

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



KONSTRUKCE TRANSFORMÁTORU

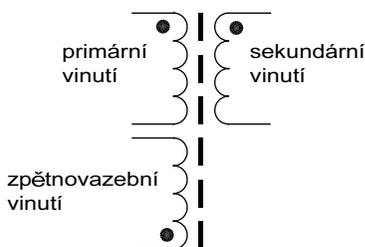
Tato kapitola popisuje návrh a konstrukci jádra, cívky, vinutí a prokladů transformátorů, vhodných pro použití s obvodem TOPSwitch. Příklad výpočtu transformátoru je proveden pro zdroj s výstupním napětím **12 V**, výstupním výkonem **15 W** a univerzálním rozsahem napájecích napětí.

Katalogy feritových jader

Výrobci jader publikují katalogy svých výrobků, kde jsou uvedeny všechny potřebné rozměry a magnetické parametry pro návrh transformátoru. Někteří výrobci také poskytují dodatečné informace konstruktérům ve formě důležitých grafů, jako je např. závislost A_L na tloušťce vzduchové mezery. Jak mechanické, tak elektrické parametry jader stejného označení mívají obvykle obdobné parametry i u různých výrobců.

Katalogy cívkových tělísek

Obvykle výrobci jader doporučují ke každému typu jádra příslušnou kostru (cívkové tělísko), která je pro daný typ jádra použitelná. Koster cívky se vyrábí celá řada a liší se zejména provedením podle montáže transformátoru a počtem vývodů.



Obr. 3.01 Typické zapojení zpětnovazebního transformátoru s **EE** jádrem

Tabulky vodičů

Tabulky vodičů výrobců poskytují jednak rozměrové veličiny jako je průměr vodiče, průměr vodiče s izolací, průřez vodiče a další, jednak veličiny elektrické. Těmi jsou zejména odpor na metr délky, povolený proud při různých proudových hustotách, elektrická pevnost izolace a další.

Existují tři rozšířené způsoby označování vodičů a to **AWG**, **SWG** a metrický. Všechny rozměry vodičů amerických výrobců transformátorů jsou založeny na označování **AWG**. Tabulka převodu tohoto označení i **SWG** na metrické míry je v Příloze I.

3.1 KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY TRANSFORMÁTORŮ

Následující odstavce popisují základní nezbytné díly a materiály pro konstrukci výkonových transformátorů pro spínané zdroje.

Feritová jádra

Vhodnými feritovými materiály pro výrobu spínaných transformátorů, pracujících na kmitočtu **100 kHz** jsou TDK PC40, Philips 3C85, Siemens N67, Thomson B2 nebo jiné podobné materiály. Jader je k dispozici velké množství a jsou snadno dostupná. Nejčastěji užívaná **EE** jádra mají nízkou cenu, širokou dostupnost a nižší rozptylové indukčnosti.

Jsou také použitelné jiné tvary jádra a provedení, jako například jádra **ETD**, **EER** a **EI**. Diagramy pro nalezení vhodného feritového jádra a jeho typu pro různé výkony a konstrukce transformátoru jsou v katalogích výrobců a zjednodušeně také v Příloze II.

Cívky

Cívky s vinutími pro síťové napětí zpětnovazebních transformátorů by měly brát ohled na bezpečné vzdálenosti a izolace, požadované bezpečnostními předpisy a normami. Musí být dodrženy minimální vzdálenosti primárních vývodů od sekundárních a to jak na cívce, tak na plošném spoji.

Cívky by měly být nejlépe zhotoveny z termosetů, jako je např. fenolová pryskyřice, bez deformací až do nejvyšších provozních teplot. Cívková tělíska z materiálů polybutylen, polyetylen, tereftalát (**PBT**, **PET**) a polyfenylen sulfid (**PPS**) jsou také přijatelná, ačkoliv jsou mnohem více citlivá na vysoké teploty než fenolické pryskyřice.

Nylonovým kostrám by se měl konstruktér nejraději vyhnout, protože se snadno taví již při teplotách v požadovaných rozsazích činnosti. Problémem je i zabezpečit stabilní polohu jejich vývodů při pájení. Pokud jsou přesto použity, pak by měly být se zalisovanými skelnými vlákny pro zvýšení tuhosti, kdy je pak lze používat až do teplot **130 °C**.

Izolační materiály

Běžné izolační materiály, používané v transformátorech jsou mylarové nebo polyesterové fólie, které jsou k dispozici ve formě listů nebo pásky. Tento materiál se také vyrábí jako lepicí páska, která je obzvláště vhodná v konstrukci transformátoru, protože jednotlivé závitové izolace po sobě nesklouznou. Výrobci těchto pásek je označují jako **3M**, **Tesa** a **CHR**.

Pro okraje izolačních prokladů v transformátoru je vhodné používat tlustší pásku, aby bylo požadované tloušťky (a elektrické pevnosti) dosaženo použitím poměrně málo vrstev.

Vodiče pro vinutí

Preferovanou izolací pro vodiče pro vinutí transformátorů je nylon-polyuretanový lak. Tato izolace umožňuje pájení bez jejího předcházejícího mechanického odstranění, které je příčinou častých následných poruch (ulomení vodiče). Tento typ izolovaného vodiče je k dispozici téměř u všech výrobců pod různými obchodními názvy: Solderon, Nyleze, Beldsol, atd.

Izolace vodičů pro primární vinutí by měla být značena jako „těžká“ nebo „dvojnásobná“. Obyčejný vodič by neměl mít zejména polyimidovou izolaci, protože tato izolace musí být odstraňována před pájením mechanicky.

Trojité izolovaný vodič

Použití trojitě izolovaného vodiče v transformátorech se zvýšenou elektrickou pevností zjednodušuje konstrukci izolací zejména primárního vinutí a snižuje velikost transformátorů, u nichž je požadovaná zvýšená bezpečnost. Trojitě izolovaný vodič se skládá z **Cu** jádra se třemi zřetelně oddělitelnými vrstvami izolace.

Lakování (impregnace) transformátoru

Mnoho transformátorů jejich výrobci impregnují vhodným dielektrickým lakem. Tím se naplňuje i vnitřek transformátoru, kde lak zlepšuje přenos tepla z vinutí do okolí a zlepšuje průrazná napětí mezi jednotlivými vinutími transformátoru. Také uzavírá vinutí proti vlivu vzdušné vlhkosti a spojuje jednotlivé části jádra tak, aby se zabránilo vzniku hluku v pásmu slyšitelných kmitočtů. Jediná nevýhoda impregnování lakem je, že lakování prodlužuje a prodává výrobu transformátoru.

3.2 METODY KONSTRUKCE TRANSFORMÁTORŮ

Aby transformátor vyhověl bezpečnostním předpisům, musí pro použití jako izolační transformátor od síťového napětí mít přiměřenou izolaci mezi primárním a sekundárním vinutím. Pro transformátory se standardními jádry a cívkami existují dvě základní možnosti metody izolace: vinutí s definovanými okraji a trojitě izolovaný vodič.

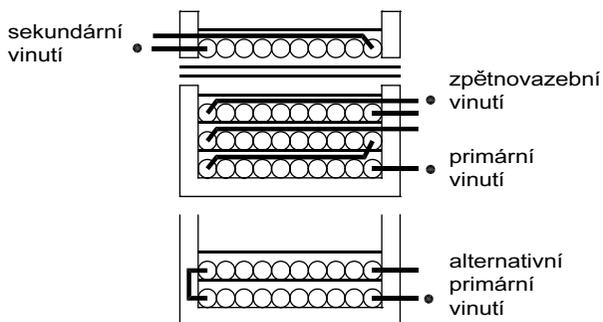
3.2.1 Vinutí s definovanými okraji

Mezinárodní bezpečnostní předpisy vyžadují pro izolační síťové transformátory, které používají vinutí vodičem:

- zesílenou izolaci mezi primárním a sekundárním vinutím,
- zaručenou vzdálenost mezi primárním a sekundárním vinutím tam, kde není použita zesílená izolace.

Příčný řez typického okraje vinutí transformátoru navrženého na základě uvedených podmínek je na *obr. 3.02*. Vzdálenost vodičů, požadovaná mezi primárním a

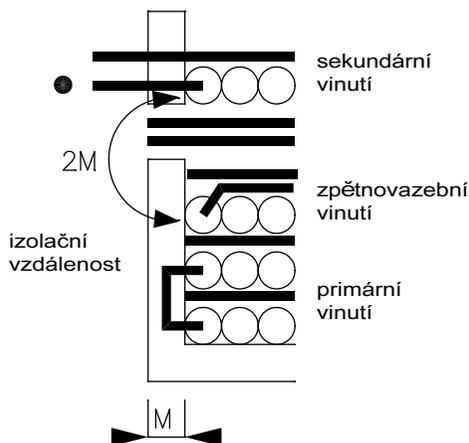
sekundárním vinutím bezpečnostními předpisy je typicky **(2,5–3) mm** pro síťové vstupní napětí v rozsahu okolo **115 V** a **(5–6) mm** pro vstupní napětí **230 V** nebo univerzální vstupní napěťový rozsah.



Obr. 3.02 Řez vinutím s okraji

Tato vzdálenost vodičů je udržovaná fyzickými bariérami, nazývanými okraje. Při praktickém návrhu transformátoru jsou tyto okraje na každé straně cívky vymezeny použitím elektricky izolační pásky s vinutími, umístěnými mezi páskami. Celková minimální vzdálenost mezi primárním a sekundárními vinutími je rovná dvojnásobku šířky okraje **M**, jak je znázorněno na obr. 3.03. Tak vlastně nastavujeme minimální šířku okraje jednou její polovinou v každé vrstvě vinutí vzdáleností **(1,25–1,5) mm** pro **115 V** a **(2,5–3) mm** pro **230 V** nebo univerzální vstup.

Nutnost zesílení izolace mezi primárními a sekundárními vinutími je vyřešená tím, že se používá tři vrstev elektrické izolační pásky místo dvou, které již z hlediska výpočtového mohou vyhovovat plnému zkušebnímu napětí, které je **2000 V** (efektivní

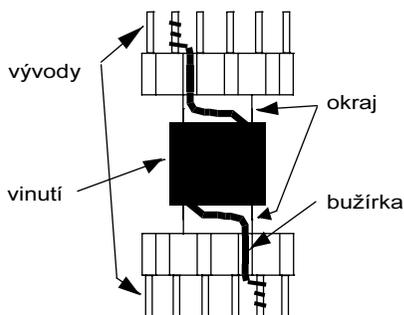


Obr. 3.03 Vyznačení izolační vzdálenosti **2M** při šířce okraje **M** transformátoru

hodnota!) pro **115 V** vstupního napětí a **3000 V** pro **230 V** vstupního napětí. Vrstvy pásky by měly pokrýt celou šířku cívky od její jedné příruby k druhé, jak je uvedeno na obr. 3.22.

Polyesterová izolační páska se základní tloušťkou alespoň **0,025 mm** je dostatečnou izolací pro použití v těchto aplikacích. Sekundární vinutí jsou účinně uložena v boxech s okraji a zesílenou izolací, která je izoluje od primárního vinutí. Přívody od začátku a konce každého vinutí na okraj cívkového tělíska a na pájecí vývody vyžadují zvláště silnou izolaci.

Izolační bužírky mají mít tloušťku alespoň **0,4 mm** a jsou použity tak, že pokrývají celý začátek a konec vinutí transformátoru. Tato izolace by se měla prodloužit z vývodu transformátoru do vnitřku vinutí, jak je uvedeno na obr. 3.04.



Obr. 3.04 Izolace konců vinutí bužírkou

Užití techniky definovaných okrajů vinutí pro transformátory dovoluje vytvářet konstrukce transformátoru s obyčejným vodičem s jednoduchou izolací a přesto dostatečně bezpečné. Je však nutné k tomu izolovat bužírkou začátky a konce vinutí. Jinou alternativou, kdy odpadnou okraje vinutí je použití trojitě izolovaných vodičů.

3.2.2 Konstrukce transformátoru při použití trojitě izolovaných vodičů

Trojitě izolované vodiče podle obr. 3.05 mají tři oddělené vrstvy, kde jakékoliv dvě z nich musí vyhovovat bezpečnostním předpisům na zkušební napětí **3000 V**. Trojitě izolovaný vodič tak uspokojuje potřeby pro zesílenou izolaci podle předpisů **VDE/IEC** a může být použit pro konstrukci transformátor bez okrajů. Příčný řez vinutí transformátoru z trojitě izolovaných vodičů je na obr. 3.06. Trojitě izolovaný vodič se používá jak na primární, tak na sekundární vinutí transformátoru.

Sekundární vinutí má ale obvykle mnohem menší počet závitů než vinutí primární a také silnějším vodičem, takže výhodnost použití trojitě izolace sekundárního vodiče je minimalizovaná. Trojitá izolace vodiče je tedy výhodná pouze tam, kde dosahujeme plného využití šířky kostry, tj. na primární straně, nebo u sekundárních vinutí na vyšší napětí.