

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Elektrická svářečka na střídavý proud

Shádi Shity

Praha

Praha 2023

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Elektrická svářečka na střídavý proud

Electric welder for alternating current

Autor: Shity Shádi

Škola: VOŠ a SPŠ dopravní, Praha 1, Masná 18, 110 00

Kraj: Praha

Konzultant: Mgr. Jarmila Kulíšková, Ing. Harwot Lubomír, CSc.

Praha 2023

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme svoji práci SOČ vypracovali samostatně a použili jsme pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašujeme, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemáme závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dneShity Shádi.....

ANOTACE

Cílem této práce byl seznámit se s funkcí transformátorů a také ukázat postup realizovat transformátorové bodové svářečky.

V první kapitole je popsáno, co se děje, když přes cívku teče střídavý proud. Jsou tam popsány různé jevy, které se na cívce při střídavém proud projevují.

Druhá kapitole se zabývá s principem indukovaní napětí a proudu v transformátoru, jsou tam i principy činnosti jak ideálního transformátoru ale i reálného transformátoru a je zde popsáno náhradní schéma transformátoru a fázová charakteristika.

Třetí kapitola je o transformátorovém jádře a hysterezní smyčka transformátorového jádra. Také tam je popsán výroba transformátorového jádra a vinutí.

Ve čtvrté kapitole se vysvětluje parametry transformátoru, jmenovitě proud naprázdno a také napětí na krátko a jejich vztahy na transformátory.

V posledním bodě je popsán postup realizování transformátorové bodové svářečky. Zde je popsáno schéma analogového časovače, jeho funkce a důvod, proč je důležitý ve svářečce. Nachází se tu výpočet hodnot na vstupu a výstupu transformátoru. Také jsou tady vysvětlené komplikace a různé problémy v konstrukci transformátorových svářeček

Závěr práce je shrnutí, čeho jsem dokázal při realizování své bodové svářečky

KLÍČOVÁ SLOVA

Transformátor, střídavý proud, napětí, indukce, cívka

ANNOTATION

The goal of this work was to get acquainted with the function of transformers and also to show the procedure for realizing spot welders that are powered by transformers.

The first chapter describes what happens when an alternating current flows through a coil. Various phenomena are described there, which manifest themselves on the coil during alternating current.

The second chapter deals with the principle of inducing voltage and current in the transformer, there are also principles of operation for both the ideal transformer and the realistic transformer, and the alternate schematic of a transformer and the phase characteristic is also described here.

The third chapter is about the transformer core and the hysteresis loop of the transformer core. The production of the transformer core and winding is also described there.

The fourth chapter explains the parameters of the transformer, namely the open-circuit current as well as the short-circuit voltage and their relationships with transformers.

The last chapter describes the process of creating a transformer spot welder. Described here is a diagram of an analog timer, its function and why it is important in a welder. There are calculations of the values in the input and output of the transformer. Complications and various problems in the construction of transformer welders are also explained here

The conclusion of the work is a summary of what i was able to achieve while implementing my spot welder and how i could improve my work in the future.

KEYWORDS

Transformer, alternating current, voltage, induction, coil

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Indukčnost cívky na střídavý proud | 2 |
| 2.1 | Magnetické pole..... | 2 |
| 2.2 | Cívka..... | 3 |
| 2.3 | Elektromagnetická indukce | 3 |
| 2.4 | Faradayův zákon | 3 |
| 2.5 | Lenzův zákon | 4 |
| 2.6 | Reaktance cívky | 4 |
| 3 | Princip transformace napětí a proudu pomocí transformátoru..... | 5 |
| 3.1 | Princip činnosti reálného transformátoru..... | 5 |
| 3.2 | Poměry transformátorového převodu | 6 |
| 3.3 | Třífázový transformátor | 6 |
| 3.4 | Svařovací transformátor..... | 6 |
| 3.5 | Náhradní schéma transformátoru..... | 7 |
| 3.6 | Fázový diagram transformátoru..... | 8 |
| 3.7 | Vířivé proudy..... | 9 |
| 4 | Transformátorové jádro a jeho hysterezní smyčka | 10 |
| 4.1 | Transformátorové jádro | 10 |
| 4.2 | Hysterezní smyčka transformátorového jádra | 10 |
| 4.3 | Magnetizace | 11 |
| 5 | Parametry transformátoru – proud naprázdno a napětí na krátko | 12 |
| 5.1 | Proud naprázdno | 12 |
| 5.2 | Napětí na krátko..... | 12 |
| 5.2.1 | Velikost napětí na krátko | 13 |
| 5.2.2 | Ovlivnění napětí na krátko | 13 |
| 6 | Vlastní návrh transformátorové svářečky | 14 |
| 6.1 | Transformátor | 14 |
| 6.2 | Konstrukce bodové svářečky | 14 |
| 6.3 | Analogový časovač | 15 |
| 6.4 | Výpočet hodnot..... | 16 |
| 6.5 | Měřené hodnoty | 17 |
| 6.6 | Komplikace..... | 17 |
| 7 | ZÁVĚR | 18 |
| | Seznam použité literatury | |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Magnetické pole..... | 2 |
| Obrázek 2: Schéma transformátoru | 5 |
| Obrázek 3: Náhradní schéma transformátoru | 7 |
| Obrázek 4: Schéma indukčního toku v magnetickém obvodu | 7 |
| Obrázek 5: Fázový diagram transformátoru | 8 |
| Obrázek 6: Vířivé proudy | 9 |
| Obrázek 7: Transformátorové jádro | 10 |
| Obrázek 8: Hysterezní smyčka transformátoru | 11 |
| Obrázek 9: Napětí na krátko | 13 |
| Obrázek 10: Konstrukce transformátoru | 14 |
| Obrázek 11: Schéma analogového časovače | 15 |

Seznam rovnic

| | |
|---|----|
| Rovnice 1: Indukované napětí | 3 |
| Rovnice 2: Faradayův zákon | 4 |
| Rovnice 3: Reaktance cívky | 4 |
| Rovnice 4: Rovnice hodnot vstupu a výstupu transformátoru | 6 |
| Rovnice 5: Výpočet napětí na sekundárním vinutí..... | 16 |
| Rovnice 6: Výpočet proudu na primárním vinutí..... | 16 |
| Rovnice 7: Výpočet proudu na sekundárním vinutí..... | 16 |
| Rovnice 8: Výpočet reálného výkonu | 17 |

1 Úvod

Transformátory jsou všude kolem nás, jsou to úžasné stroje, kterými se dá měnit napětí a proud na řádově tisíckrát více než co do vstupní strany pustíme. Existují několik různých transformátorů, ale jejich funkce je vždy stálá. Transformátory se dají využívat i jako zdroje proudu pro svářečí přístroje.

Svářečky se používají všude. Od železných částí na židli po konstrukci budov. Existují mnoho různých typů svářeček. Svářečka, kterou jsem postavil já je bodová svářečka, používají se pro sváření plechů k sobě na jednom bodě.

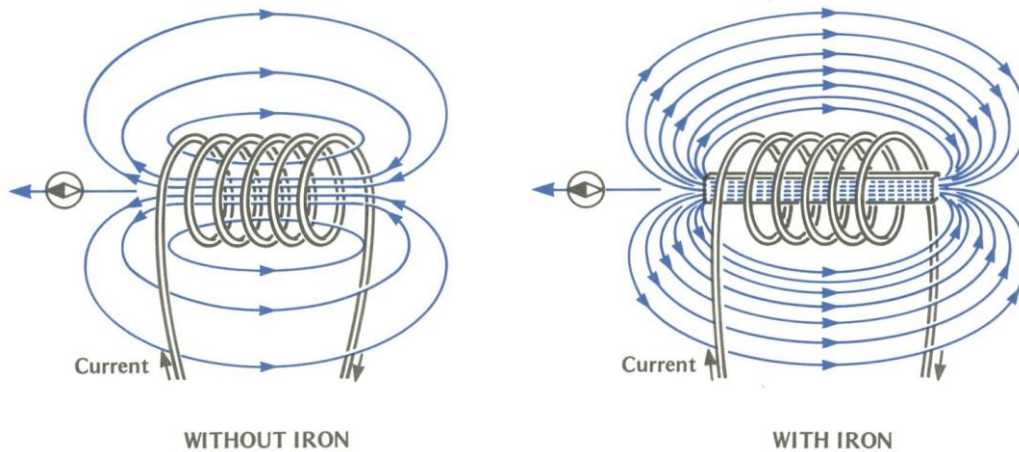
Tato schopnost se využívá například u baterek, ale na to se využívají bodové svářečky s menším výstupním proudem. Cílem této práce je seznámit čtenáře s funkcí transformátoru, a ukázat způsob realizaci domácí bodové svářečky s pomocí mikrovlnného transformátoru.

2 Indukčnost cívky na střídavý proud

Když ve vodiči teče střídavý proud, vytváří se proměnné magnetické pole B . v cívce se tak indukuje napětí U_i , které je vždy podle Lenzova zákona v opačném směru než na zdroji. Dále se vyvolává v cívce fázový posuv proudu oproti napětí o $\frac{\pi}{2}$.

2.1 Magnetické pole

Magnetické pole je oblast kolem magnetu nebo vodiče ve kterém teče elektrický proud. Magnetické pole může být vytvořeno pohybujícím se nábojem nebo elektrickým proudem. Magnetické pole se měří v magnetické indukci B [T], nebo v intenzitě magnetického pole H [A/m].



Obrázek 1: Magnetické pole

2.2 Cívka

Cívka je elektronická součástka, která se používá v elektrice pro vytvoření magnetického proudu a napětí které se vytváří na svorkách. Cívka vytváří kolem sebe magnetický pole, a tak se dá využívat jako elektromagnet. Cívka je sestavena jednoduše. Skládá se z izolovaného vodiče, který je navinutý na železné jádro. Čím je více závitů kolem jádra tím silnější bude následné magnetické pole a tím větší bude indukčnost. Cívka sice může fungovat bez železného jádra, ačkoliv s menší indukčností. z důvodu zmenšení vlivu vířivých proudů se jádro cívky rozděluje na laminované plechy.

Napětí na cívce závisí na velikosti indukčnosti a proudu který přes cívku teče.

$$u_i = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Rovnice 1: Indukované napětí

Cívka pro stejnosměrný proud představuje zkrat, ale pro střídavý proud představuje odpor.

2.3 Elektromagnetická Indukce

Elektromagnetická indukce popisuje děj, při kterém se na vodiči, který se pohybuje v magnetickém poli, vytváří elektrické indukované napětí, kvůli kterému začne téct elektrický proud.

Jinak řečeno, elektromagnetická indukce může být způsobena vodičem který se pohybuje v magnetickém poli nebo proměny magnetického pole kolem vodiče. Tento proces je klíčovým prvkem mnoha elektrických zařízení, jako jsou generátory, elektromotory a transformátory.

2.4 Faradayův zákon

Faradayův zákon popisuje základní princip elektromagnetické indukce a stanovuje, že na vodiči, který je uvnitř proměnlivého magnetického pole, se začne indukovat elektrické napětí. Konkrétně tu platí že velikost indukovaného napětí závisí na rychlost změny magnetického pole a také na počtu závitů vodiče.

Jinými slovy, když se magnetické pole změní ve velikosti nebo ve směru, tak se z vodiče umístěném v daném poli stane zdroj napětí. Tento princip má mnoho praktických aplikací, včetně generování elektrické energie v elektrárnách, elektromotorů, transformátorů a dalších elektrotechnických zařízeních.

Faradayův zákon je jedním ze základních principů elektromagnetismu a tvoří důležitou součást elektrotechnických a fyzikálních teorií. Byl objeven a poprvé popsán britským fyzikem Michaelem Faradayem v 19. století.

$$u_i = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Rovnice 2: Faradayův zákon

2.5 Lenzův zákon

Lenzův zákon stanovuje, že napětí, které je indukované na vodiči, vytváří proud, které má opačný magnetické pole než magnetické pole, které ho vytvořilo. Jinak řečeno, jestliže se mění magnetické pole v blízkosti vodiče, tak se na vodiči začne vytvářet proud, který sám vytváří magnetické pole, které se snaží bránit této změně. Což znamená že proud, který je vytvořen má opačnou polaritu, než má původní zdroj.

Lenzův zákon má praktické využití například v elektromotorech, generátorech, transformátorech a dalších elektrotechnických zařízeních, kde je potřeba kontrolovat proud a magnetické pole.

2.6 Reaktance cívky

Reaktance cívky je elektrická veličina, která popisuje odpověď cívky na střídavý elektrický proud. Reaktance cívky se měří v ohmech a závisí na frekvenci signálu, kterým je cívka napájena, a na indukčnosti cívky.

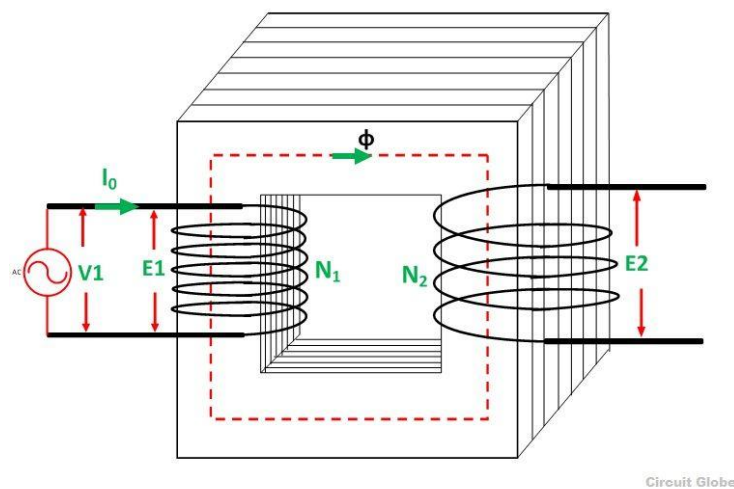
Kvůli indukčnosti cívky, se při střídavého průběhu proudu, vytváří kolem cívky magnetické pole, které omezuje průchod proudu ve vodiči. Toto omezení se označuje jako reaktance neboli indukance cívky. Reaktance je závislá na frekvenci proudu. Čím větší je frekvence tím je i větší reaktance. Vzorec pro reaktanci je:

$$X_L = 2\pi f j L [\Omega]$$

Rovnice 3: Reaktance cívky

3 Princip transformace napětí a proudu pomocí transformátoru

Transformátor je střídavý elektrický netočivý stroj. Pomocí transformátorů lze díky magnetického pole přeměňovat střídavé napětí a proud. Takovýto transformátor se skládá ze tří částí. Primární vinutí, na který se přivádí vstupní napětí, sekundární vinutí, na které se indukuje napětí z primárního vinutí a z jádra, je tvořen z kovových plechů, které jsou od sebe izolované speciálním lakování.



Obrázek 2: Schéma transformátoru

3.1 Princip činnosti reálného transformátoru

Jestli že na primární připojíme střídavé napětí, začne protékat stejně střídavý proud, který vytvoří proměnlivé magnetické pole. tímto polem se uzavře magnetický tok který začne indukovat na sekundárním vinutí napětí. Jelikož se na každém závitě indukuje stejné napětí, tak se napětí sčítá a roste v poměru k závitů na sekundárním vinutí. Díky železnému jádru se zesílí magnetická indukce, tím pádem se zvýší efektivita transformování napětí.

3.2 Poměry transformátorového převodu

Poměr napětí na primárním a sekundárním vinutí je přímo závislý na poměr závitů mezi primárním a sekundárním vinutí. Ačkoliv výkon přes transformaci zůstává stejný na vstupu a na výstupu, nemůžeme zvýšit napětí a proud navzájem. s vyšším počtem závitů roste napětí, ale proud roste s menším počtem závitů a větším průřezem vodiče.

$$P = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Rovnice 4: Rovnice hodnot vstupu a výstupu transformátoru

3.3 Třífázový transformátor

Třífázový transformátor je elektrický transformátor, který se používá pro přeměnu napětí a proudu ve třífázových elektrických sítích. Tento typ transformátoru obsahuje tři vinutí a tři jádra.

Každé vinutí na transformátoru odpovídá jedné fázi elektrické sítě. Díky elektromagnetické indukci jsou tyto tři fáze propojeny společně. třífázové transformátory se používají u distribučních sítí pro distribuci elektrické energie přes velké vzdálenosti a má velice malé ztráty.

3.4 Svařovací transformátor

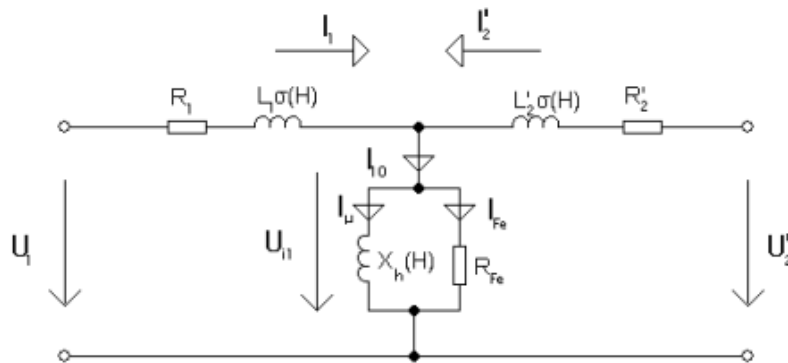
Svařovací transformátor je speciální druh transformátoru používaný při svařování. Svařovací transformátor slouží k přeměně vysokého napětí a nízkého proudu na nízké napětí a vysoký proud.

Svařovací transformátory mohou mít různé výstupní vlastnosti, Jako jsou například nastavitelné výstupní hodnoty napětí nebo proudu, v závislosti na potřebné intenzitě sváření

Svařovací transformátor se obvykle skládá z primárního a sekundárního vinutí a magnetického jádra. Primární vinutí přijímá vysoké napětí a nízký proud a sekundární vinutí vytváří vysoký proud a nízké napětí. Sekundární proud je používán k svařování kovových materiálů.

3.5 Náhradní schéma transformátoru

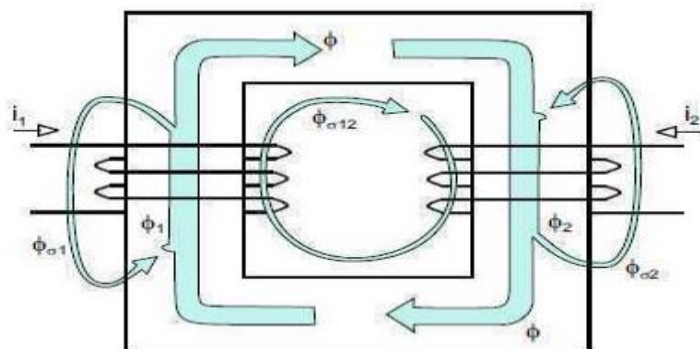
Náhradní schéma transformátoru nám udá přesnější přehled o ztrát a popis zapínacího proudu.



Obrázek 3: Náhradní schéma transformátoru

U je napětí na svorkách transformátoru, a i je proud. L_{σ} je rozptylová reaktance vinutí a X_h je hlavní reaktance. R je odpor vinutí, R_{Fe} ztráty v železném jádře a I_{Fe} je proud v železném jádře. I_m je magnetizační proud. Rozptylové a hlavní reaktance a odpor které reprezentují ztráty na magnetickém obvodu jsou proměnlivé a závisí na magnetizaci transformátorového jádra.

Jestliže rozdělíme indukční tok v magnetickém obvodu transformátoru, tak se hlavní indukční tok F_1 rozdělí na hlavní F a rozptylový indukční tok. část tohoto rozptylového toku $\Phi_{\sigma 1}$ se začne uzavírat přes primární vinutí a další část se bude uzavírat přes primární i sekundární vinutí. Sekundární vinutí se také rozdělí na hlavní F_2 a rozptylový indukční tok.

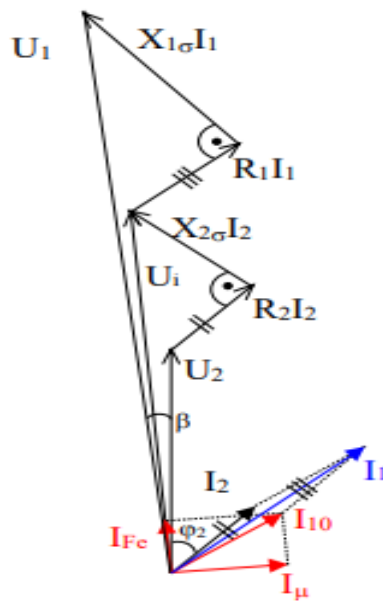


Obrázek 4: Schéma indukčního toku v magnetickém obvodu

3.6 Fázový diagram transformátoru

Pro konstrukci fázového diagramu čerpáme naměřené hodnoty ze sekundárního neboli výstupního vinutí. úbytek napětí na odporu R_2 přidělíme k napětí U_2 , R_2 je ve fázi s proudem I_2 . dále přidáme od 90° fázově posunutou na I_2 reaktanci cívky X_L . spojíme tento bod s počátkem, dostaneme vektor indukovaného napětí U_i . Abychom mohli postupovat dále v náčrtu, je nutno přidat činnou a jalovou složku magnetického proudu na prázdno I_{10} , kde I_{Fe} je činná složka a je ve fázi s indukovaným napětí U_i a jalová složka I_μ která předbíhá činnou složku o 90° . Vektorové sečtení těchto složek nám přidělí proud na prázdno I_{10} . Dalším vektorovým sečtením proudu na prázdno I_{10} a výstupním proudem I_2 dosáhneme k proudu I_1 .

Právě můžeme přidat úbytek napětí na odporu R_1 k indukovanému napětí U_i , R_1 je ve fázi se vstupním proudem I_1 a také reaktanci X_1 která předbíhá proud I_1 o 90° . spojením úbytku reaktance X_1 a počátkem dostaneme primární vstupní napětí U_1 .

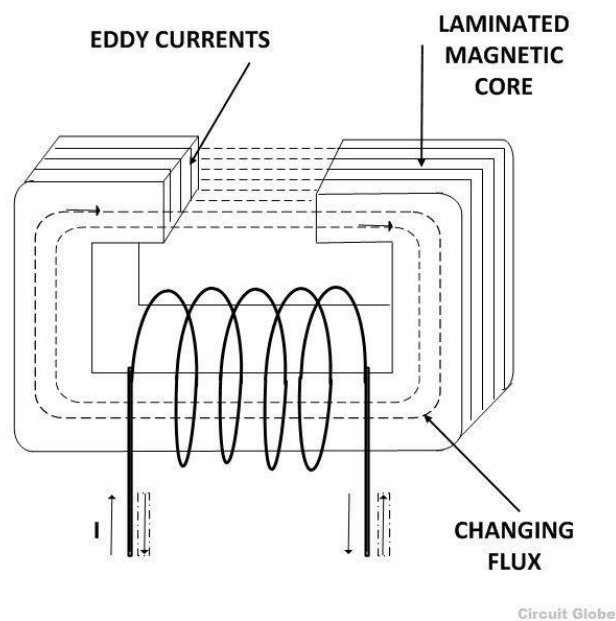


Obrázek 5: Fázový diagram transformátoru

3.7 Vířivý proudy

Vířivý proud (eddy current), známý také jako Foucaultův proud, vzniká v plošných a objemových vodičích, když se v jejich okolí mění magnetický indukční tok.

Tyto indukované proudy mají charakter proudových smyček. Podobně jako u každého indukovaného proudu, vířivé proudy se snaží svým polem zabránit změně, která je vyvolala, což má za následek zeslabení budícího magnetického toku. Největší zeslabení nastává uprostřed průřezu, protože tam obíhají všechny indukované proudy. Tuto formu proudu objevil Léon Foucault v roce 1851.

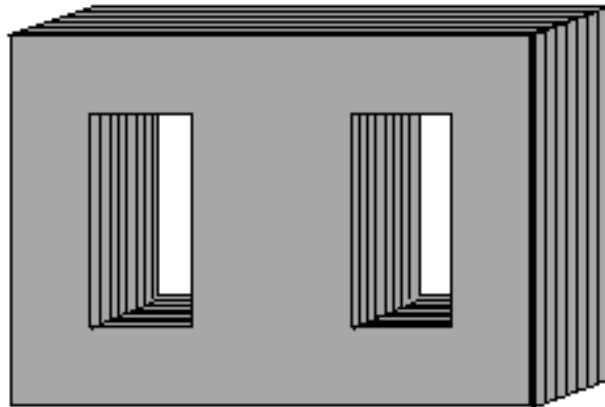


Obrázek 6: Vířivé proudy

4 Transformátorové jádro a jeho hysterezní smyčka

4.1 Transformátorové jádro

Transformátorové jádro je tvořeno z několika plechů, zhruba 0,1-0,3cm v tloušťce a jsou vyráběny z transformátorové oceli, což je speciální typ magneticky měkké oceli smíšená s křemíkem, tato směs se provádí, aby jádro bylo odolnější proti vyšším indukci. Tyto plechy jsou od sebe izolované. Důvod pro takovou konstrukci je, že působením proměnlivého střídavého magnetického pole se indukují vířivé proudy, které jsou v magnetickém obvodu nežádoucí, protože se při přenosu elektrického výkonu jádro transformátoru úměrně ke kmitočtu zahřívá. Obvyčejné transformátorové plechy vydrží indukci až 1,3T, ale některé plechy, které jsou smíšené s křemíkem mohou pracovat s indukci 1,75T

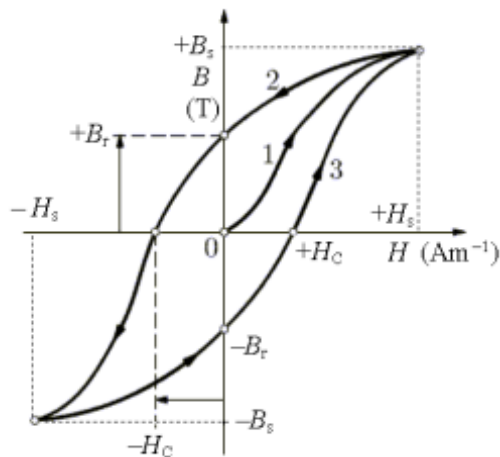


Obrázek 7: Transformátorové jádro

4.2 Hysterezní smyčka transformátorového jádra

Hysterezní smyčka ukazuje závislost magnetické indukce B [T] na intenzitě elektrického pole H [A/m] což nám ukazuje vlastnosti magnetického obvodu. Prvotní magnetizaci transformátorového jádra se ukazuje na křivce 1, dále se ukazují provozní smyčky jádra, které se při střídavém proudu opakují. Remanentní indukce B_r je zbytková indukce, která zůstává po zaniknutí intenzitě vnějšího magnetického pole. Při vypínání transformátoru na jádře zůstává magnetická indukce, která má hodnotu mezi $+B_r$ a $-B_r$

Magnetické materiály se dají dělit na měkké a tvrdé magnety, měkké magnety mají užší hysterezní smyčku a tvrdé mají širší. Měkkost nebo tvrdost magnetického materiálu znamená, jak dlouho drží magnetizaci v sobě, tedy jak dlouho drží své magnetické pole. Měkké magnetické materiály jsou magnetizovány jen krátkou chvílí po vypnutí, a naopak tvrdé magnetické materiály jsou magnetizovány dlouho po odpojení.



Obrázek 8: Hysterezní smyčka transformátoru

4.3 Magnetizace

Magnetizace je fyzikální jev, který dochází při vložení materiálu do magnetického pole. Materiály se dají obvykle rozdělovat na magnetické a nemagnetické. Dále se dají rozdělovat tyto materiály podle síly interakce s magnetickým polem, rozdělují se na magneticky silné magneticky slabé materiály. Magnetický moment je veličina, která popisuje vlastnosti magnetických.

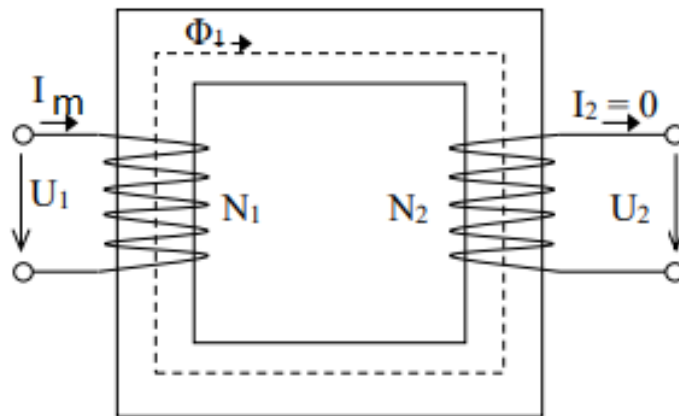
Diamagnetikum je materiál, který po vložení do magnetického pole, díky jeho nulovým magnetickým momentem, dochází k mírnému zeslabení magnetického pole. Paramagnetikum je látka, která má nenulový magnetický moment, ale díky náhodně orientovaných částic se mikroskopické magnetické pole vynulují. Vložení paramagnetického materiálu do magnetického pole způsobí částice, aby se orientovali ve směru pole a mírně zesílí vnější magnetické pole. Feromagnetikum je materiál, který má shodně uspořádané částice tím pádem, když se vloží do magnetického pole, tak se pole zesílí.

5 Parametry transformátoru – proud naprázdno a napětí na krátko

5.1 Proud naprázdno

Transformátor naprázdno má rozpojený sekundární svorky, takže přes ně neteče žádný proud, vstupními svorkami prochází velice malý proud I_m který slouží k vytvoření toku v jádře transformátoru. Tento proud se tedy skládá z proudu magnetizačního I_μ , ze kterého se tvoří magnetický proud a z proudu I_{Fe} , který je pro krytí tepelných ztrát v železném jádře.

Ztráty v primárním vnutí jsou velice malé díky malému proudu, z tohoto důvodu lze je zanedbávat, ztráty při stavu naprázdno se považují jako ztráty v železe jádra transformátoru.

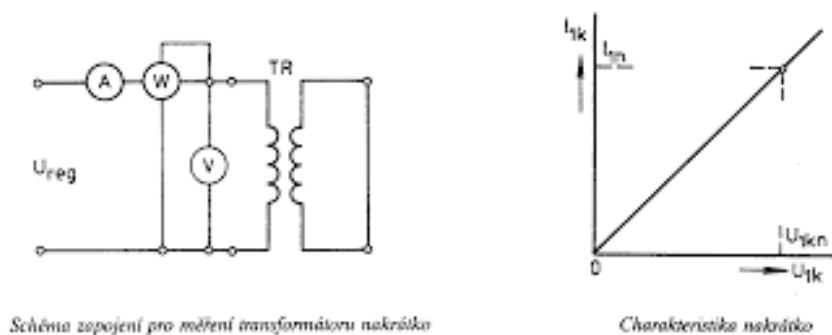


Obrázek 5: Schéma transformátoru na krátko

5.2 Napětí na krátko

transformátor má své sekundární svorky spojeny bez odporu, při tomto stavu sekundárním vnutí prochází veliký proud, ale napětí je velice malé díky malému odporu. Napětí na krátko je velice nebezpečné pro život uživatele a pro transformátor, vysoký proud může zahřát transformátor natolik že se může rozbít, proto je důležité při zkratování sekundárních svorek vždy rozpojit po krátké době, aby nedošlo k úrazu.

Napětí na krátko nám ukazuje proměnlivost sekundárního napětí při změnách proudu. Když se zkratuje sekundární a na primárním vinutí se začne zvyšovat napětí, tak na primárním bude téct jmenovitý proud I_{IN} . Napětí na krátko není uvedeno ve voltech, ale v procentech, které vyjadřují jmenovité napětí



Obrázek 9: Napětí na krátko

5.2.1 Velikost napětí na krátko

Velikost napětí na krátko ukazuje, jaká je velikost zdánlivého vnitřního proudu transformátoru. Čím vyšší vnitřní zdánlivý odpor, tím je větší napětí na krátko, což znamená že na výstupních svorkách bude menší sekundární napětí

5.2.2 Ovlivnění napětí na krátko

S pohledem na ztráty kvůli teplotě, podélný odpor cívky nesmí být vysoký. Lze napětí regulovat ale jinými způsoby, třeba různým uspořádáním vinutí na jedné nebo obou cívek.

6 Vlastní návrh transformátorové svářečky

6.1 Transformátor

Pro realizaci své bodové svářečky používám modifikovaný transformátor ze staré mikrovlnné trouby. Primární vinutí má cca 270 otáček zatím co sekundární má 3 otáčky. Pro vodič na sekundární vinutí jsem vybral měděný kabel s průřezem 25mm²

6.2 Konstrukce bodové svářečky

Pro začátek konstrukce bodové svářečky je nutné si najít transformátor. Doporučuji využít transformátory z mikrovlnných trub, protože se dají lehce a za levnou cenu najít. Dále se musí modifikovat transformátor, aby měl méně závitů na sekundárním vinutí.

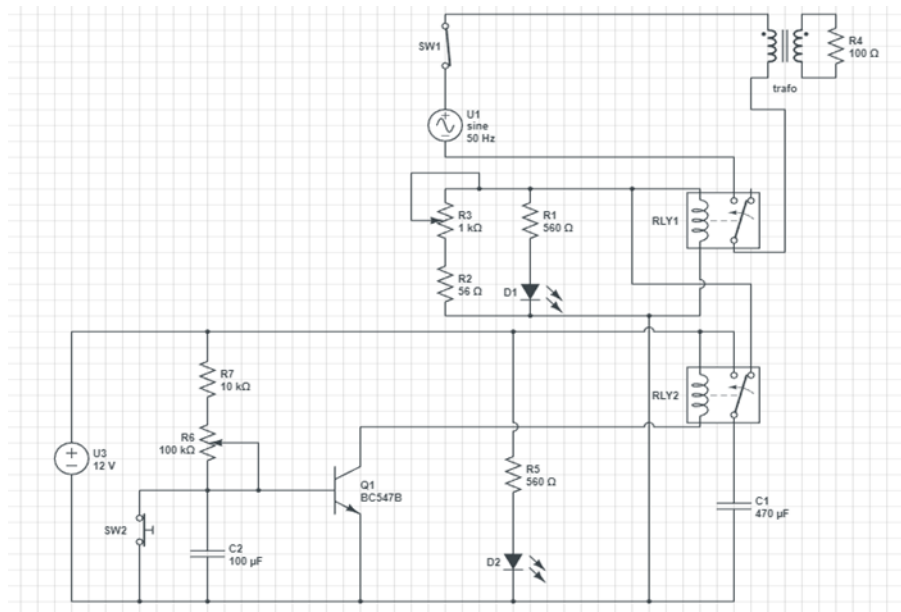
Pro vyměnění sekundární cívky jsou dva způsoby. První způsob je, že se odsekne část sekundárního vinutí a zbytek se vytlačí nebo vypáčí z transformátoru. Druhý způsob je uříznout svářené body na transformátoru uhlovou bruskou nebo pilou na kovy, odebrat "I" část transformátoru dále vyndat primární vinutí, nízkonapětové vinutí, šunty na omezování proudu, a nakonec sekundární vinutí, pak jen stačí vrátit vinutí zpátky do transformátoru a zalepit anebo svařit spolu transformátor.



Obrázek 10: Konstrukce transformátoru

6.3 Analogový časovač

Musím nejprve říct, že analogový časovač není moje tvorba, je to modifikovaný schéma, které jsem našel při pátrání pro inspiraci.



Obrázek 11: Schéma analogového časovače

Obvod se skládá ze čtyř odporů R_1 , R_3 560 Ω , R_2 56 Ω a R_4 10 k Ω . Dále jsou dva potenciometry na ovládání času R_5 1 k Ω a R_6 100 k Ω . Kondenzátory C_1 470 μF a C_2 100 μF . Relé $RL_{1,2}$ slouží jako spouštěče obvodu jsou na 12 v a 10 A. Tranzistor T_1 BC547B. Také tam jsou LED diody, které ukazují, zda obvod běží.

Obvod je napájen na 12 v DC pomocí jedné 9 v baterky a dvěma 1,5 v baterkami.

Časovač zde je přidán, aby nedošlo k přehřátí transformátoru nebo nějaké další nehodě při svařování. Obvod má dva potenciometry, jeden na opoždění sváření a další na dobu sváření.

Funkce analogového časovače spočívá ve nabíjení a vybíjení kondenzátorů C_1 a C_2 . Když se sepe tlačítko S_1 , vybije se kondenzátor C_2 a začne se znovu nabíjet přes T_1 , tím se sepe relé RLY_2 . Mezitím se nabijí kondenzátor C_1 , který se po rozepnutí relé začne přes něj vybíjet. Potenciometrem R_5 se dá nastavovat zpoždění zapínání transformátoru a potenciometrem R_3 se mění čas sváření.

6.4 Výpočet hodnot

Vstupní napětí, které pouštím do primární části transformátoru je 230 v 50 Hz ze sítě. Poměr závitů na transformátoru je cca. 270:3. Výkon mikrovlnné trouby, ze které jsem odebral transformátor, byl 1330 W. Pomocí rovnice poměru transformátoru můžeme spočítat napětí na výstupní straně.

$$P = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{230}{U_2} = \frac{270}{3}$$

$$U_2 = 2,55556 \text{ V}$$

Rovnice 5: Výpočet napětí na sekundárním vinutí

Dále se vzorcem pro výkon $P = UI$ [W] můžeme dostat primární proud.

$$1330 = 230 * I_1$$

$$I_1 = \frac{1330}{230} = 5,78 \text{ A}$$

Rovnice 6: Výpočet proudu na primárním vinutí

Když dosadíme tuto hodnotu do předchozího vzorce dostaneme sekundární proud.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{230}{2,55556} = \frac{I_2}{5,78} = 520 \text{ A}$$

Rovnice 7: Výpočet proudu na sekundárním vinutí

Toto jsou jen teoretické hodnoty v praxi budou tyto hodnoty se ztrátami ještě menší.

6.5 Měřené hodnoty

Měření reálných hodnot na transformátoru byl využitý klešťový multimetr Chauvin Arnaux F205, a také multimetr Beta Amprobe AM-535-EUR.

V měření hodnot na transformátoru jsem postupoval tak, že jsem kolem jedné z výstupních svorek transformátoru připojil klešťový multimetr a k obou svorkám paralelně připojil multimetr nastavený na měření voltů.

Měřené hodnoty při zkratu, tedy při sváření, byly vyšší než čekané ale ne o hodně. I_{MAX} bylo 587 a U_{MAX} bylo 3,54 V. I_{PEAK} bylo 876 A, což je čekané pro iniciální dotyk sekundárních svorek. Reálný výkon byl tedy

$$P = 587 * 3,54$$

$$P = 2077,98 W$$

Rovnice 8: Výpočet reálného výkonu

6.6 Komplikace

Nejhlavnější komplikace spočívali v samotném transformátoru cívky. Hlavně v nahrazování sekundárního vinutí. z tohoto důvodu jsem omylem v mé praktické části rozbil dva transformátory. Při vyměňování sekundárního vinutí je důležité být opatrný na primární vinutí transformátoru, jestli se vodič ve vinutí přestříhne je velice těžké je zase spolu zpátky zapojit.

Důvodem je že vinutí cívek na transformátoru jsou nalakované speciálním elektroizolačním lakem pro důvod izolování vinutí od sebe. Tento lak je velice těžký od vodiče oddělit, musí se použít speciální způsoby jako třeba kyselina.

Další komplikace spočívali v měření hodnot na výstupní straně transformátoru. Svářečky potřebují vysoký proud, aby pracovaly, tento proud může být od pár stovek ampér až do pár tisíc ampér. Bodová svářečka, kterou jsem já vytvořil by měla teoreticky mít kolem 500 A. tato hodnota se dá změřit jen klešťovými multimetry. i kdybych využil místo ampérmetru paralelně zapojený voltmetr s velice výkonným bočníkem, tak by se součástky spálili, než by se na nich něco zobrazilo.

7 ZÁVĚR

Navrhnul jsem bodovou svářečku, která využívá transformátor z mikrovlnné trouby a zrealizoval ho. určil jsem teoretické hodnoty které by svářečka měla mít při práci. Vytvořil jsem analogový časovač, který pomáhá kontrolovat svářečku. Dále jsem změřil reálné hodnoty, které jsou doopravdy na transformátory při funkci.

Pro konstrukci svářečky jsem použil transformátor s poměrem závitu na vinutí 270:3, a který měl mít výkon 1330 W, reálné hodnoty na transformátoru byli ale nakonec vyšší než výpočty, což je překvapující, protože transformátor nebyl předělán na svářecí transformátor ideálně, jmenovitě jsem nechal kvůli strachu poškození primárního vinutí uvnitř transformátoru omezovač proudu, tento omezovač byl nalepený k jádře, takže nebyl způsob ho lehce vyndat. Konečné hodnoty na výstupu byly $I_{\max} = 587 \text{ A}$, $U_{\max} = 3,54 \text{ V}$, $P = 2077,98 \text{ W}$, vypočítané hodnoty pro transformátor byly $I_{\max} = 520 \text{ A}$, $U_{\max} = 2,5555 \text{ V}$ a $P = 1330 \text{ W}$. před výpočtem a měření hodnot transformátoru jsem očekával že budou hodnoty větší, takže jsem mírně zklamán z výsledku.

Také ke svářečce je připojený časovač, který využívá dvoustavové relé, kondenzátory a tranzistor pro svou funkci, tento časovač zde je pro zmenšení poškození na transformátoru a na jeho výstupních svorkách.

Vylepšení této práce by mohlo být, přidání druhého transformátoru, který by zvětšil proud exponenciálně. Dále by se mohlo přidat variabilní měnič napětí nebo proudu pro nastavitelnou intenzitu sváření, nebo také nastavitelné napětí do vstupu primárního vinut

Seznam použité literatury

1. Elektromagnetická indukce a vznik střídavého proudu [online]. Praha [cit. 2023-02-19] Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/elektromagneticka-indukce-a-vznik-stridaveho-proudu/#:~:text=St%C5%99%C3%ADdav%C3%BD%20proud%20a%20nap%C4%9Bt%C3%AD%20vznik%C3%A1,kolmo%20na%20magnetick%C3%A9%20induk%C4%8Dn%C3%AD%20%C4%8D%C3%A1ry.>
2. *Jednofázový transformátor – energetická bilance* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/758?PageSpeed=noscript>
3. *Magnetické pole* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_pole#Lorentzova_s%C3%ADla_p%C5%AFsob%C3%ADc%C3%AD_na_pohybuj%C3%ADc%C3%AD_se_n%C3%A1boj
4. *Ovlivnění zapínacího proudu transformátoru materiálem jádra* [online]. Liberec, 2013 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/17009/DP_Heidler.pdf?sequence=1&isAllowed=y Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
5. Princip transformátoru [online]. Praha [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/473>
6. *Prvky distribučních sítí 03: Transformátory* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ovac%C3%AD_transform%C3%A1tor
7. Reaktance cívky. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikipedia Foundation, 2001- [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Reaktance>
8. *Svářecí transformátor* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ovac%C3%AD_transform%C3%A1tor
9. *Transformátor* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A1tor#Reference>
10. *TRANSFORMÁTOR* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.sse-najizdarne.cz/wp-content/uploads/2020/03/Transformatory.pdf>
11. *Transformátory* [online]. Praha [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: https://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Trafa_bc.pdf