vypočítáme ze vztahu:

$$M = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot I} [H]$$

7.1.1 Schéma zapojení pro měření vlastní indukčnosti cívky

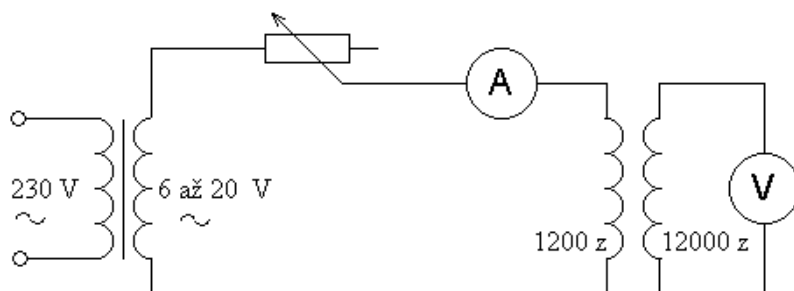


obr.6.8 schéma zapojení

7.1.2 Zapojení pro měření vzájemné indukčnosti cívek se vzduchovým jádrem

Zapojení je obdobné jako v předešlém případě. S výjimkou že na svorky A-B se připojí cívky podle obrázku 01. Jednou se společnými začátky vinutí a podruhé opačnými.

7.1.3 Schéma zapojení pro měření vzájemní indukčnosti cívek se železným jádrem



obr. 6.9 schéma zapojení

Postup měření

Ve všech třech případech se jedná o prakticky stejný postup. Provedeme zapojení dle schématu. Měníme proměnný odpor P (potenciometr) a zapisujeme výsledné naměřené hodnoty napětí $U [V]$ a proudu $I [A]$ do předem připravené tabulky.[6]

Kapitola 8

Diagnostika

8.1 Co znamená diagnostika

Diagnostika znamená : znalost o stavu technického zařízení a to především z hlediska bezpečnosti , účinnosti provozu, ekologického provozu atd....

co získáme diagnostikou technického zařízení :

- nezávislou informaci o technickém stavu zařízení
- lokalizace možných poruch a závad, životnost rozhodujících konstrukčních prvků
- lokalizace již vzniklých poruch a závad
- obdržení návrhu způsobu odstranění zjištěných závad, které jsou pro daný případ optimální
- časový plán čerpání finančních prostředků s výhledem na dobu životnosti technického zařízení [2]

8.1.1 Výhody a metody

Výhody technické diagnostiky

Jak je známo, čím je zařízení složitější a finančně nákladnější, tím důležitější místo v prediktivní údržbě získává diagnostika v celém svém rozsahu a to od měření základních fyzikálních provozních veličin až po měření procesních veličin.

Je prokázáno, že údržba je jednou z nejvyšších nákladových položek a to po celou životnost technického zařízení. Monitorováním stavu zařízení lze předcházet haváriím a neplánovaným odstávkám. Je zcela logické, že plánovaná odstávka na vhodnou dobu minimalizuje náklady.[2]

V současné době se používají metody

- **AKTIVNÍ** – jsou založeny na přímém měření a vyhodnocování změn technického zařízení. Systém údržby založený na trvalém monitorování zařízení lze doplnit o vyhodnocení příčiny poruchy stroje a umožnit tak její rychlé odstranění a následný bezporuchový a tudíž max.trvalý provoz.
- **PASIVNÍ** – jsou založeny na nepřímém měření a vyhodnocování změn technického zařízení.

8.1.2 Provozní diagnostika

Provádí se sledování a vyhodnocování běžných fyzikálních Veličin:

- kritické teploty
- vinutí motorů
- průchodnost filtrů
- kritické hodnoty tlaků
- velikosti průtoků
- apod.

Výše uvedené hodnoty vyhodnocuje např. PLC systém a prostřednictvím vizualizace se provádí kritická hlášení. Stejný princip je např. i v automobilové technice. Kontakt s obsluhou je jednoduchý, většinou pouze červenými signalizacemi (LED diody atd.). Servisní technik má možnost nahlédnout prostřednictvím PC, nebo pomocí menu prostřednictvím servisního hesla do tzv. servisní úrovně.[2]

8.1.3 Diagnostický systém

Diagnostickým systémem nazýváme diagnostické prostředky, diagnostikované objekty a obsluhu. Diagnostické systémy rozdělujeme na :

- **ON-LINE**, tyto vyhodnocují technický stav objektu za provozu. Příkladem ON-LINE systému je např. monitorovací systém, který je k diagnostikovanému objektu trvale připojený, trvale sleduje jeho stav a průběžně vyhodnocuje mezní stavy objektu.
- **OFF-LINE**, nejčastěji pod tímto pojmem rozumíme systémy, u kterých je během diagnostikování testem objekt mimo provoz. Algoritmy diagnostikování testem se dělí na nezávislé (kombinační) a závislé (sekvenční). U nezávislých testů je sled jednotlivých kroků testu nezávislý na výsledcích předcházejících kroků testu. Závislý algoritmus testu realizuje kroky testu v závislosti na výsledcích předcházejících kroků. Závislý test je časově méně náročný. Oproti systémům ON-LINE umožňují systémy OFF-LINE snadněji lokalizovat poruchy, detekovat poruchové stavy, které se při provozu objektu neprojeví. OFF-LINE také nazýváme postup, při kterém se pomocí přenosných zařízení naměří, částečně zpracují a uloží data do paměti. Vlastní vyhodnocení stavu objektu, porovnání s minulým stavem a prognózování se realizuje mimo diagnostikovaný objekt na centrálním počítači.

8.1.4 Rozdělení technické diagnostiky

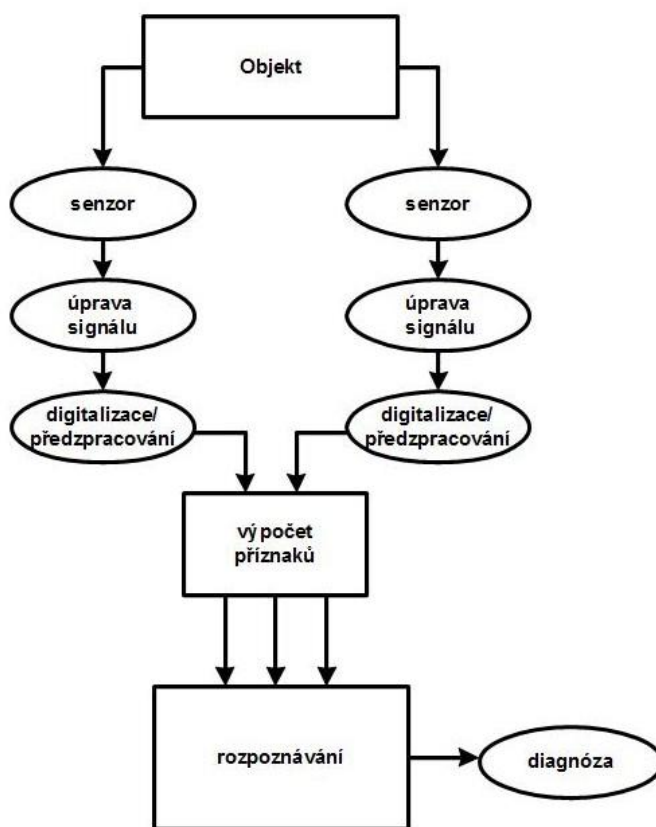
Výpočetní technika dokáže provádět řadu diagnostických testů a výpočtů stupně nebezpečnosti poruchy. K testování diagnostických funkcí jsou na vstup sledovaného objektu přiváděny tzv. simulační signály, které nenaruší jeho běžný provoz. To umožňuje realizovat postupy pro detekci a lokalizaci poruch. Při funkčním diagnostikování jsou vyšetřovány signály senzorů při běžném či zvlášť nastaveném, mezním provozním režimu. Funkční diagnostická technika je zpravidla vestavěna do sledovaného objektu např. u automobilů.

Technickou diagnostiku rozlišujeme podle sledovaných fyzikálních veličin, které umožňují určit provozní stav daného objektu:

- **vibrodiagnostika**: v kritických bodech se měří a vyhodnocuje mechanické kmitání,
- **diagnostika modální analýzou**: měří se a vyhodnocují vlastní frekvence mechanické konstrukce a jejich tlumení,
- **hluková diagnostika**: v kritických místech se měří hluk s aktuálním frekvenčním spektrem,

- **elektrodiagnostika:** měří se velikosti a změny elektrických veličin, funkce elektrických přístrojů a dalších elektrických zařízení,
- **teplotní diagnostika:** v kritických místech se měří teplota a její změny,
- **termografická diagnostika:** ve vybraných částech se měří a analyzují teplotní pole
- **tribodiagnostika:** v kritických místech se provádí analýza aplikovaných maziv
- **diagnostika statickým zatížením:** v kritických místech se měří a analyzují statické síly, mechanické napjatosti a tlaky.

8.1.5 Rozpoznávání v technické diagnostice



obr. 8.1. Obecné uspořádání automatizovaného diagnostického řetězce

Typické obecné schéma automatizovaného diagnostického řetězce obsahujícího část pro rozpoznávání je uvedeno na *obr. 8.1.1*. Snímané diagnostické (fyzikální) veličiny jsou převedeny na měronosné signály, poté následuje jejich přenos, zesílení, případná analogová filtrace a převod do číslicové podoby. Získaná číslicová data jsou dále zpracovávána pomocí segmentace, číslicové filtrace (např. průměrování, vyhlazování, potlačení šumu), normalizace a vyloučení vychýlených hodnot.

8.1.6 Příklad automatizované diagnostiky v praxi

Automatická identifikace

Na světě má stále větší význam identifikace, značkování, kódování, což umožňuje kontrolu původu zboží. Sledujeme velmi rychlý rozvoj technologie RFID – systému kontroly proudění zboží, který využívá rozhlasové vlny, proto se též nazývá rádiovým čárovým kódem. Moderní systémy označování otvírají nové možnosti v organizaci fungování firmy nejen v oblasti logistiky.

V současnosti se pro označení výrobků, předmětů a polotovarů používají zejména čárové kódy. Předností je všeobecné sjednocení způsobu kódování. Problémem je v tomto systému poměrně malá účinnost odečtení zakódovaných údajů. Častější jsou situace, kdy je potřeba kód vkládat ručně, poněvadž selhává čtečka. Rovněž maximální vzdálenost označení od čtečky je ze zásady nepříliš velká, což v mnoha situacích představuje zásadní problém – například tam, kde je přímý přístup ke zboží ztížený. Nyní se stále větší pozornost věnuje značkování využívajícímu technologii rádiového čtení RFID (Radio Frequency Identification). Jedná se o systém čtení a zápisu údajů využívající speciální elektronické soustavy, které jsou připevněny k označovaným předmětům.

Popularita této technologie značkování roste velmi rychle. V roce 2006 bylo na světě prodáno 1,3 miliardy značek. Počet jednotek označených tímto způsobem měl narůst v roce 2008 o 100 procent, přičemž náklady na využití této technologie klesly o 20 procent. Vytvářejí se rovněž samotné značky, a dokonce i ve třídě nejlevnějších značek se objevují taková řešení, jako jsou procesory, paměti či zabudovaná čidla. Jak uvádí analytická firma Gartner, příjmy z dodávek zařízení a řešení souvisejících s používáním technologie RFID vzrostly meziročně o takřka 31 %.

Proč se značkuje

Samotná myšlenka automatické identifikace výrobků se objevila ve 30. letech 20. století, ale než byla plošně rozšířena, muselo uplynout takřka 40 let. Teprve potřeby rozvíjející se sítě supermarketů urychlily standardizační práce. První výrobky označené individuálním kódem se objevily na regálech v amerických supermarketech v roce 1974.

Dnes jsou systémy čárových kódů přítomny prakticky na všech výrobcích. Bez nich by nebyl možný velkoplošný obchod a moderní materiální hospodářství.

Pro potřeby značkovací techniky byl v roce 1973 vytvořen standardizovaný systém značkování výrobků – univerzální kód výrobku (UPC). Ten umožňuje jednoznačnou identifikaci výrobce i výrobku. Rychle vznikla také jeho elektronická verze EPC, ve které se používá 96bitový kód EPC, což umožňuje jednoznačnou identifikaci 1,81019 elementu. Evropský systém kódování (EAN) vznikl v roce 1976. [3]

Kromě značkování pomocí RFID, kterému se rýsuje skvělá budoucnost, je dnes nejpoblárnější značkování pomocí čárových kódů. V současné době se těší velkému zájmu především značkovací systémy DPM. DPM (Direct Part Marking) představuje technologii přímého značkování. Spočívá v nanesení čárového kódu přímo na výrobky, materiály a součásti. Z našich pozorování vyplývá, že tváří v tvář silnému tlaku konkurence hledají firmy technologické investice, které umožňují snížit náklady a získat převahu na trhu nad



obr. 8.2 čtečka

konkurencí; k takovým investicím se řadí i investice do nových systémů DPM,“ tvrdí Tomasz Czarnecki z firmy HDF.

Podle něj je třeba obrátit pozornost na novou kategorii čteček DPM: ruční čtečky Motorola/Symbol DS3400, čtečky HHP ze série 6300 nebo čtečky určené pro průmyslové linky Motorola/ Symbol MS4400. Jedná se o čtečky DPM nové generace, které stojí méně než čtvrtinu průměrného nákladu na stacionární čtečky první generace, přičemž nabízejí mnohem větší funkčnost. Existuje také možnost dynamického přepínání čtečky DPM mezi různými druhy načítaných údajů – uživatel může skenovat čárové kódy 1D a 2D a také značky DPM za běhu, aniž by musel měnit nastavení nebo konfiguraci. Pro uživatele tato možnost připojení k síti LAN nebo WAN zaručuje okamžitý přístup k údajům, což umožňuje automatizaci procesů, a díky tomu mohou být shromážděné údaje v reálném čase zaslané do systému podnikového řízení a možnost bezdrátového spojení se sítí eliminuje komplikované a nákladné kabelové spojení. [3]

Kapitola 9

Využití diagnostiky u firmy VSP DATA a.s., MIKRONIX Bechyně s.r.o

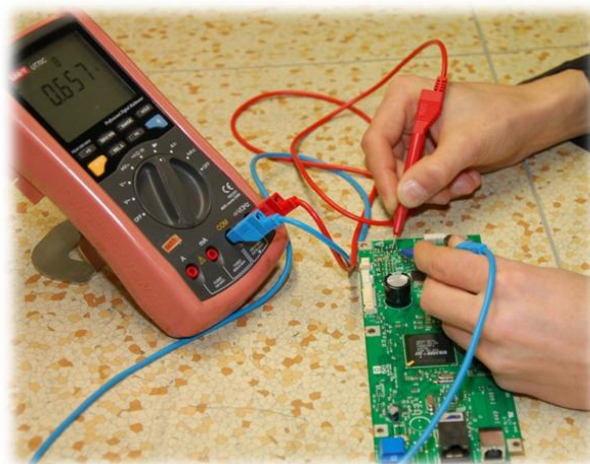
9.1 Využití diagnostiky u firmy VSP DATA

Dne 2.7. 2012 jsem se vypravil do firmy VSP DATA Sezimovo Ústí, abych získal bližší informace ohledně měření a diagnostiky v této firmě.

Po krátkém čekání na vrátnici jsem se sešel s panem Fořtem, s kterým jsem byl předem domluven. Poté co mne pan Fořt provedl výrobou, obeznámil mne s tím že v jejich firmě probíhá diagnostika v omezené míře tzn. Měření jednotlivých komponentů za použití pouze základní diagnostiky.

např :

- měření zkratu na desce
- hodnota odporu
- tato měření provádějí pracovníci pomocí multimeru



obr. 9.1 měření multimerem

Velmi vzácně prý použijí k diagnostice i osciloskop GDS 840C.
např : kontrola zápisu do paměti RAM



obr. 9.2 osciloskop GDS 840C

Popis přístroje

- GDS-840C :250 MHz Displej: 5.7 LCD, Barevný DSO
- 250MHz Šířka pásma průběhy
- Rozšířená synchronizace spouštění: Šířka Impulsu,TV Linka, Zpoždění událostí a času
- 125k Paměť a 12-ti segmentový horizontální displej
- 25GS/s Vzorovací frekvence pro opakované
- /NoGo a Automatické nastavení
- FFT Funkce
- Vestavěná nápověda, Multi-Jazyková podpora a PC Software
- rozhraní: USB, RS-232C, Paralelní Port, Go/NoGo Výstup
- Volitelně: GPIB Rozhraní

Tato omezená diagnostika je prý způsobena dvěma hlavními důvody a to jsou :

- Pracovník má na detekci chyby v komponentu maximálně jednu hodinu. Poté je komponenta vyřazena z výroby.
- Firma vyrábí velké množství tiskáren různého typu a jen po určité období, na př : (půl roku) a po tomto období nastupuje výroba jiného , proto se firmě nevyplatí zakupovat drahá automatizovaná zařízení určená k diagnostice.

Dále jsme se dozvěděli že nejčastějším zjištěním závad ve výrobě jsou :

- špatné konektory,
- aktivní součástky (tranzistor),
- nebo špatně nahrený software,

9.2 Měřicí přístroje ve firmě MICRONIX s.r.o

Do firmy MICRONIX s.r.o. jsme se vypravili s kolegou Jakubem Vyškovským dne 6. srpna, abychom zjistili jaké přístroje firma prodává. Než jsme firmu navštívili kontaktovali jsme vedoucího pracovníka z oddělení měřicí techniky, protože firma micronix se nezabývá jen měřicí technikou, ale například i kamerovými systémy. Navrhl nám, že by mohl předvést určité typy přístrojů na měření aktivních a pasivních součástek. Do prodejny micronix jsme tedy jeli s tím, že nám předvedou některé měřicí přístroje.



obr. 9.3 prodejna micronix

Ale jaké bylo naše překvapení, když za pultem stál pán, který nevěděl nic o naší domluvě a po krátkém rozhovoru s ním bylo zřejmé, že není schopen nám odpovědět. Zavolał pánovi, s kterým jsme se domlouvali, přičemž nám bylo oznámeno že dotyčný se v podniku nenachází navzdory naší domluvě. Pán za pultem nám řekl, že o měřicích přístrojích nic neví a tudíž nám nemůže pomoci. Po prohledání katalogu nám dal do rukou čínsky psaný manuál k přístroji, který nás zajímal. Ať si vybereme informace jaké chceme. Manuál si vzal zpět s tím že ho nemůže poskytnout, jelikož patří k výrobku. Dal nám e-mail na stejného pracovníka, s kterým jsme se domlouvali před návštěvou. Bohužel už se nám nikdo neozval ani na opakované zprávy. Firma MICRONIX prodává určitě kvalitní měřicí přístroje nicméně pokud nemáte vážný zájem koupit měřicí přístroj tak vám ho ani neukážou.

Kapitola 10

Závěr

Za vlastní přínos v této práci považuji vytvoření studijních materiálů pro výuku pasivních součástkacha seznámení o diagnostice ve firmách VSP DATA a.s. a MICRONIX s.r.o. pro středoškolské účely. Jak jsem se zmínil již v úvodu práce tato problematika je velmi široká a zpracování všech informací by vystačilo na několik absolventských prací, nicméně věřím , že tato práce obsahuje množství informací které má obsahovat podle zásady pro vypracování.

Literatura

[1] Elektrotechnická měření , ISBN 80-7300-022-9

[2] ŠEDIVÝ, V., Automatizace v praxi, technická diagnostika

[3] SZAFRANSKI, BOHDAN. Řízení a údržba průmyslového podniku. [online]. [cit. 2012-09-26]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36107

[4] BENEDĚLA, PAVEL. Nejistoty nepřímého měření odporu. [online]. [cit. 2012-09-26]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37890

[5] Měření_a_formování_elektrolytických_kondenzátorů. [online]. [cit. 2012-09-26]. Dostupné z: http://www.electronicsservis.cz/files/mereni_a_formovani_elektrolytickych_kondenzatoru.

[6] KASKA, STANISLAV a Lukáš KAPINUS. Měření vlastní indukčnosti [online]. [cit. 2012-09-26]. Dostupné z: <http://mvt.ic.cz/jedna/zfm-em/zfm-em-03.pdf>

Příloha A

Použitý SoftWare

Microsoft World trial version

(<http://www.adobe.com/downloads/>).

PDFCreator 1.3.2

(<http://www.pdfforge.org/>)

Příloha B

Obsah přiloženého CD

- Absolventská práce v PDF