

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

# **Návrh a vytvoření výukových panelů pro elektrotechniku**

Bakalářská práce

**Václav Slipka**

Školitel: Ing. Ladislav Ptáček Ph. D.

České Budějovice 2022

**Bibliografické údaje:**

V. Slipka, 2022: Návrh a vytvoření výukových panelů pro elektrotechniku [Design and creation of teaching panels for electrotechnics. Bc. Thesis, in Czech.] – 77 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

**Anotace:**

Tato bakalářská práce v teoretické části popisuje chování a principy jednotlivých základních komponentů a součástek možných k použití při návrhu a konstrukci panelů pro výuku elektrotechniky. V praktické části je popsán postup vytváření schémat, postup práce při konstrukci panelů a popis funkčnosti panelů.

**Klíčová slova:** Elektrotechnika, ochrana, panely pro výuku, silnoproud.

**Anotation:**

The main goal of this bachelor's thesis is to describe process of making training panels for course electrotechnology. The thesis is divided into two parts. Theoretical part describes the function and principl of electrical components used for the panels construction. The second part describes procedure of creating schemas, construction and its functionality and controls.

**Key words:** Electrotechnics, protection, teaching panels, heavy current.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval sám pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích,

dne .....

Podpis studenta .....

Rád bych poděkoval panu Ing. Ladislavu Ptáčkovi Ph. D. za pomoc při shánění komponentů a za veškeré rady při výrobě panelů pro výuku elektrotechniky. Dále bych rád poděkoval rodičům za veškerou podporu při studiu.

# Obsah

1 Úvod .....	1
2 Elektrické přístroje .....	2
2.1 Druhy elektrických sítí.....	3
2.2 Vypínače a tlačítkové spínače.....	3
2.3 Zásuvky.....	7
2.4 Jistící přístroje.....	8
2.5 Proudový chránič .....	11
2.6 Elektromagnetické spínací přístroje.....	12
3 Elektrické stroje.....	14
3.1 Transformátory .....	14
3.2 Asynchronní stroje.....	20
3.3 Stejnosměrné stroje.....	24
3.4 Dynamometry .....	28
4 Elektrické světlo .....	31
4.1 Elektrické zdroje světla.....	31
5 Elektrické teplo.....	35
5.1 Elektrické zdroje tepla .....	35
5.2 Elektrické chlazení.....	37
6 Elektronické prvky .....	38
6.1 Rezistory .....	38
6.2 Cívky.....	38
6.3 Usměrňovače .....	39
7 Měření elektrických veličin.....	40
7.1 Měření elektrického proudu .....	40
7.2 Měření elektrického napětí .....	42
7.3 Měření fázového posunu.....	44
7.4 Měření elektrického výkonu .....	45
7.4 Měření elektrické práce .....	47
8 Návrhy panelů pro výuku elektrotechniky .....	49
8.1 Měření jednofázového výkonu .....	49
8.2 Měření činného výkonu .....	49
8.3 Stejnosměrný motor s různými druhy buzení .....	50
8.4 Měření asynchronního motoru.....	50

8.5 Stykačová reverzace motoru .....	51
8.6 Stykačové ovládání motoru z více míst .....	52
8.7 Bytová instalace .....	53
8.8 Dohodnuté panely .....	54
8.9 Panel s jističi, proudovými chrániči a elektroměrem.....	55
8.10 Panel s vypínači .....	55
8.11 Panel se svítidly .....	56
8.12 Panel se zásuvkami .....	57
8.13 Panel se spotřebiči .....	57
9 Výroba panelů pro výuku elektrotechniky .....	59
9.1 Výroba panelu s jističi, proudovými chrániči a elektroměrem .....	59
9.2 Výroba panelu s vypínači .....	61
9.3 Výroba panelu se svítidly .....	63
9.4 Výroba panelu se zásuvkami .....	65
9.5 Výroba panelu se spotřebiči.....	66
10 Zkouška funkčnosti panelů pro výuku elektrotechniky.....	69
11 Závěr.....	74
Seznam Literatury.....	76

# 1 Úvod

Laboratoř elektroniky a akustiky je využívána i pro výuku elektrotechniky. Ve výuce elektrotechniky se vyučují základy teorie obvodů a jejich zapojení. Cvičení elektrotechniky se skládají ze samostatné práce studentů, kteří se sami snaží naučit základní zapojení elektrických obvodů. K trénování a učení se obvodů nyní slouží v laboratoři elektrotechnické panely od německé společnosti TS Training system, zastoupení firmou Helago. Panely jsou konstruovány s maximální mírou ochrany s cílem, aby si studenti mohli samostatně vyzkoušet zapojení rozdílných úloh. Úlohy jsou sestaveny na základě stávajícího vybavení v okruzích: Měření činného a jalového výkonu, rozběh a reverzace asynchronního motoru, měření spotřebičů s rozdílným charakterem zátěže (induktivní, kapacitní), domácí instalace.

Cílem této práce bude vytvořit nové panely pro rozšíření dostupných úloh. To znamená navrhnout schémata zapojení jednotlivých problémů (požadovaných úloh) a následně podle těchto schémat navrhnout a vytvořit panely. Po dohodě s vedoucím práce bylo dohodnuto, že panely budou obsahovat ochranu zajištěnou jističi, proudovými chrániči a ochranným pospojováním, a to z důvodu bezpečnosti. Panely se budou používat pro praktickou výuku, proto v základních zapojeních panelů budou jistící prvky domácnosti jako jsou jističe a proudové chrániče. Pro praktickou výuku dále budou vhodné zapojení měřících přístrojů, pro měření napětí voltmetry, pro měření proudu ampérmetry, pro měření účinníku fázoměry, pro měření výkonu wattmetry a pro měření elektrické práce elektroměry. Konstrukce panelů bude zavedena ze základního principu, kdy všechny elektrické komponenty budou uvnitř panelu, aby nedošlo k dotyku, a zvenku na panelu budou přípojovací zdířky pro připojení standartních konektorů 4 mm s vnější izolací.

## 2 Elektrické přístroje

Elektrické přístroje jsou elektrická zařízení, která mohou být přímou součástí elektrického obvodu, nebo mohou být umístěny mimo elektrický obvod. Elektrické přístroje slouží například k jištění, regulaci, spínání, odpojování, spouštění, signalizaci, nebo měření elektrických veličin [1].

Elektrické přístroje můžeme rozdělit na:

- **Spínací přístroje** – používají se k ovládní elektrických zařízení a můžeme je rozdělit:
  - Spínací přístroje pro zapínání a vypínání provozních proudů (vypínače, přepínače, stykače)
  - Odpojovací a uzemňovací přístroje (odpojovače, odpojovací pojistky)
  - Jistící a ochranné přístroje (pojistky, jističe, chrániče)
  - Omezující přístroje (přepět'ové ochrany, bleskojistky)
- **Měřicí přístroje** – používají se pro měření elektrických a neelektrických veličin, podle způsobu záznamu se dělí na analogové, digitální, osciloskopy.
- **Signalizační přístroje** – signalizují stav elektrického zařízení, například vypnuto, nebo zapnuto.
- **Regulační přístroje** – používají se k regulaci elektrických veličin, například reostaty, potenciometry, nebo regulační transformátory.
- **Spojovací přístroje** – používají se pro trvalé spojení obvodů, například svorkovnice, vidlice, nebo zásuvky.

Mezi základní parametry přístrojů patří: **Provozní napětí**, což je hodnota napětí, pro kterou je elektrický přístroj konstruován a toto napětí nesmí být překročeno. Dalším parametrem je **jmenovitý proud**, což je hodnota proudu, pro který je přístroj konstruován a kterou může být trvale zatěžován. **Zkratová odolnost** je parametr, který udává schopnosti vypnout zkrat určité velikosti. Zkratová odolnost se většinou udává v kilo ampérech (kA). Dalším parametrem je **druh proudu**, tento parametr udává, zda je přístroj konstruován pro střídavý, či stejnosměrný proud. Pokud je přístroj konstruován pro střídavý proud udává se **počet fází**, většinou se používají přístroje jednofázové, nebo trojfázové, dále se udává **kmitočet**, jehož hodnota je většinou 50 Hz. **Krytí** elektrických přístrojů je odolnost elektrického zařízení, která se značí IP XX, kde první číslice značí odolnost přístroje proti vniknutí cizích těles a odolnost proti dotyku, a druhá číslice značí odolnost proti vniknutí vody. Dalším parametrem je **klimatická odolnost**, což je odolnost proti mezním teplotám a proti

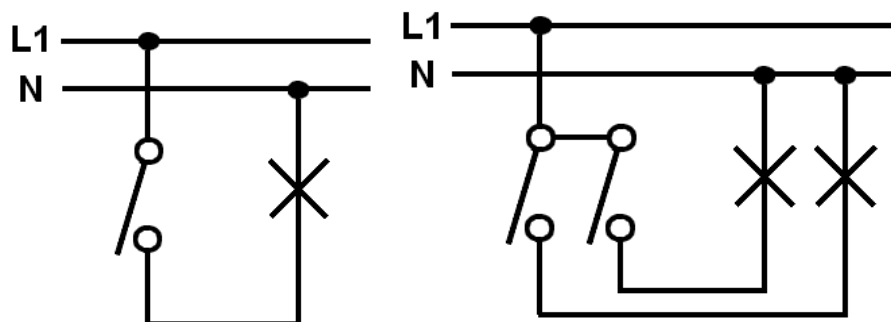
vlhkosti. Klimatická odolnost souvisí s **maximální provozní teplotou**, která udává maximální teplotu, kterou je přístroj schopen snést [1].

## 2.1 Druhy elektrických sítí

V minulosti se používali sítě TN – C, ve kterých byli fázové vodiče a společný ochranný vodič a pracovní vodič PEN. V těchto sítích se nedali zapojovat proudové chrániče a kvůli ochraně zdraví se začali používat sítě TN – C – S, kde rozvodná síť je v podobě sítě TN – C a následně v rozvodnici bytu, či domu se síť stává sítí TN – S, ve které jsou tři fázové vodiče a následně je rozdělen ochranný vodič PE a pracovní vodič N [2].

## 2.2 Vypínače a tlačítkové spínače

Vypínače patří mezi spínací elektrické přístroje nízkého napětí, kde spínání je zapínání, vypínání, nebo přepínání elektrických obvodů pomocí spínacích přístrojů označených jako odpojovače a odpínání přístrojů označených jako odpínače, nebo zátěžové odpojovače. Vypínače jsou nejjednodušší elektrické přístroje, které se používají k zapínání, nebo vypínání elektrických zařízení. Mají vždy dvě polohy a ovládají jeden elektrický obvod, nebo jedno elektrické zařízení. Mohou být jednopólové, nebo i více pólové. Vypínače jsou přístroje určené pro zapínání a vypínání provozních proudů [1].



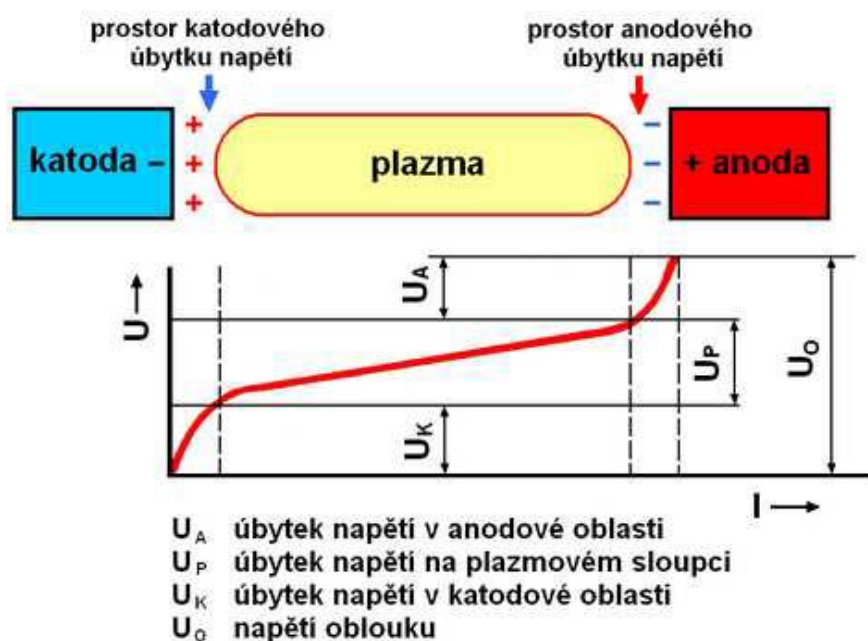
Obrázek 1: Schéma zapojení vypínače č.1 (vlevo) a vypínače č. 5(vpravo) [1]

Při zapínání a vypínání provozních proudů vzniká elektrický oblouk. Jeho velikost je závislá na velikosti proudu a napětí. Při zapínání přístroje vzniká oblouk mezi kontakty, které se k sobě přiblíží na vzdálenost, ve které je napětí vyšší než elektrická pevnost mezi kontakty, to například znamená elektrickou pevnost vzduchu, plynu, vakua, nebo oleje. Napětí, při kterém dojde ke vzniku elektrického oblouku, se nazývá **průrazné napětí**. Elektrická pevnost



se u suchého vzduchu pohybuje okolo 2 – 3 kV/mm a u plynů a olejů jsou tyto hodnoty v desítkách kV/mm. Při zapínání se k sobě kontakty přibližují velmi rychle a elektrický oblouk hoří při zapínání velmi krátkou dobu. Z tohoto důvodu elektrický oblouk obvykle při zapínání nezpůsobuje problémy [1].

Při vypínání přístrojů vzniká elektrický oblouk oddálením kontaktů, kterými prochází proud. Při oddálení se v posledním okamžiku spojení kontaktních ploch zvýší teplota kovu v bodech styku natolik, že kov kontaktů začne odpařovat. Energie nahromaděná v indukčnostech a kapacitách způsobí mezi kontakty přepětí, které způsobí vznik oblouku mezi kontakty. Vznik oblouku závisí na různých činitelích, jako je tvar a materiál kontaktů, nebo prostředí mezi kontakty [1].

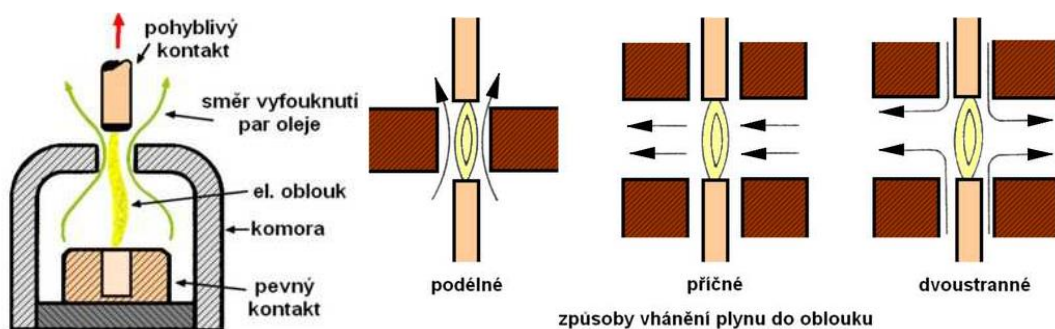


Obrázek 2: Charakteristika napětí v elektrickém oblouku [1]

Elektrický oblouk je výboj, který je soustředěn do úzkého sloupce a skládá se z jádra, takzvaného **plazmatu**, **anodové** a **katodové** elektrodové oblasti. Plazma je sloupec plynu zahřátý na vysokou teplotu, a kromě neutrálních částic je v něm velké množství částic s elektrickým nábojem. Počet částic je však elektricky vyrovnám, a proto se plazma navenek jeví jako elektricky neutrální a má dobrou vodivost. Napětí, které se objeví mezi kontakty, je způsobeno úbytky napětí při přechodu z plazmatu do kontaktů [1].

Prostředí oblouku je ionizováno a prostor se tak stává vodivým. Oblouk se tak může trvale udržet. Delší působení elektrického oblouku může způsobit zničení přístroje, vzhledem k vysokým teplotám, které se pohybují od 6000 K do 15000 K [1].

Aby nedocházelo k poškození kontaktů přístrojů, je nutné dobu hoření oblouku zkrátit zhášením. Pro střídavé proudy existuje několik způsobů zhášení, při větších proudech zůstává prostor mezi kontakty ionizovaný a dochází k znovu zapálení oblouku, znovu zapálený oblouk je však slabší, než předchozí oblouk a tento děj se opakuje do doby, kdy je ionizace nízká tak, že již nedojde k znovu zapálení oblouku. Pro proudy vysokého a velmi vysokého napětí používá cizí zhášecí prostředek, který urychluje deionizaci prostředí. Urychlení deionizace lze dosáhnout plynem, kapalinou, nebo vakuem [1].



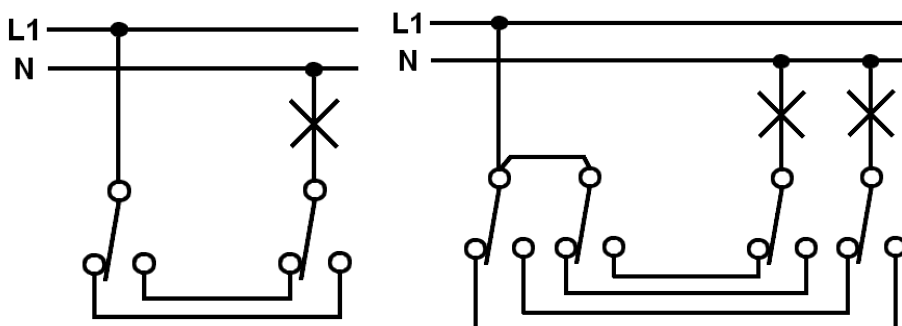
Obrázek 3: Zhášení oblouku vakuem (vlevo), zhášení oblouku plynem (vpravo) [1]

Vypínače neboli domovní spínače jsou spínače používané v domovních instalacích pro světelné obvody. Dříve bylo provedení domovních spínačů otočné v dnešní době je nejčastěji kolébkové [1].

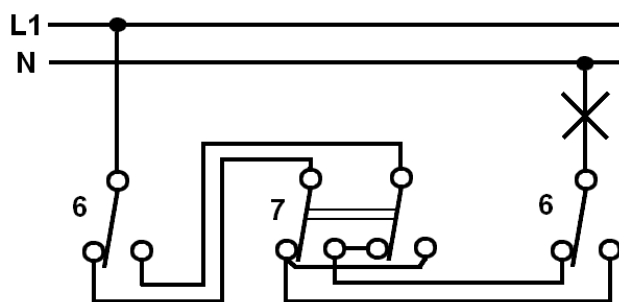


Obrázek 4: Otočný vypínač (vlevo), kolébkový vypínač (vpravo) [1]

Mezi základní používané vypínače v domovních instalacích patří: **Jednopolový vypínač číslo 1**, tento vypínač slouží k ovládání jednoho světelného obvodu z jednoho místa a je to nejpoužívanější spínač v domovních instalacích. **Sériový přepínač číslo 5**, který ovládá dva světelné obvody z jednoho místa. Jsou to v podstatě dva vypínače číslo 1 složené dohromady. Nejvíce se používá v místnostech pro ovládání stropních svítidel. Dalším spínačem je **střídavý přepínač číslo 6**, tyto spínače se používají pro ovládání jednoho světelného obvodu z více míst a jsou nejpoužívanější pro ovládání svítidel na schodištích, proto se tomuto spínači také říká lidově „schodišťák“. Někdy se tyto spínače vyskytují jako **dvojitý střídavý přepínač číslo 6 + 6**, tyto spínače jsou dva spínače číslo 6 v jednom. Jako další nejčastější spínač používaný v domovních instalacích je **křížový přepínač číslo 7**, tento spínač se používá v kombinaci se spínači číslo 6 a číslo 6 + 6. Křížový přepínač číslo 7 slouží k ovládání jednoho světelného obvodu ze tří míst, nebo více míst [1].



Obrázek 5: Schéma zapojení vypínače č. 6 (vlevo) a vypínače č. 6 + 6 (vpravo) [1]

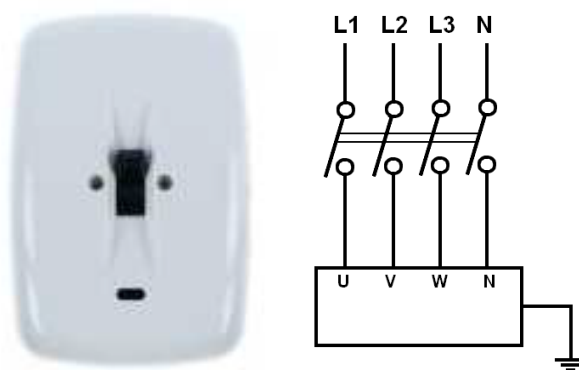


Obrázek 6: Schéma zapojení vypínače č. 7 [1]

Kolébkové spínače se v domovní instalaci osazují tak, že při stlačení horní polohy spínače se spínač sepne do polohy zapnuto. Každý spínač musí být dimenzován na proud,

kterým je jištěn daný obvod. Ve světelných obvodech se používají jističe B 10A , proto musí být jmenovitý proud spínače také B 10A [1].

Jako další vypínače se používají vypínače pro trojfázové obvody, které slouží k ovládní trojfázových spotřebičů, jako je například ohříváč vody, sporák, nebo elektrická trouba, tyto spínače se používají především z bezpečnostních důvodů [1].



Obrázek 7: Čtyřpólový vypínač číslo 03 (vlevo) a jeho schéma zapojení (vpravo) [1]

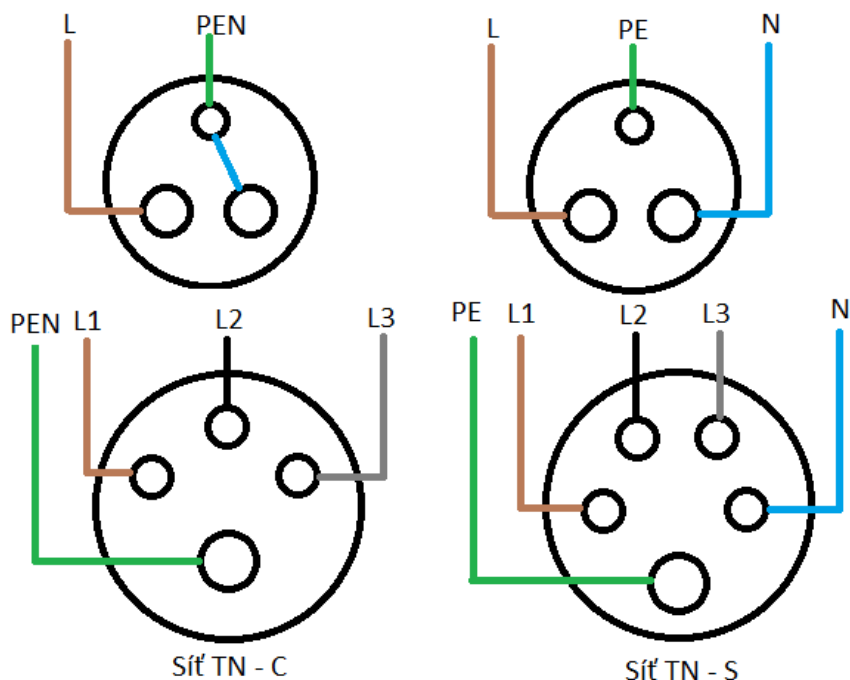
Jako další nejčastější spínače v domovních instalacích se používají tlačítkové spínače, kde se pomocí stisknutí tlačítka dají ovládat některé spotřebiče. Nejčastěji se tyto spínače používají pro ovládní zvonků. Tlačítkové spínače se spíše používají k ovládní motorů, využitím stykačových kombinací v továrnách a ve výrobě [1].

## 2.3 Zásuvky

Jsou spojovací součástky používající se pro přechodné spojení elektrických obvodů. Zásuvky patří mezi nejpoužívanější spojovací přístroje v domovních instalacích. Každý zásuvkový obvod musí mít samostatné jištění v podobě jističe B 16A a každý zásuvkový obvod musí mít ochranu v podobě proudového chrániče s rozdílovým proudem 30mA. Do jednoho zásuvkového obvodu lze připojit deset zásuvek, přičemž dvozásuvka se počítá jako jedna zásuvka [1] [3].

Zásuvky lze rozdělit podle počtu fází, na **jednofázové** a **trojfázové**. Dále lze zásuvky rozdělit podle druhu sítě. V současné době se zásuvky připojují v sítích TN – S, protože

v těchto sítích lze díky oddělenému střednímu vodiči N a ochrannému vodiči PE připojit proudový chránič.



Obrázek 8: Zapojení jednofázové a trojfázové zásuvky [3]

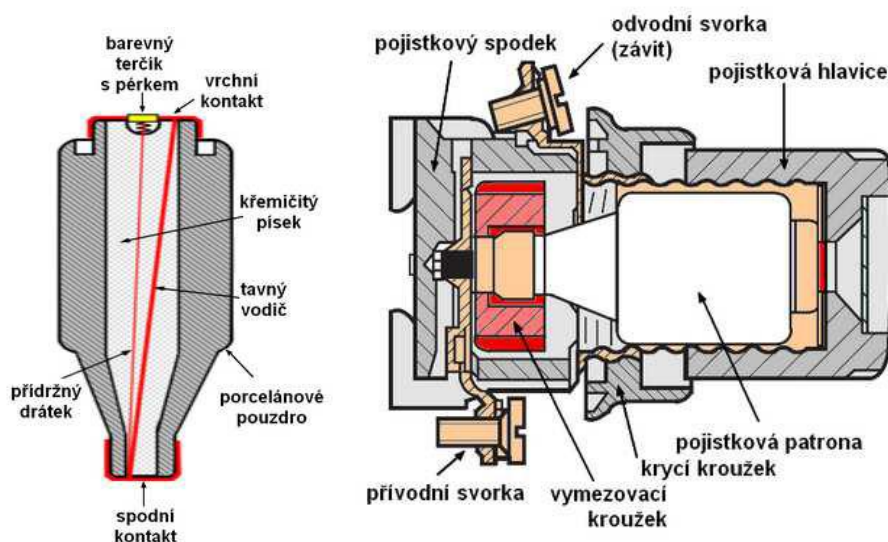
Na obrázku osm je vidět zapojení jednofázových zásuvek nahoře a trojfázových zásuvek dole, kde vlevo můžeme vidět zapojení zásuvek v síti TN – C, kde se v jednofázové zásuvce vodič PEN rozděluje na vodiče PE a N, přímo v propojení zásuvky a v trojfázové zásuvce je vodič PEN připojen přímo. Vpravo můžeme vidět zapojení zásuvek v síti TN – S, kde jsou všechny vodiče zvlášť, toto zapojení je v dnešní době používáno hlavně kvůli bezpečnosti [3].

## 2.4 Jistící přístroje

Jsou přístroje určené k jištění obvodu proti **nadproudu** a **zkratu**, kde **nadproud** je stav, při kterém v elektrickém obvodu protéká větší proud, než na který je obvod dimenzován. Například když připojíme na zásuvkový obvod, jištěný 16A spotřebiče, které odebírají proud 25A a **zkrat** je spojení vodičů s odlišným potenciálem, například spojení vodičů různých fází. Dalšími pojmy v souvislosti s jistícími přístroji jsou: **Charakteristika jistícího přístroje**, která udává závislost času vypnutí jistícího přístroje na velikosti proudu. **Vypínací proud**, což

je velikost proudu, která způsobí vypnutí jisticího přístroje. **Vypínací schopnost**, což je hodnota zkratového proudu, kterou musí přístroj bez poškození odpojit. **Selektivita jištění**, což je vlastnost, která udává charakteristiky ochran jisticích přístrojů tak, aby při poruše určitého obvodu byl jisticím přístrojem odpojen právě poruchový obvod, a to bez vypnutí nadřazených jisticích přístrojů [1].

Mezi jisticí přístroje patří **pojistky**. **Pojistky**, které nejsou v dnešní době v domovních instalacích až tak používány, chrání elektrická zařízení před poškozením nadměrným proudem. Mezi základní typy patří **tavná pojistka**, tato pojistka tvoří nejslabší místo elektrického obvodu. Průchodem proudu tavným vodičem vzniká v odporu tavného vodiče úbytek napětí a ztrátový výkon, který se mění v teplo. Ztrátový výkon roste s druhou mocninou proudu a tím se rostoucím proudem zkracuje doba potřebná k přetavení tavného vodiče pojistky. Přetavením tavného vodiče dojde k přerušení elektrického obvodu. Kromě tavného vodiče, který má nízkou teplotu tavení se uvnitř pojistky nachází **křemičitý písek**, který má funkci ochlazování tavného vodiče při krátkodobých proudových impulzech, a hlavně má funkci zhašení elektrického oblouku, který vzniká při přetavení tavného vodiče. Typy tavných pojistek jsou: **Závitové pojistky**, které se skládají z pojistkového spodka, hlavice a pojistkové vložky. **Nožové pojistky**, používané pro jištění silných výkonových obvodů. Tyto pojistky se nejčastěji používají pro jištění celých domů. **Válcové pojistky**, používané pro přímé jištění strojů. **Automobilové pojistky**, které jsou viděny v každém automobilu pro jištění jednotlivých obvodů. **Skleněné trubičkové pojistky**, určené k jištění spotřební elektroniky [1].



Obrázek 9: Popis tavné (vpravo) a závitové (vlevo) pojistky [1]

Další přístroj k jištění elektrického obvodu je **jistič**. Jistič má stejnou funkci jako pojistka, a to je ochrana elektrických obvodů proti zkratům a nadproudům. V dnešní době jsou v domovních instalacích používány právě především jističe, a to z toho důvodu, že pojistky se při zapůsobení zničí a je třeba je vyměnit, kdežto jističe stačí pohybem páčky znovu zapnout. Každý jistič je vybaven **zkratovou** a **nadproudovou** spouští. **Zkratová spoušť** je tvořena elektromagnetem, jehož cívku prochází proud jištěného obvodu. Elektromagnet působí na vypínací mechanismus jističe a musí velmi rychle reagovat na zkratový proud. **Nadproudová spoušť** je tvořena bimetalem, který se vlivem procházejícího proudu ohřívá. Bimetal se při ohřátí prohne a zapůsobí na vypínací spoušť [1].



Obrázek 10: Zkratová spoušť (vlevo) a nadproudová spoušť (vpravo) [1]

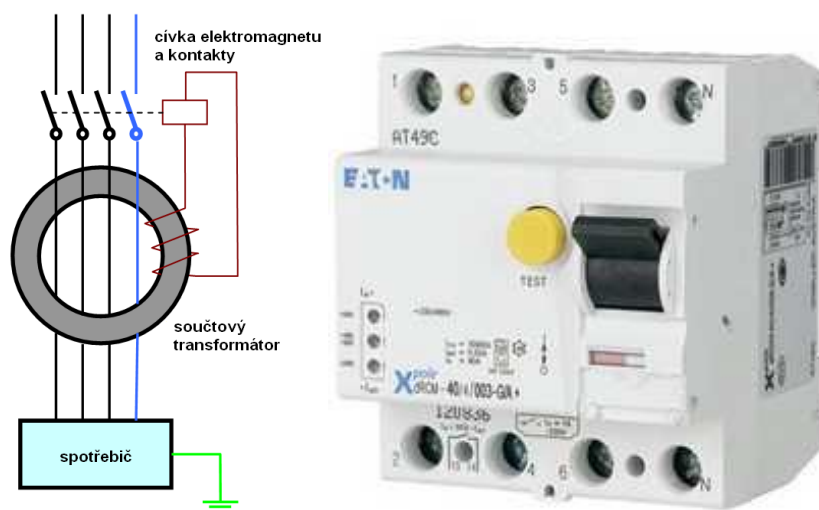
**Zkratová odolnost** je důležitým parametrem jističů, udávaný v kA. Zkratové proudy mohou být velmi vysoké, proto se běžně používají jističe se zkratovou odolností 6 kA. Existují však i jističe se zkratovou odolností 10 kA až 25 kA. Dalším důležitým parametrem jističů jsou jejich charakteristiky. Z **charakteristik jističů** lze odečíst čas, za který jistič vypne při určitém procházejícím proudu. Smluvený nevypínací proud je 1,13 násobek jmenovitého proudu a jističe tento proud nesmí nikdy vypnout. Smluvený vypínací proud je 1,45 násobek jmenovitého proudu a jistič tento proud musí vypnout do hodiny [1].

Charakteristika jističe	Vypne do 0,1 s při násobku jmenovitého proudu	Použití
A		polovodiče
B	3 až 5	běžné spotřebiče
C	5 až 10	žárovky, motory s lehkým rozběhem
D	10 až 20	motory s těžkým rozběhem, transformátory

Obrázek 11: Tabulka charakteristik jističů [1]

## 2.5 Proudový chránič

Proudový chránič je elektrický ochranný přístroj, který slouží k ochraně osob před úrazem elektrickým proudem. Úkolem ochranných přístrojů je zabezpečit, aby se na neživých částech elektrických zařízení, kterých se běžně dotýkáme, neobjevilo nebezpečné napětí. Hlavní částí proudového chrániče je **součtový** transformátor, který reaguje na součet proudů ve fázích a ve středním nulovém vodiči. Za normálních podmínek, když není porucha, je součet proudů nulový. Například v jednofázovém spotřebiči, proud do spotřebiče prochází fázovým vodičem a středním vodičem se vrací zpět do sítě, protože oba proudy mají stejnou hodnotu, ale opačný směr, je jejich součet nulový, proto proudový chránič nereaguje. V případě poruchy elektrického vedení, nebo spotřebiče za proudovým chráničem, při které je část proudu odváděna ochranným vodičem, vzniká mezi proudy rozdíl. Tento rozdíl vybudí v magnetickém poli součtového transformátoru magnetický tok, který na sekundárním vinutí naindukují napětí, které vybaví cívku v proudovém chrániči a vybavením cívky dojde k rozpojení silových kontaktů proudového chrániče a tím dojde k odpojení spotřebiče ze sítě. Stejným způsobem funguje proudový chránič pro ochranu zdraví osob, pokud se živé části pod napětím dotkne osoba, dojde k rozdílu proudů v součtovém transformátoru, protože část proudu prochází osobou do země a rozdílem proudů v součtovém transformátoru dochází k vypnutí proudového chrániče. Rozdílu proudu říkáme **reziduální proud**, což je efektivní hodnota výsledného vektoru součtu okamžitých hodnot proudů tekoucích hlavním obvodem proudového chrániče [1].



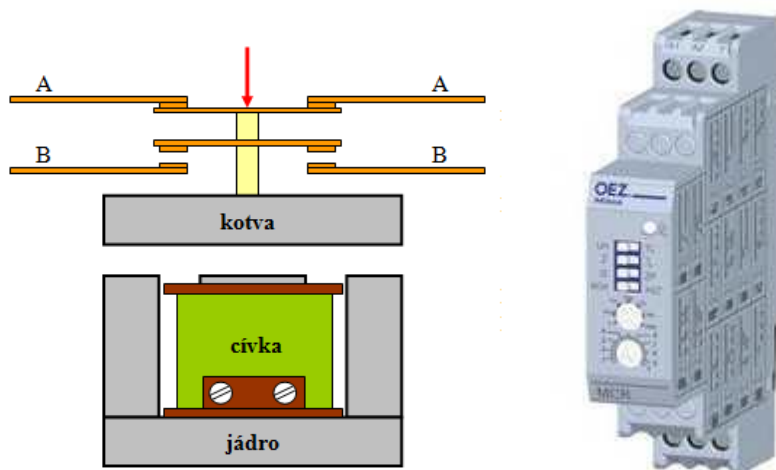
Obrázek 12: Schematické znázornění proudového chrániče (vlevo), proudový chránič (vpravo) [1]



Proudové chrániče s reziduálním proudem nad 30 mA dokážou poskytnout ochranu i při nepřímém dotyku neživých částí, zatímco proudové chrániče do 30 mA poskytují ochranu při přímém dotyku živých částí. V bytových instalacích se používají proudové chrániče s reziduálním proudem 30 mA a proudové chrániče s vyššími reziduálními proudy se používají ve větších objektech, jako jsou například nemocnice [1].

## 2.6 Elektromagnetické spínací přístroje

Elektromagnetické spínací přístroje jsou přístroje, které mají v klidovém stavu buď rozepnutý spínací kontakt, nebo sepnutý rozpínací kontakt. Mezi tyto přístroje patří **stykač** a **relé**. Princip těchto přístrojů je ten, že přivedením napětí na svorky **cívky** vznikne v **jádro** elektromagnetické pole a toto pole přitáhne **kotvu**. Přitažením kotvy k jádru dojde k rozepnutí rozpínacího kontaktu, popřípadě k sepnutí spínacího kontaktu, vždy záleží na očekávaném využití přístroje. Pro spínání malých výkonů se využívají **elektromagnetická relé**, která jsou využívána v automatizačních soustavách a v řídicích systémech, ačkoli s vývojem elektroniky jsou tyto přístroje nahrazovány polovodičovými součástkami. Existuje mnoho druhů relé, pro různé účely, například **časová relé**, která se využívají pro spínání s časovým zpožděním [1].



Obrázek 13: Elektromagnetický spínací přístroj (vlevo), elektromagnetické relé (vpravo) [1]

Dalšími elektromagnetickými spínacími přístroji jsou **stykače**. Stykače fungují na stejném principu jako relé, tedy přivedením napětí na svorky cívky vznikne elektromagnetické pole, které přitáhne kotvu a stykač rozepne, nebo sepne kontakty, opět záleží na použití. Stykače jsou používány pro spínání středních a velkých výkonů. Nejčastěji se používají pro

spínání motorů pomocí tlačítek. Stykače mají dva druhy kontaktů, **hlavní kontakty** takzvané silové, které se používají pro spínání velkých výkonů a nejčastěji jsou spínací. **Pomocné kontakty** takzvané ovládací, které mohou být spínací i rozpínací. Stykače se vyrábí s hlavními kontakty a pomocné kontakty jsou poté na stykač připevňovány [1].



*Obrázek 14: Stykač (vpravo), stykač se pomocnými kontakty (vlevo) [1]*

## 3 Elektrické stroje

Elektrické stroje jsou zařízení, která na principu elektromagnetické indukce mění jednu formu energie na jinou, přičemž alespoň jedna z nich musí být elektrická. Elektrické stroje mají tři hlavní konstrukční části, **primární elektrický obvod**, **magnetický obvod** a **sekundární elektrický obvod** [4] [5] [6].

Elektrické stroje se rozdělují na:

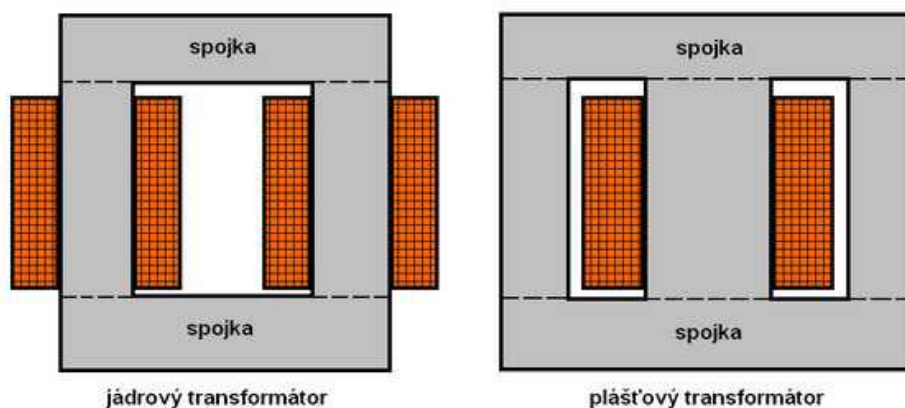
- Netočivé stroje – transformátory
  - Počet fází – jednofázové, trojfázové
- Točivé stroje – generátory, motory
  - Druh proudu – stejnosměrné, střídavé
  - Počet fází – jednofázové, trojfázové
  - Velikost napětí – nízkonapět'ové, vysokonapět'ové
  - Princip funkce – stejnosměrné, synchronní, asynchronní, speciální

Elektrické stroje musí mít vždy všechny tři konstrukční části, pokud na zařízení chybí některá z hlavních konstrukčních částí, nelze ho považovat za elektrický stroj. Například transformátor, který má primární a sekundární vinutí a také magnetické jádro, nebo například motor, který má jako primární elektrický obvod pracovní vinutí a jako sekundární elektrický obvod budící vinutí [4] [5] [6].

### 3.1 Transformátory

Transformátory jsou elektrické netočivé stroje pracující na principu elektromagnetické indukce. Transformátory mění přivedené střídavé napětí na jinou hodnotu napětí o stejné frekvenci. Transformátory se používají zejména v energetice k přenosu elektrické energie z bodu A do bodu B, pomocí vysokých napětí. Transformátory se dále nejčastěji používají jako **svařovací transformátory**, pro svařování pomocí elektrického oblouku, jako **regulační transformátory**, pro regulaci výstupního napětí, nebo jako **napájecí transformátory**, které napájí elektrická zařízení nízkých a malých napětí a dají se využít buď jako **převodové**, které mění napětí, nebo jako **oddělovací**, které tvoří odizolovaný obvod od sítě i od země, nebo jako **bezpečnostní**, které tvoří obvod napájený bezpečným napětím pro člověka a musí mít zvýšenou izolaci vinutí. Transformátory tedy mají obrovské využití přes vysoká napětí až po laboratorní práce s nízkými napětími [4] [7].

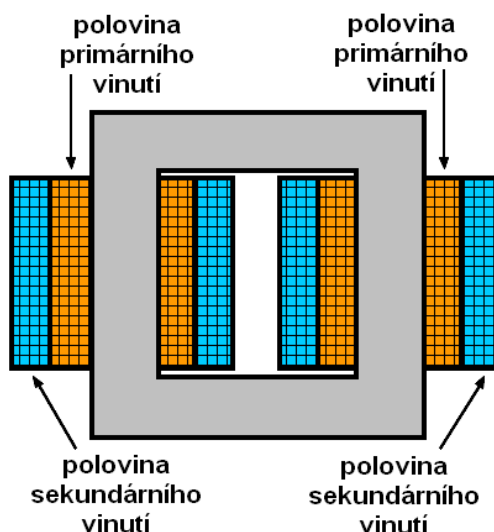
Transformátory jsou nejjednodušší elektrické stroje, skládají se z **magnetického obvodu, vinutí**, zařízení zajišťující chlazení a z izolačních součástí. **Magnetický obvod** je složen z elektrotechnických plechů, s větším obsahem křemíku, jenž zajišťují menší ztráty, které jsou důležité pro elektromagnetickou indukci. Plechy transformátoru se vyrábějí v různých tvarech, pro různá použití a pro různě velké ztráty. Transformátory pro velké výkony se nejčastěji vyrábějí s magnetickým obvodem jádrovým, nebo plášťovým, které se skládají z jader, na nichž je umístěno vinutí a ze spojek. Podle způsobu spojení jader rozlišujeme magnetické obvody s tupým stykem, kde jsou k sobě jádra a spojky pouze přiloženy, takže montáž je velice jednoduchá, ale v místě styku vznikají ztráty vířivými proudy. Další způsob spojení je přeplátování, kde jsou k sobě jednotlivé vrstvy plechů skládány tak že nevznikají mezery mezi plechy. Celý magnetický obvod se poté stahuje plastovými, nebo skelnými bandážemi. Pro menší výkony a vyšší frekvence se používají **feritová a železová jádra** [4].



Obrázek 15: Jádrový a plášťový transformátor [4]

Další důležitou částí je **vinutí transformátoru**, které musí mít dobrou vodivost a malé ztráty, dále musí odolat mechanickému a tepelnému namáhání a musí mít dobrou elektrickou pevnost, takže izolace musí odolávat elektrickému napětí při jmenovitých provozních podmínkách. Rozhodujícími veličinami jsou napětí a proud. Podle velikosti jmenovitého proudu se musí zvolit průřez vodiče a druh profilu. Podle jmenovitého napětí se volí druh a způsob izolace mezi jednotlivými závity. Základními částmi vinutí jsou závit, cívka a vrstva, nebo deska. Závit je tvořen buď jedním, nebo několika vedle sebe navzájem umístěnými izolovanými vodiči. Cívka je složena ze závitů, zapojených v sérii. Vrstva je, pokud jsou

závity ve směru osy vinutí a deska je, pokud jsou závity zapojeny po sobě v jedné rovině kolmé k ose vinutí. Transformátor s primárním vinutím na jednom sloupku a sekundárním vinutím na druhém sloupku by měl malou účinnost, a proto se u jádrových transformátorů rozdělují vinutí na poloviny a na každém sloupku je navinuta polovina primárního a polovina sekundárního vinutí [4].



Obrázek 16: Jádrový transformátor s vinutím [4]

Transformátory fungují na principu elektromagnetické indukce, tím způsobem, že pokud připojíme na primární vinutí střídavé sinusové napětí, začne vinutím procházet střídavý proud, který vybudí v magnetickém obvodu transformátoru střídavý magnetický tok, který indukuje v sekundárním vinutí napětí, jehož velikost je dána indukčním zákonem:

$$u_0 = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ [V; Wb; s]}, \quad (1)$$

kde  $u_0$  je indukované napětí,  $N$  je počet závitů,  $\Delta\Phi$  je změna magnetického toku  $\Phi$  a  $\Delta t$  je čas trvání změny  $\Phi$ . Pokud připojíme k sekundárnímu vinutí zátěž, bude procházet sekundárním obvodem proud, jehož směr bude takový, že svým magnetickým tokem působí proti magnetickému toku, který ho vyvolal. Pokud bude rovnice (1) použita pro primární i sekundární obvod a rovnice budou následně poděleny bude získána rovnice:

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (2)$$

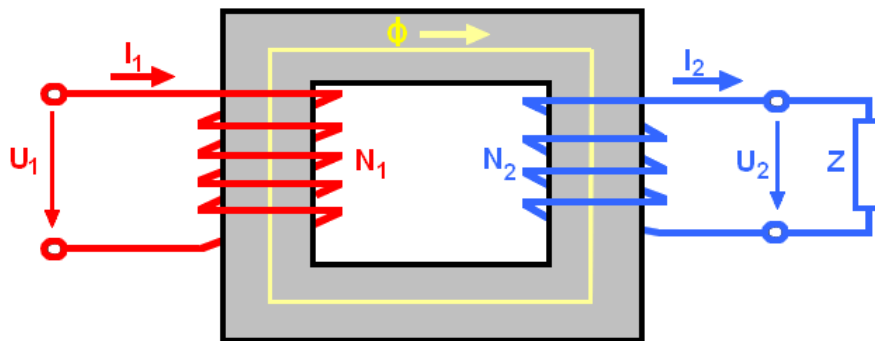
kde  $U$  jsou napětí a  $N$  jsou počty závitů na vinutích, přičemž indexy 1 a 2 označují, zda se jedná o primární, či sekundární obvod. Pokud budou zanedbány ztráty, tak po dosažení do rovnosti výkonů primárního a sekundárního obvodu vznikne rovnice:

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}, \quad (3)$$

kde  $I$  jsou proudy v primárním a sekundárním obvodu. Pokud budou rovnice (2) a (3) spojeny vznikne použitelný převod bezztrátového transformátoru:

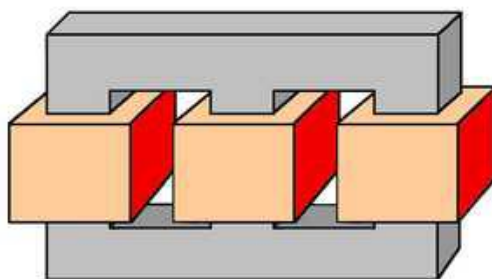
$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (4)$$

ve kterém platí, že velikosti indukovaných napětí jsou přímo úměrné počtu závitů vinutí a nepřímo úměrné velikostem proudů. Tato rovnice platí pro rovnosti výkonů, takže pokud je stejný výkon, musí být při vyšším napětí menší proud a při menším napětí vyšší proud [4] [7].



Obrázek 17: Princip funkce jednofázového transformátoru [4]

Při transformaci trojfázového napětí lze využít buď tři jednofázových transformátorů, nebo jednoho trojfázového transformátoru. Pokud budou přiloženy tři jednofázové transformátory, které mají primární i sekundární vinutí umístěno na jedné cívkě k sobě částí magnetického obvodu bez cívky, mohou být tyto části sloučeny a při vzájemném posunu magnetických toků o úhel  $120^\circ$ , stejně jako je tomu v trojfázové soustavě, bude součet magnetických toků roven nule. Kvůli složitosti tvaru se používá konstrukčně jednodušší, ale principiálně stejné řešení [4].

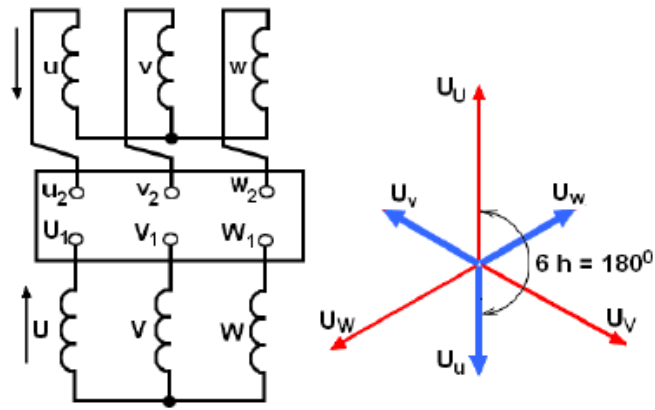


Obrázek 18: Jádru a vinutí trojfázového transformátoru [4]

Trojfázové transformátory mají i specifická zapojení. Primární vinutí může být zapojeno buď do hvězdy, nebo do trojúhelníku, zatímco sekundární vinutí může být zapojeno do hvězdy, trojúhelníku, nebo lomené hvězdy. S těmito zapojeními souvisí **hodinový úhel**, což je fázový posun mezi vektory stejné fáze primárního a sekundárního napětí. Udává se v hodinách a jedna hodina znamená posun o  $30^\circ$ . Při schématickém znázornění trojfázového transformátoru jsou vinutí kreslena tak, aby byla dodržena rovina a aby byla dodržena skutečná poloha svorek na transformátoru. Dále při popisu používáme velká písmena pro popis primárního vinutí a malá písmena pro popis sekundárního vinutí [4].

Schéma zapojení	Název zapojení	Označení v textu	Vinutí transformátoru
		Y	primární
		y	sekundární
		D	primární
		d	sekundární
	lomená hvězda	z	sekundární

Obrázek 19: Zapojení trojfázových vinutí [4]



Obrázek 20: Příklad zapojení trojfázového transformátoru,  $Yy$ : hvězda - hvězda, 6 hodin [4]

Důležitou součástí u reálných transformátorů jsou ztráty. K těm dochází při běžném provozu a jsou způsobeny několika faktory. Prvními ztrátami jsou ztráty **rozptýlenými magnetickými toky**, tyto ztráty jsou způsobeny magnetickým tokem, který se uzavírá jádrem, a v blízkosti vinutí vznikají tyto ztráty, které se uzavírají vzduchem. Dalšími ztrátami jsou ztráty způsobené činným odporem ve **vinutí**, tyto ztráty vznikají po připojení zátěže na svorky sekundárního vinutí, ve kterém je činný odpor, a proto na vinutí vzniká úbytek napětí. Dalšími ztrátami jsou takzvané **ztráty v železe**, tyto ztráty vznikají vlivem střídavého magnetického toku v jádře transformátoru. Dělíme je na **hysterezní ztráty** a ztráty **vířivými proudy**. **Hysterezní ztráty** vznikají ve feromagnetických kovech, které jsou vloženy do magnetického pole. Tyto ztráty jsou rovny výkonu, který musí být dodán na přemagnetování feromagnetického kovu ve střídavém magnetickém poli. Tento výkon se následně přemění na teplo, které kov zahřívá. Ztráty **vířivými proudy** vznikají v plném materiálu, který se chová jako vodič v magnetickém poli. Plný materiál vypadá jako by byl složen ze závitů nakrátko, ve kterých se indukují napětí a protékají jimi proudy. Tyto proudy způsobují nadměrné zahřívání materiálu jádra. Pokud však složíme jádro z plechů, zamezíme tím vzniku vířivých proudů, protože odpor mezi plechy je mnohem vyšší než odpor materiálu plechů a jejich průřez je mnohem menší než průřez plného materiálu [4] [8].

Transformátory se při provozu zahřívají a z toho důvodu je nutné je chladit, obzvláště transformátory, které pracují s velkými výkony. Transformátory, které pracují s malými výkony nemusejí mít zvláštní chladičové zařízení. Teplo je odváděno stykem oteplených částí stěn nádoby, nebo vzduchem. Transformátory, které pracují s velkými výkony mají nádoby opatřeny vlnami, nebo svislými trubkami, které vytvářejí „radiátorový“ chladič. Pro velmi



vysoké chlazení se používají ventilátory, které ofukují jednotlivé „radiátory“. Pro některé transformátory, které pracují s velmi velkými výkony, se používá chlazení oleje vzduchem, kdy je ohřátý olej prohnán čerpadlem do chladiče, který je ofukován vzduchem ventilátoru [4].

### 3.2 Asynchronní stroje

Asynchronní stroje jsou nejjednodušší a nejpoužívanější točivé elektrické stroje, používají se buď jako **motory**, tedy přeměňují elektrickou energii na mechanickou, nebo jako **generátory**, které přeměňují mechanickou energii na elektrickou. Nejčastější použití asynchronních generátorů je v malých vodních elektrárnách. Asynchronní generátory jsou schopné pracovat pouze v případě připojení do elektrické sítě a dodání dostatečné mechanické energie, která generátor roztočí do nad synchronních otáček. Každý motor může pracovat jako generátor a každý generátor může pracovat jako motor. Asynchronní motory mají asynchronní otáčky, což jsou otáčky nižší než synchronní, znamená to, že otáčky magnetického pole statoru jsou jiné než otáčky magnetického pole rotoru. Rozdílem těchto otáček jsou **skluzové otáčky** a z nich se vypočítává skluz:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}, \quad (5)$$

kde  $s$  je skluz otáček motoru,  $n_s$  jsou otáčky elektromagnetického pole a  $n$  jsou otáčky motoru, které se vypočítají:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s), \quad (6)$$

kde  $f$  je frekvence a  $p$  je počet pólových dvojic. Asynchronní motor nemůže běžet v synchronních otáčkách, protože skluz otáček rotoru k indukci proudu. Skluz otáček asynchronních motorů bývá od 3% do 8% [5] [9].

Hlavní části asynchronních strojů jsou **stator** a **rotor**. Další části asynchronních strojů jsou chladicí žebra, vnější plášť, ložiskové štíty, víčka ložisek, ložiska, ventilátor, kryt ventilátoru, svorkovnice, kryt svorkovnice a upevňovací patky [5] [9].

První hlavní část asynchronních strojů je **stator**, jehož konstrukce je seskládání statorových plechů, do jejichž drážek je uloženo pracovní vinutí [5].



*Obrázek 21: Stator asynchronního stroje [5]*

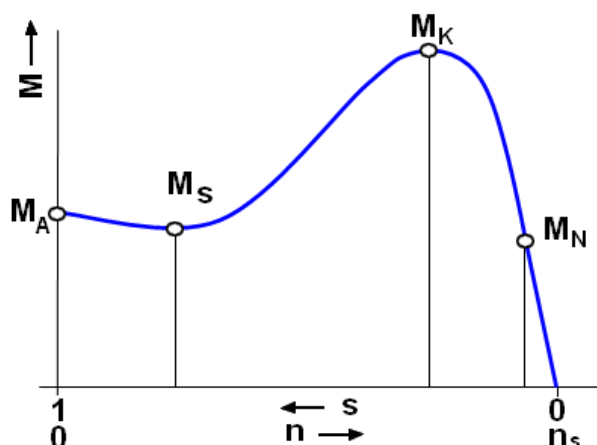
Druhou nejdůležitější částí asynchronního stroje je **rotor**. U asynchronních strojů mohou být použity dvě konstrukce rotoru. První konstrukcí je rotor s **kotvou nakrátko**, tento rotor se skládá z nalisovaných plechů na hřídeli motoru. V drážkách rotoru je klecové vinutí spojené na čelech rotoru nakrátko. Jsou to v podstatě drážky vyplněné hliníkem, nebo mědí. Při zapnutí motoru s kotvou nakrátko se motor chová jako zkratované sekundární vinutí transformátoru. Točivé pole statoru způsobuje změny magnetického toku ve vodivých tyčích rotoru. Rychlost změn magnetického toku procházejícímu tyčemi je stejná jako frekvence točivého elektromagnetického pole. Napětí indukující se v rotorových tyčích vyvolá průtok elektrického proudu uzavřeným obvodem klecového rotoru. Magnetické pole indukované proudem způsobí v rotoru točivý moment, který způsobí otáčení rotoru ve směru točivého pole statoru. Pokud by otáčky rotoru dosáhly otáček statoru, znamenalo by to konec indukovaní napětí v rotorových tyčích a točivý moment by zanikl [5].



*Obrázek 22: Rotor s kotvou nakrátko [5]*

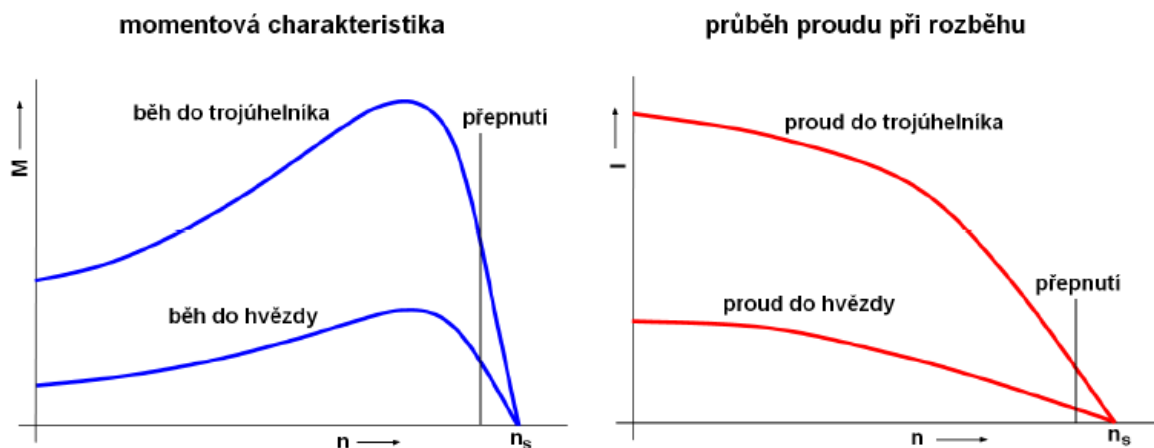
**Kroutící moment** motoru v závislosti na otáčkách roste až se dostane do hodnoty momentu zvratu  $M_K$ , kdy další růst otáček způsobí pokles frekvence indukovaného napětí a tím i pokles indukčního toku v kleci rotoru, což způsobí celkový pokles momentu

asynchronního motoru. Při jmenovitých otáčkách působí jmenovitý moment  $M_N$ , který vyjadřuje jmenovité zatížení. Pokud je motor nezatížen, má téměř synchronní otáčky  $n_s$ . V oblasti jmenovitého momentu  $M_N$  momentové charakteristiky jsou změny skluzu úměrné změnám zatížení, jelikož je v tomto momentě charakteristika téměř lineární. V sedle momentové charakteristiky je sedlový moment  $M_S$ , který má nejmenší hodnotu momentu motoru mezi rozběhem a maximální hodnotou momentu motoru  $M_K$  [5].



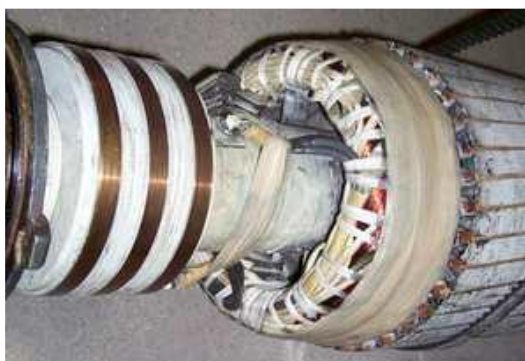
Obrázek 23: Momentová charakteristika asynchronního motoru s kotvou nakrátko [5]

Asynchronní motory s kotvou nakrátko jsou nejpoužívanější zejména jako pohony středních a malých výkonů, například ventilátory, obráběcí stroje. Hlavní výhodou je levná výroba, nenáročná údržba a jsou poměrně malé a lehké. Asynchronní motory lze spouštět přímým připojením k síti, pokud mají výkon do 3 kW. Nejčastější spouštění je přes přepínač hvězda – trojúhelník. Podmínkou pro spuštění přes tento přepínač je, že motor musí být konstruovaný na napětí 400 V. Tuto hodnotu lze zjistit ze štítku motoru, kde je napsáno  $\Delta$  400 V. Při rozběhu do hvězdy motor odebírá 3x menší proud než při chodu do trojúhelníku. Také moment při rozběhu do hvězdy je 3x menší než, takže při používání tohoto spínání v domácnostech se nemusí používat jističe s velkými jmenovitými proudy. Další možností spouštění jsou autotransformátory, toto řešení je možné použít u motorů do výkonu 15 kW [9].



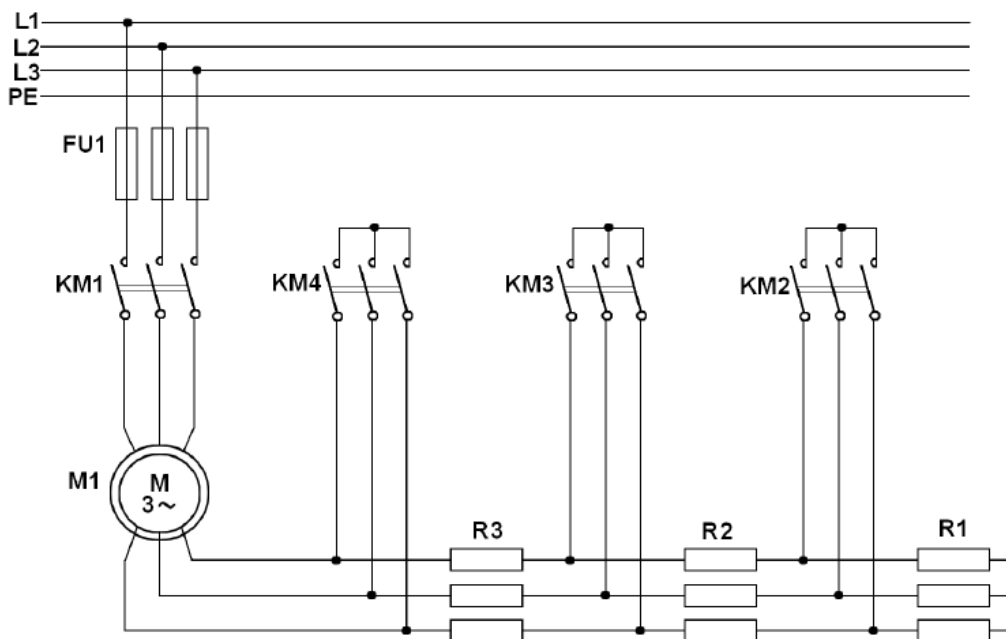
Obrázek 24: Momentová (vlevo) a proudová (vpravo) charakteristika spouštění hvězda – trojúhelník [5]

Druhou konstrukcí je rotor s **vinutou kotvou**, tento rotor se skládá z rotorových plechů a sběrných kroužků. V drážkách rotorového svazku plechu je vinutí rotoru. Vinutí rotoru má skoro vždy tři cívky, protože tyto motory se používají v trojfázové soustavě a většinou je toto vinutí zapojeno do hvězdy. Vývody vinutí jsou připojeny na tři sběrací kroužky pomocí uhlíkových kontaktů. Přes uhlíkové kontakty jsou do rotorového obvodu připojeny rezistory, které se používají k rozběhu motoru a k regulaci otáček. Asynchronní motory s vinutou kotvou fungují na stejném principu, jako asynchronní motory s kotvou nakrátko. Při nakrátko zapojeném rotoru vyvolává napětí indukované v rotoru proud a magnetické pole statoru a proud rotoru vyvolají otáčivý moment a roztočí rotor. Vlastnosti asynchronních motorů s vinutou kotvou jsou stejné jako vlastnosti motorů s kotvou nakrátko [5] [9].



Obrázek 25: Rotor s vinutou kotvou [5]

Asynchronní motory s vinutou kotvou jsou nejčastěji používány jako pohony obráběcích strojů a strojů s velkým využitím výkonu. Spouštění motorů s vinutou kotvou se provádí pomocí odepínání jednotlivých odporů, například pomocí stykačů. Pomocí spínání stykačů se odpojují jednotlivé odpory a tím motor získává větší výkon [5].



Obrázek 26: Rozběh a řízení asynchronního motoru pomocí stykačů [5]

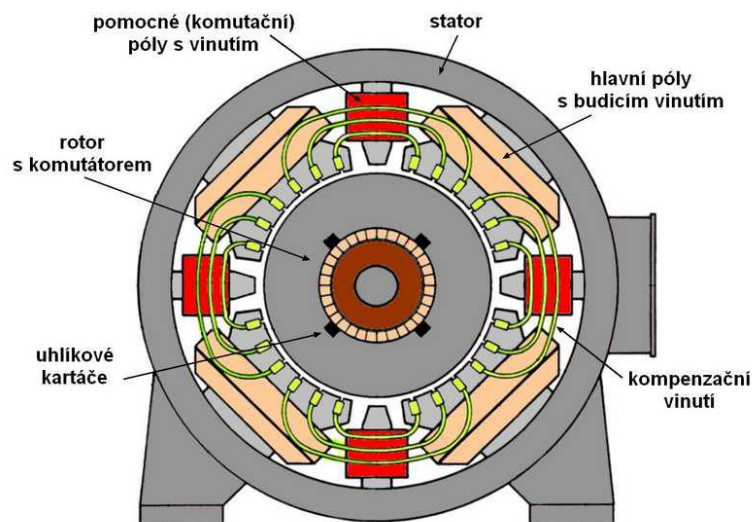
Podle rovnice (6) mohou být otáčky řízeny **frekvencí, počtem pólů a skluzem**. V případě změny otáček pomocí frekvence, bude motor napájen z frekvenčního měniče, který může být jako rotační měnič napětí se stabilní frekvencí, nebo jako modulární elektronický měnič určený k řízení otáček. Při řízení otáček pomocí frekvence je nutné také řídit napětí, protože magnetický tok motoru musí být konstantní. Při změně otáček pomocí počtu pólů, lze změnit otáčky pouze po skocích. K tomuto účelu je ve statoru motoru uloženo přepínatelné vinutí. Změnu otáček pomocí skluzu lze docílit buď změnou napájecího napětí, tedy použitím transformátoru, nebo změnou odporu rotorového vinutí, tento způsob lze použít pouze pro asynchronní motory s vinutou kotvou [5] [9].

### 3.3 Stejnoseměrné stroje

Stejnoseměrné stroje jsou nejstarší a zároveň nejsložitější elektrické stroje. V minulosti byli používány nejvíce z důvodu běžného užívání stejnosměrného proudu. Jejich největší

výhodou je snadné řízení otáček a vlastnost, že každý stejnosměrný stroj může pracovat buď jako **motor** k přeměně elektrické energie na mechanickou, nebo jako **dynamo** k přeměně mechanické energie na elektrickou. Stejnosměrné motory se používají tam, kde je zapotřebí plynulá regulace otáček, jako je například elektrická trakce, nebo obráběcí stroje [6].

Hlavní částí stejnosměrných strojů je **stator**, který bývá tvořen vnitřními póly z plného prstencového jádra s pólovými nástavci a jádry cívek z elektrotechnických plechů, na kterých jsou cívky statorového budicího vinutí. V stejnosměrných strojích malých výkonů je stator konstruován z permanentních magnetů. Ve strojích s velkými výkony jsou mezi hlavními póly statoru umístěny pomocné póly, které jsou tvořené cívkami na jádrech z plechů, nebo plné oceli. V pólových nástavcích hlavních pólů také bývá kompenzační vinutí. Funkce pólů udávají počet paralelních větví vinutí rotoru. Počet pólů ve statoru musí být vždy stejný jako počet pólů vytvořený v rotoru. Cívky ve statorovém vinutí jsou určeny k buzení. Další hlavní částí stejnosměrného stroje je **rotor**, který je sestaven z ocelové hřídele a rotorových plechů, které jsou nalisované na hřídeli. V drážkách rotorových plechů je pracovní vinutí, které je napojené na **komutátor**. Komutátor je válec s pláštěm tvořeným z lamel z měděné slitiny, které jsou od sebe odděleny slídou. K lamelám jsou připojeny vývody rotorových vinutí. Rotorová vinutí jsou většinou dvouvrstvá a mohou být připojena buď tak, že konec jedné cívky je na lamele spojen se začátkem další cívky, tomuto zapojení se říká **smýčkové** vinutí, nebo může být vinutí zapojeno jako **vlnivé** vinutí, které je zapojeno podobným způsobem jako smýčkové, ale počet cívek se musí rovnat počtu pólových párů [6].



Obrázek 27: Konstrukce stejnosměrného stroje [6]

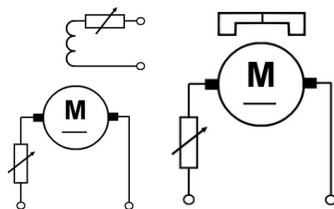
Stejnosemřné motory jsou konstruovány tak, že pokud bude na kartáče motoru přivedeno stejnosemřné napětí, motor se roztočí. V případě stejnosemřného motoru však nelze použít nejjednodušší konstrukční řešení komutátoru se dvěma lamelami, protože pokud bude mezera mezi lamelami komutátoru menší, než je šířka uhlíkového kartáče, napájecí napětí bude zkratováno přes uhlíky a lamely komutátoru. Pokud bude mezera mezi lamelami komutátoru větší, než je šířka uhlíkového kartáče, motor se v poloze uhlíků v mezerách nerozběhne, protože na lamelách motoru nebude žádné napětí. Z tohoto důvodu se nejjednodušší stejnosemřné motory konstruují tak, aby měl rotor tři vinutí a tři lamely komutátoru. Tato konstrukce zvládne bez problémů fungovat [6].

Stejnosemřné motor mají princip takový, že na budící vinutí je připojen stejnosemřný proud. Budící vinutí vytvoří budící magnetické pole, jehož magnetický tok je uzavřen přes jádro rotoru. Pokud protéká cívkami rotoru proud, překrývají se magnetická pole cívek pod každým hlavním pólem s budícím magnetickým pólem. Na vodiče cívek, s protékajícím proudem působí pod každým pólem síla, která dává vzniku točivému momentu otáčející se cívky směrem k neutrální zóně. Na cívku v neutrální zóně nepůsobí točivý moment a na cívce je pomocí komutátoru změněn směr průtoku proudu cívkou a tím dochází k uchování točivého momentu. Více cívek, ze kterých se skládá rotor, které jsou spojeny s lamelami komutátoru tak, že pod jedním budícím pólem protékají proudy jedním směrem. Díky tomu zůstává osa magnetického pole rotoru v jedné poloze, i když se rotor otáčí [6].

Stejnosemřné motory se spouštějí pomocí spouštěcích rezistorů, protože při zapnutí na plné provozní napětí je proud protékající motorem mnohonásobně vyšší, než je jmenovitý proud motoru. Spouštěcí rezistory jsou zapojeny do série k vinutí motoru a dají se plynule nastavovat. Díky plynulému nastavování omezují proud při rozběhu motoru. Změna směru otáčení rotoru u stejnosemřných motorů je prováděna změnou směru jednoho z magnetických polí, tedy buď prohození budícího pole statoru, nebo budícího pole rotoru [6].

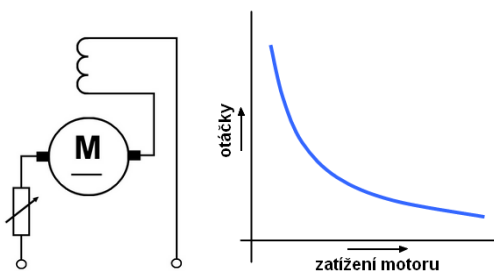
Stejnosemřné motory mají několik zapojení budících obvodů. Prvním z nich je zapojení motoru s **cizím buzením**. Budící vinutí motoru není propojené s obvodem rotoru a je napájené stejnosemřným vnějším zdrojem napětí. Při spouštění musí být motor plně nabuzen. Následně se zvyšují otáčky pomocí spouštěcích rezistorů, jimiž se zvyšuje napětí na rotoru. Motory s cizím buzením se používají pro stroje s proměnlivým mechanickým odporem. Výhodou těchto motorů je stabilita otáček. Dalším zapojením s cizím buzením je zapojení s **permanentním magnetem**. Jejich vlastnosti jsou stejné jako zapojení s cizím

buzením cívkou. Motory s permanentními magnety se nejčastěji používají v dětských hračkách a modelech [6].



Obrázek 28: Schéma zapojení stejnosměrného motoru s cizím buzením (vlevo), motoru s permanentním magnetem (vpravo) [6]

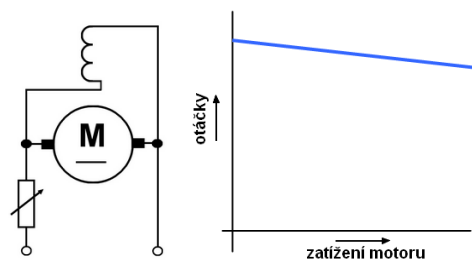
Dalším zapojením buzení motoru je zapojení se **sériovým buzením**. Budící vinutí motoru je zapojeno v sérii s vinutím rotoru. K řízení otáček a spouštění motoru je použit předřazený spouštěcí odpor. Motory se sériovým buzením mají ze všech zapojení největší rozběhový moment. Při rozběhu postupně klesá proud a při rozběhu naprázdno se motor roztočí do nadměrných otáček. Otáčky motoru se sériovým buzením jsou velmi závislé na zatížení. Tyto motory se nejvíce používají jako pohony pro elektrickou trakci [6].



Obrázek 29: Schéma zapojení (vpravo) a zatěžovací charakteristika (vlevo) stejnosměrného motoru se sériovým buzením [6]

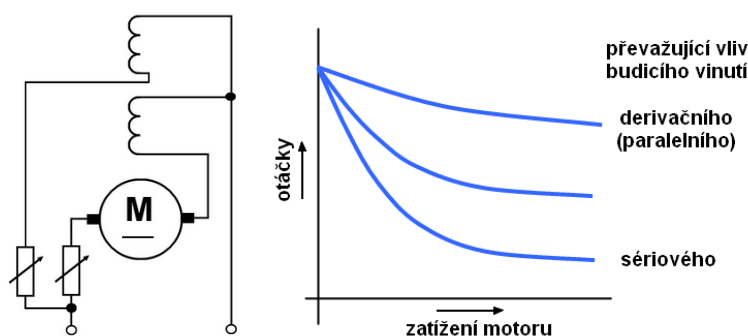
Dalším zapojením buzení stejnosměrného motoru je zapojení s **paralelním buzením**. Budící vinutí je zapojeno paralelně k vinutí rotoru. Otáčky lze regulovat napájením na rotoru a budícím proudem. Při spouštění musí být motor nabuzen. Při chodu naprázdno a při zatížení se motor s paralelním buzením chová jako motor s cizím buzením [6].





Obrázek 30: Schéma zapojení (vpravo) a zatěžovací charakteristika (vlevo) stejnosměrného motoru s paralelním buzením [6]

Posledním zapojením buzení stejnosměrného motoru je zapojení s **kompaundním buzením**. Tento motor má zapojené sérioparalelní buzení. Otáčky tohoto motoru jsou regulovány odporem v obvodu rotoru, ale i odporem v obvodu vinutí. Při běhu naprázdno se motor chová jako motor s paralelním buzením, kdežto při zatížení se motor chová jako motor se sériovým buzením, tedy otáčky klesají rychleji a s rostoucím proudem rotoru roste i magnetický tok. Kompaundní motory jsou používány u zdvihacích mechanismů, kdy je potřeba velký rozběhový moment [6].



Obrázek 31: Schéma zapojení (vlevo) a zatěžovací charakteristika (vpravo) stejnosměrného motoru s kompaundním buzením [6]

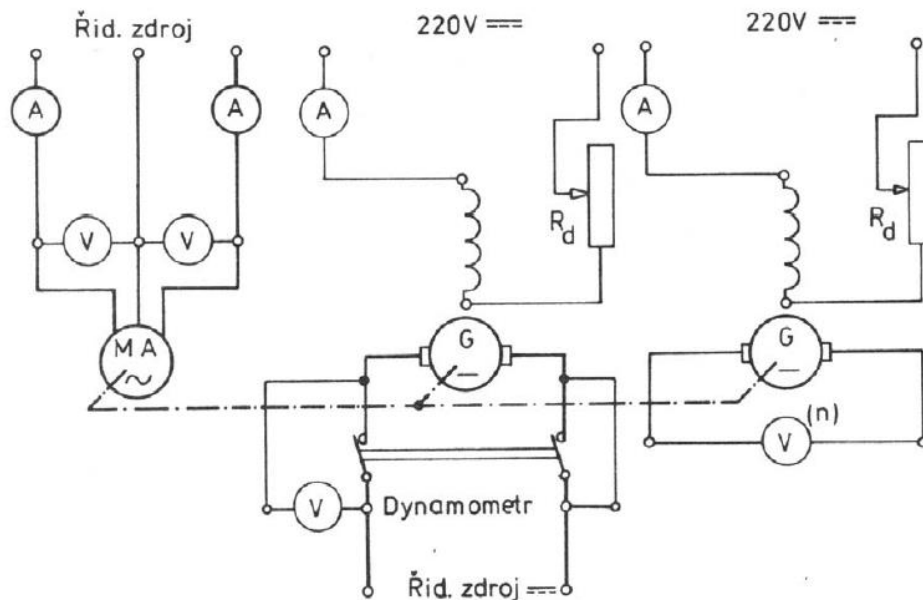
### 3.4 Dynamometry

Dynamometry jsou zatěžovací elektrické brzdy, které se využívají pro testování životnostních zkoušek rotačních strojů. Dynamometry jsou součástí elektrické brzdy, jejíž další součástí je napájení a regulační jednotka. Dynamometry jsou sestaveny z **rotoru, statoru** a **běhových ložisek**, které přenášejí reakční sílu stroje na tenzometrický závěs. Brzda, kterou dynamometry tvoří, musí mít nulový moment setrvačnosti a musí mít trvalé zatížení [10].

Dynamometry se dělí na:

- Vířivé
- Stejnoseměrné
- Asynchronní
- Synchronní s permanentními magnety

Dynamometry se v elektrotechnice používají pro měření momentových charakteristik motorů. Momentová charakteristika je závislost točivého pole na otáčkách, nebo skluzu. Točivý moment je parametr každého motoru a musí být zjišťován pro celý rozsah provozních otáček motoru. Dynamometr musí být připojen k proměnnému zdroji napětí, aby byl schopen měnit funkci brzdy. Dynamometry jsou připojovány jako dynama s cizím buzením [10] [11].



Obrázek 32: Schéma zapojení dynamometru pro měření momentové charakteristiky asynchronního motoru [11]

Momentová charakteristika asynchronního motoru je měřena při sníženém napětí a dynamometr je nabuzen na jmenovitý proud a řízením stejnosměrného zdroje je nastavena odchylka na voltmetru na nulu. Poté je připojen rotor dynamometru pomocí stykače k řízenému zdroji. Řízením stejnosměrného stroje jsou na asynchronním motoru nastaveny otáčky v brzdě oblasti do záporu. Při konstantním napětí asynchronního motoru je odečítána rychlost, moment dynamometru a proud asynchronního stroje. Poté je změřen záběrný

moment a motorická oblast s vyhledanými hodnotami maxim a minim momentu. Měření je ukončeno odpojením rotoru dynamometru pomocí stykače od řízeného zdroje napětí a poté je asynchronní motor a dynamometr chlazen chodem naprázdno. Poté je obvod vypnut zdrojem střídavého napětí. Nejprve jsou přepočítány momenty a proudy na jmenovité napětí  $U_{1n}$ :

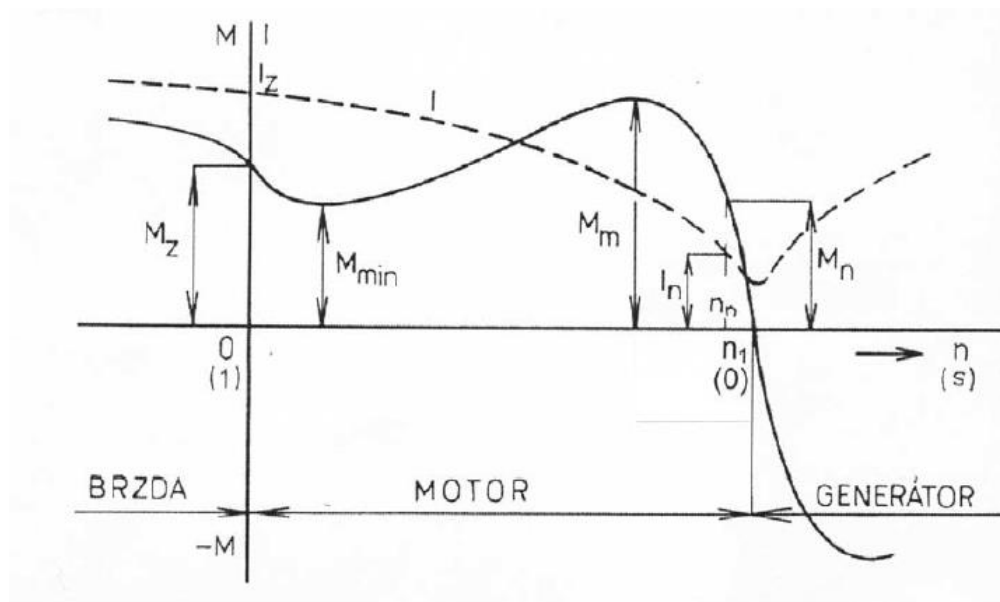
$$M_1 = M \cdot \left(\frac{U_{1n}}{U_1}\right)^2 \quad (7)$$

$$I_1 = I \cdot \frac{U_{1n}}{U_1}, \quad (8)$$

kde  $M$  je moment a  $I$  je proud změřený při sníženém napětí a  $U_1$  je měřené snížené napětí. Poté jsou momenty vyneseny do momentové charakteristiky a jsou přepočteny na jmenovité napětí frekvence  $f_x$ . Přepočtené jmenovité napětí při frekvenci 50 Hz:

$$U_{1x} = U_1 \cdot \frac{f_x}{50}, \quad (9)$$

kde  $U_{1x}$  je napětí při frekvenci  $f_x$  a napětí  $U_1$  je napětí při frekvenci 50 Hz použité pro měření. Pot tomto přepočtu je vynesena hodnota momentu do momentové charakteristiky a je tak získána měřená momentová charakteristika měřeného motoru [11].



Obrázek 33: Momentová charakteristika asynchronního motoru [11]

## 4 Elektrické světlo

Viditelné světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce přibližně od 390 nm do 790 nm. Tento rozsah je viditelný pro člověka. Vlnové délky viditelného světla leží mezi ultrafialovým a infračerveným zářením. Rychlost světla ve vakuu je  $c = 299792458 \text{ m/s}$  [12].

Důležité vlastnosti světla jsou:

- Jas svazku světelných paprsků  $L \left[ \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right]$  – je prostorová a plošná hustota světelného toku přenášeného paprskem.
- Barevná teplota  $T_C \text{ [K]}$  – je veličina, která určuje spektrum bílého světla.
- Osvětlení  $E \text{ [lx]}$  – je poměr světelného toku na plochu, na kterou působí.
- Světelný tok  $\Phi \text{ [lm]}$  – je světelná energie, kterou vyzáří zdroj za čas.
- Svítivost  $I \text{ [cd]}$  – je prostorová hustota světelného toku.
- Měrný světelný výkon  $\eta \left[ \frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$  – udává účinnost světelného zdroje.

### 4.1 Elektrické zdroje světla

Elektrické zdroje světla jsou umělé zdroje světla, které je vytvořeno elektrickými světelnými spotřebiči [12].

Elektrické zdroje světla se rozdělují na:

- Teplotní – což jsou nejstarší a nejznámější umělé zdroje světla. U těchto zdrojů je vyzáření světla způsobeno teplem. Mezi tyto zdroje například patří **žárovky**, nebo halogenové žárovky.
- Výbojové – což jsou nádoby naplněné plynem, které pomocí výboje plynu začnou vyzařovat světlo. Výbojové zdroje světla jsou buď **nízkotlaké**, což jsou například **zářivky**, nebo mohou být tyto zdroje **vysokotlaké**, kam patří například xenonové, nebo rtuťové výbojky.
- Luminiscenční – což jsou zdroje světla, ve kterých záření o kratší vlnové délce vyvolá vznik záření o delší vlnové délce. Mezi tyto zdroje patří například **LED diody**.

V minulosti a současnosti jsou nejvíce používané zdroje světla **žárovky**. Žárovky určené pro osvětlení v domácnosti, se vyrábějí ve třech různých velikostech. Velikosti závisejí

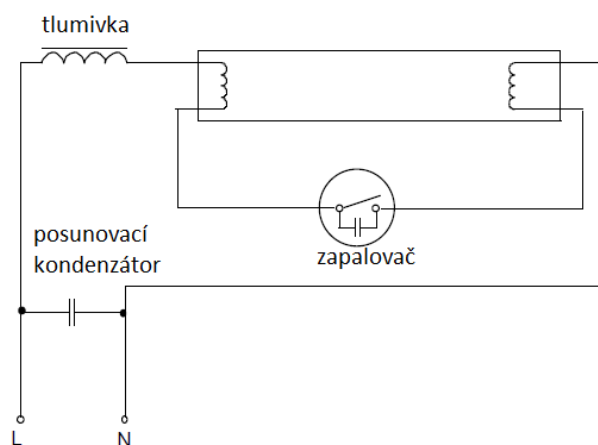
na patici, do které se žárovka šroubuje. Běžné žárovky mají patici E27, což je Edisonův závit o průměru 27 mm. Další patice žárovek jsou E14 a E40. Dalšími částmi žárovky je **vlákno**, **nosného systému** a **baňka**. Vlákná se vyrábějí z materiálů s velkou tepelnou odolností, nejčastěji wolfram. Nosný systém se skládá z držáků vlákna, které slouží jako přívod a dále se skládá ze skleněné tyčinky a čerpací trubičky. Čerpací trubička slouží k vyvedení vzduchu a k naplnění baňky plynem. Tyčinka slouží k úchytu přídržných drátků vlákna. Konce vlákna jsou pomocí svaru připevněny k držákům. K baňce je připevněna patice a přívodní drátky jsou připájeny k patici a středovému kontaktu. Baňky žárovek jsou vyráběny v různých tvarech a nejčastěji se vyrábějí z opálového skla. Jelikož jsou žárovky teplotní zdroje světla, světlo vzniká pomocí tepla. Pokud je na kontakty přiveden proud, wolframové vlákno se začne ohřívat a poté začne vyzařovat světlo. Kvůli vypařování wolframu se baňky žárovek plně plynem, většinou argon, nebo xenon s dusíkem. Teplota vlákna se pohybuje mezi 2500 °C. Doba života žárovek je nejvíce závislá na proudovém nárazu, který může být 12 krát vyšší než je proud při běžném provozu. Z tohoto důvodu se nedoporučuje rychlé vypínání a zapínání žárovek v krátkém časovém intervalu, mohlo by totiž dojít ke zničení spotřebiče [12] [13].



Obrázek 34: Popis žárovky [12]

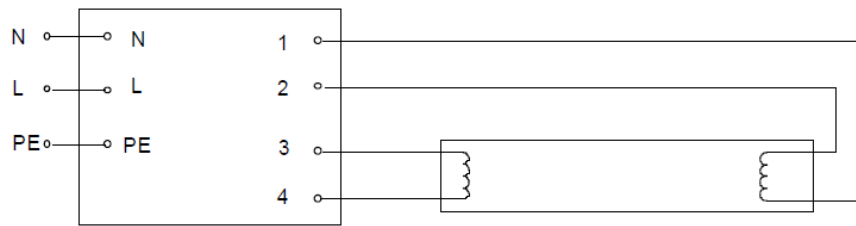
Dalším nejvíce používaným zdrojem světla, obzvláště v domácnostech jsou **zářivky**. Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které mají žhavené elektrody. Kvůli vysokému procentu vyzáření v oblasti ultrafialového záření je na trubici zářivek nanesen luminofor,

který přeměňuje část ultrafialového záření na viditelné záření. Trubice zářivky mají na koncích elektrody s patičí. Trubice jsou naplněny rtutí a plynem například argonem. Plyn snižuje zápalné napětí. Světelný tok zářivky postupně klesá, a to kvůli ztrátě účinnosti luminoforu, což se vyznačuje zčernáním vnitřního povrchu trubice. Pro zapálení výboje v zářivce se používá doutnavkový zapalovač, který nažhaví elektrodu, které se ohrátím ohne a spojí se s druhou elektrodou doutnavky zapalovače. Díky tomu se elektrody připojí přes tlumivku na síťové napětí a začnou se žhavit. Spojením elektrod v zapalovači uhasne výboj, který přeruší okruh žhavení elektrod zářivky. Přerušením obvodu se mezi elektrodami zářivky objeví zvýšené napětí a vlivem přechodového děje dojde na tlumivce k zapálení výboje. Zářivky napájené napětím s frekvencí 50 Hz může vlivem míhání světla vzniknout **stroboskopický jev**, blikání, které způsobuje optický klam u točivých elektrických strojů, že se stroj netočí. Tohoto jevu se lze zbavit zapojením zářivek střídavě na různé fáze, nebo použitím posouvacího kondenzátoru [12] [13] [14].



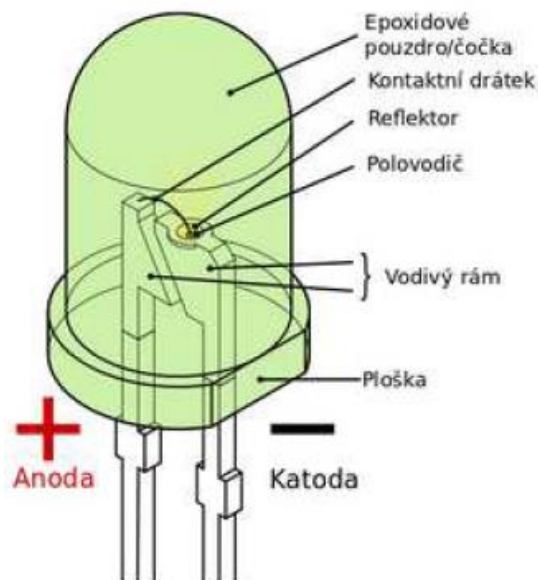
Obrázek 35: Schéma zapojení zářivky [14]

Dalším způsobem zamezení stroboskopického jevu je zapojení zářivky s elektronickým předřadníkem. Tento způsob je v dnešní době nejpoužívanější, a to především proto, že se toto zapojení obejde bez zapalovače a snižuje se tím hlučnost při zapínání svítidla. Další výhodou je okamžitý rozsvícení svítidla a delší životnost. Zářivky s elektronickým předřadníkem fungují na vysokých frekvencích a vyrábějí se s patičkami E14, E27 a E40, proto je možné jimi nahradit žárovky [12] [13] [14].



Obrázek 36: Schéma zapojení zářivky s elektronickým předřadníkem [14]

Dalším, v dnešní době velmi používaným zdrojem světla jsou diody LED – Light Emitting Diode, které mají oproti žárovkám až 10 krát nižší spotřebu. Světelné LED diody jsou elektronické prvky, které generují světlo při průchodu proudu polovodičovým přechodem v propustném směru. Při spojení elektronu s iontem se uvolňuje kvantum energie, které je odváděno přes pouzdro diody do prostoru. Záření má velmi úzké spektrum vlnových délek, takže barva LED diody vždy závisí na použitém materiálu diody. Při rostoucí teplotě klesá světelný tok. Led diody se vyrábějí například v modré, červené, žluté a zelené barvě. Míšením červené, zelené a modré barvy lze dosáhnout bílého vyzářeného světla. Uvnitř patič LED diod se nachází SMD součástky, díky kterým lze napájet diodu síťovým napětím 230 V, z tohoto důvodu jsou diody LED vhodnou náhradou klasických žárovek [12].



Obrázek 37: Popis LED diody [12]

## 5 Elektrické teplo

Teplo  $Q$  [J] je termodynamická veličina, která vyjadřuje změnu vnitřní energie tělesa. Mezi dvěma tělesy dochází k přenosu tepla tak, že teplejší těleso předává energii studenějšímu tělesu. Teplo se šíří **vedením**, **prouděním** a **sáláním**. Vedení tepla probíhá v pevných látkách, v elektrotechnice jsou vodiči tepla kovy. Proudění tepla probíhá, pokud je prostředí, kterým je teplo přiváděno tuhé těleso a pokud je prostředí, které teplo přenáší plyn, nebo kapalina. V tomto případě je teplo přenášeno pohybujícími se částicemi plynu, nebo kapaliny. Sálání tepla probíhá, pokud je teplota tělesa, které vyzařuje infračervené paprsky vyšší než 0 K. Teplo se šíří všemi třemi způsoby najednou, ale jeden z nich vždy převažuje nad ostatními [12] [15].

### 5.1 Elektrické zdroje tepla

Elektrické teplo v elektrotechnice vzniká přeměnou elektrické energie na tepelnou. Přeměny tepla v elektrotechnice jsou:

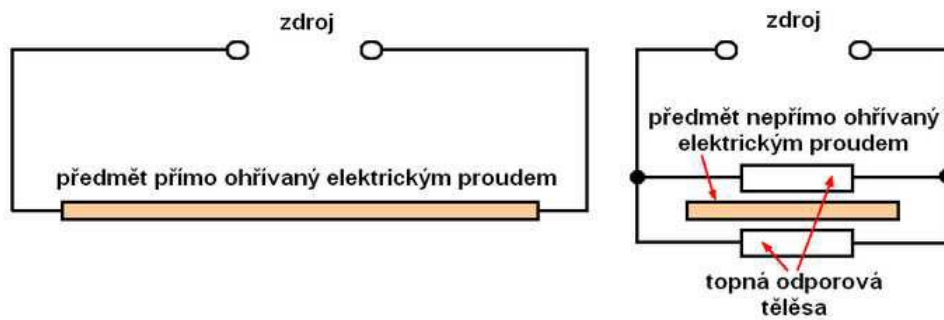
- Odporový ohřev – teplo vzniká průchodem elektrického proudu odporem.
- Obloukový ohřev – teplo vzniká pomocí elektrického oblouku.
- Indukční ohřev – teplo vzniká pomocí indukovaných proudů.
- Dielektrický ohřev – teplo vzniká pomocí vložení nevodivého tělesa do vysokofrekvenčního elektrického pole.
- Infračervený ohřev – teplo vzniká pomocí infračerveného záření.

Nejvíce používanou přeměnou elektrické energie v teplo v domácnostech je **odporový ohřev**. Elektrické teplo v tomto případě vzniká průchodem elektrického proudu vodivým prostředím s vysokou teplotní odolností. Teplo materiálu, kterým prochází proud lze určit:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t, \quad (10)$$

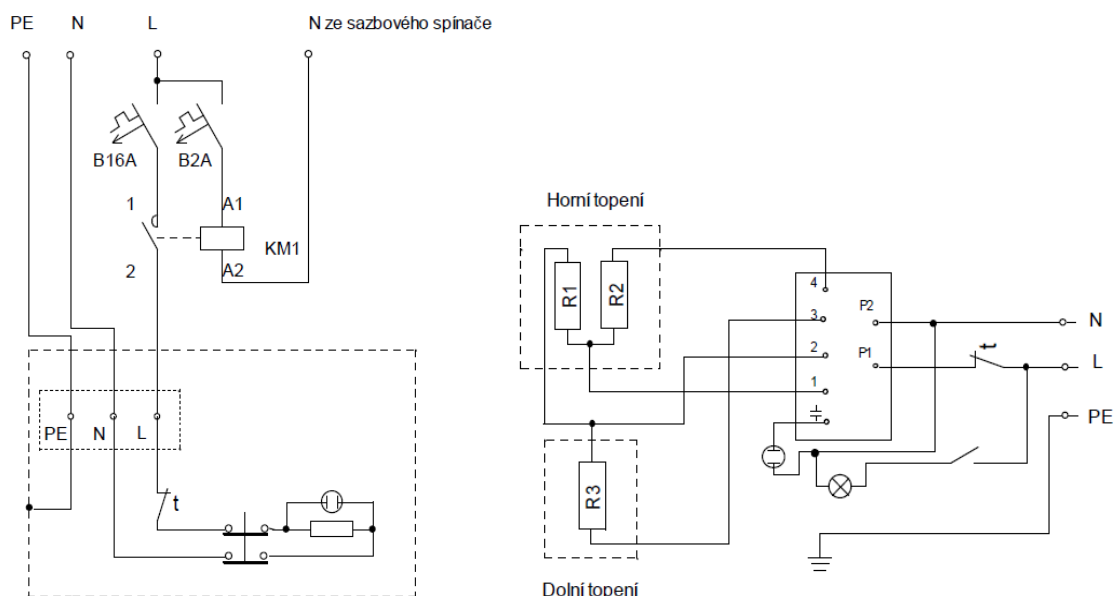
kde  $Q$  [J] je vzniklé teplo,  $R$  [ $\Omega$ ] je odpor materiálu,  $I$  [A] je proud, který prochází odporovým materiálem a  $t$  [s] je doba po kterou prochází proud odporovým materiálem. Podle vzniku a využití tepelné energie lze odporový ohřev rozdělit na **přímý** a **nepřímý**, kde v přímém ohřevu teplo vzniká průchodem proudu odporovým materiálem a používá se například pro ohřev drátů, nebo při bodovém svařování. Podmínka tohoto vzniku tepla je, že ohřívané odporové těleso musí mít co největší odpor a vysoký přívod proudu. Nepřímý ohřev je využití proudění tepla, kde je na ohřívané těleso přeneseno, které musí být nevodivé přeneseno teplo z odporových těles, ke kterým je připojen zdroj elektrického proudu [12].





Obrázek 38: Přímý ohřev (vlevo), nepřímý ohřev (vpravo) [12]

Mezi nejčastěji používané spotřebiče v domácnosti patří elektrický ohříváč vody neboli **bojler**, což je nádoba, v jejíž horní části je uložena voda a ve spodní části je uloženo odporové těleso, kterým je voda ohřívána. Bojlery jsou používány u umyvadel, nebo v koupelnách domácností. Dalším velmi používaným spotřebičem v domácnostech je elektrická trouba, která má většinou na horní části i topné desky. Před vlastním připojením obvodu k odporovým tělesům je připojen přepínač, kterým lze nastavit, jaké topné těleso bude využíváno a dále je zde připojen i regulátor teploty, který určuje, jak velká teplota vznikne odporovým ohřevem. Topné desky fungují na podobném principu jako elektrická trouba, ale u topných desek se teplota reguluje pouze přepínačem s čísly, jak velkou teplotou budeme ohřívát [12] [14].

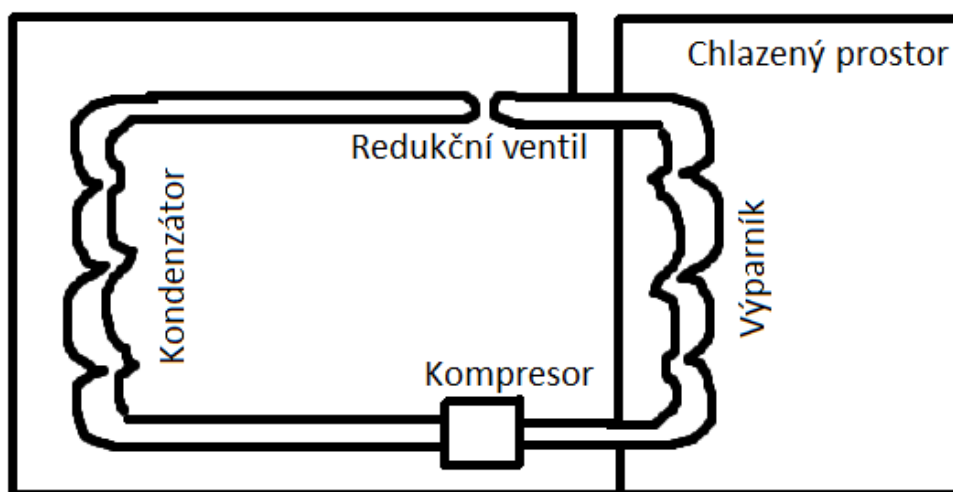


Obrázek 39: Schéma zapojení bojleru (vlevo) a elektrické trouby (vpravo) [14]

V současné době se u topných desek více využívá **indukční ohřev**. Indukční ohřev ohřívané nádoby položené na topné desce vzniká vířivými proudy na dně ohřívané nádoby. Vířivé proudy na dně nádoby vznikají díky elektromagnetickému vlnění, které vzniká v cívice topné desky. Výhodou tohoto vzniku tepla je vysoká účinnost a bezpečnost při dotyku, kde v tomto případě ohřevu nevznikne popálení [12].

## 5.2 Elektrické chlazení

Elektrická chladicí zařízení využívají princip vypařování kapaliny, které je potřeba dodat teplo. Nejběžnějšími chladicími spotřebiči v domácnosti jsou **kompresorové chladničky**. Chladicí médium v plynné podobě je z výparníku odsáváno kompresorem, který ho stlačí a tím se zvýší jeho tlak, teplota i bod varu. Chladicí médium začne v kondenzátoru zkapalňovat a při tomto procesu odevzdává teplo do okolí. Redukční ventil, kterým je snížen tlak propustí kapalně médium do výparníku, kde je nižší tlak i bod varu chladicího média, a to se začne odpařovat. Teplo, které je potřeba ke změně skupenství se odebírá z okolí, tedy z chlazeného prostoru [12].



Obrázek 40: Schéma kompresorové chladničky [12]

## 6 Elektronické prvky

Elektronické prvky jsou součástky konstruované pro malé proudy. Tyto součástky jsou velmi důležité v mnoha oblastech, především v oblastech řízení a regulace. Elektronické součástky se využívají pro obvody s malými proudy a napětími, ale některé z nich lze využít i v silnoproudých obvodech. Pro ty z nich, které jsou konstruovány pro malé proudy, musí obvod nejprve projít snížením napětí [16].

### 6.1 Rezistory

Rezistory jsou pasivní elektronické součástky. Součástka má lineární závislost proudu a napětí. Rezistory se v elektrických obvodech chovají jako odpor, tedy zátěž obvodu. Základní jednotkou odporu je  $1 \Omega$  a odpor se vypočítá podle vztahu:

$$R = \frac{U}{I} [\Omega; V; A], \quad (11)$$

kde  $R$  je odpor,  $U$  je elektrické napětí a  $I$  je elektrický proud. Rezistory mohou být **vrstevové**, které jsou tvořeny z vrstvy uhlíku, oxidu kovu, nebo odporové slitiny. Dalšími rezistory jsou **drátové**, které mají indukčnost a používají se především ve stejnosměrných obvodech. Rezistory se mohou řadit buď do **série**, nebo **paralelně**. U rezistorů, které se řadí do série (za sebou) se jejich odpor sčítá. U rezistorů, které se řadí paralelně (vedle sebe) se celkový odpor rovná součtu jejich převrácených hodnot, snižuje se a je menší než odpor nejmenšího z nich. Rezistory se používají též jako náhradní zátěž, nebo jako bočné a předřadné odpory v měřicích přístrojích pro změnu rozsahu [16].

### 6.2 Cívky

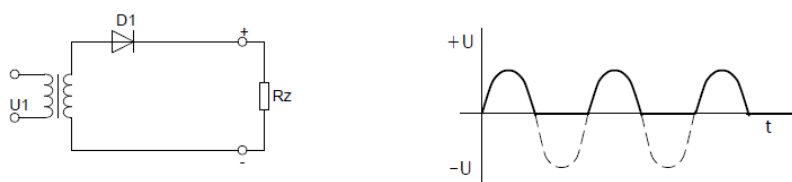
Cívky jsou součástky se dvěma póly, které mají vlastní indukčnost  $L$  [H]. Cívka je tvořena závitou vodiče, které jsou uspořádány do vrstev. Indukčnost cívky závisí na počtu závitů, na typu průřezu, kde závisí, zda mají cívky kruhový, obdélníkový, nebo čtvercový průřez a dále indukčnost závisí na magnetických vlastnostech prostředí. Pokud cívkou prochází střídavý proud, vzniká v cívce odpor, který se nazývá indukční reaktance a ta je závislá na indukčnosti cívky a na frekvenci proudu, který prochází cívkou. Indukční reaktance se vypočítá vztahem:

$$X_L = \omega \cdot L, \quad (12)$$

kde  $X_L$  je indukční reaktance,  $\omega$  je úhlová frekvence a  $L$  je indukčnost. Cívky se dělí na cívky s **jádrem** a **bez jádra**. Cívky se používají například v elektronických obvodech oscilátorů a v elektrotechnice se používají jako vinutí transformátorů a motorů, nebo ke konstrukci elektromagnetů [16].

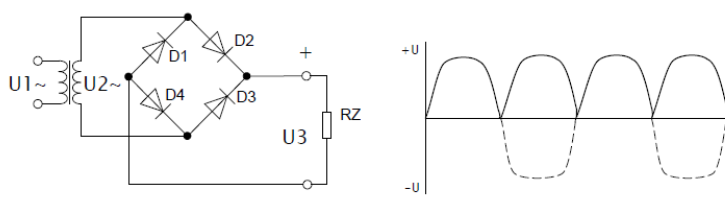
### 6.3 Usměrňovače

Usměrňovače jsou elektronické obvody, které jsou schopné vytvořit ze střídavého napětí stejnosměrné. Nejjednodušším usměrňovačem je **jednocestný**. Tento usměrňovač je sestaven z polovodičové diody, která ale usměrňuje pouze jednu půlvlnu sinusového průběhu. Z tohoto důvodu tento typ usměrňovače nemá takové využití [16].



Obrázek 41: Jednocestný usměrňovač (vlevo) a průběh jeho výstupního napětí (vpravo) [16]

Používanějšími usměrňovači jsou vícecestné, například **dvoucestný** usměrňovač, který využívá zapojení dvou diod k transformátoru s dvojitým sekundárním vinutím. Díky dvojitému sekundárnímu vinutí jsou na výstupu dvě napětí a každá dioda tak usměrňuje jednu půlvlnu. Dalším typem usměrňovače je **můstkový** usměrňovač, tento usměrňovač dokáže usměrnit obě půlvlny střídavého napětí. V první půlvlně je na horní svorce můstku kladné napětí a diody  $D_2$  a  $D_4$  jsou otevřeny a propouští proud a diody  $D_1$  a  $D_3$  jsou zavřené. Při druhé půlvlně je kladné napětí na spodní svorce můstku a diody  $D_1$  a  $D_3$  jsou otevřené a propouští proud a diody  $D_2$  a  $D_4$  jsou zavřené. Tyto usměrňovače jsou jedny z nejpoužívanějších [16].



Obrázek 42: Můstkový usměrňovač (vlevo) a průběh jeho výstupního napětí (vpravo) [16]

## 7 Měření elektrických veličin

Měření veličin elektrického proudu je důležité hlavně z hlediska spotřeby elektrické energie. Elektrické veličiny se měří kvůli odolnosti elektrických zařízení a kvůli provozním elektrickým veličinám. Měřitelné elektrické veličiny jsou:

- Elektrický proud
- Elektrické napětí
- Elektrický odpor
- Impedance
- Kapacita
- Indukčnost
- Frekvence
- Fázový posun
- Elektrický výkon
- Elektrická práce

Většina těchto veličin je měřitelná pomocí multimetrů, které dokážou měřit více elektrických veličin. V elektrotechnice jsou nejvíce měřenými veličinami elektrický **proud**, **napětí**, **fázový posun**, **výkon** a **práce**.

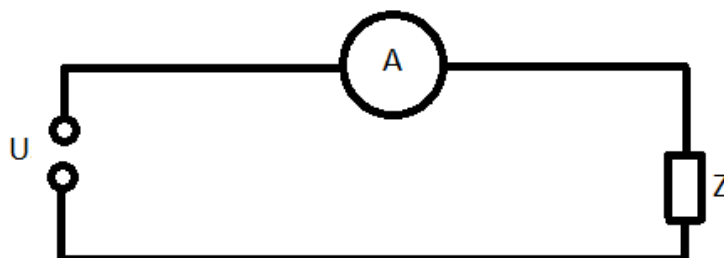
### 7.1 Měření elektrického proudu

Elektrický proud je elektrický náboj, který projde vodičem za čas. Značí se  $I$  [A] a jeho jednotkou je ampér. Elektrický proud se tedy vypočítá ze vztahu:

$$I = \frac{Q}{t}, \quad (13)$$

kde  $I$  je elektrický proud,  $Q$  je elektrický náboj a  $t$  je čas. Přístroje, kterými se měří elektrický proud jsou **ampérmetry**. Ampérmetry se vždy zapojují do série s měřenou zátěží. Ampérmetry by měly mít na obvod co nejmenší vliv, proto by měl být úbytek napětí na ampérmetru co nejnižší. Z tohoto důvodu musí mít přístroje co nejmenší vnitřní odpor. Čím je větší rozsah přístroje, tím je menší vnitřní odpor. Pokud bude na přístroji zvolen špatný rozsah, nebo bude přístroj špatně zapojen, může dojít k jeho zničení, proto se do přístrojů dávají pojistky, které zabrání zničení přístroje. Pokud je přístroj připojen na zdroj, jehož proud není známý, nebo je známa pouze jeho přibližná hodnota, musí se na přístroji nastavit co největší

rozsah, aby bylo zabráněno špatnému zvolení rozsahu. Po prvním změření hodnoty se na přístroji nastaví rozsah podle skutečně změřené hodnoty, aby byla co nejpřesnější [17] [18].

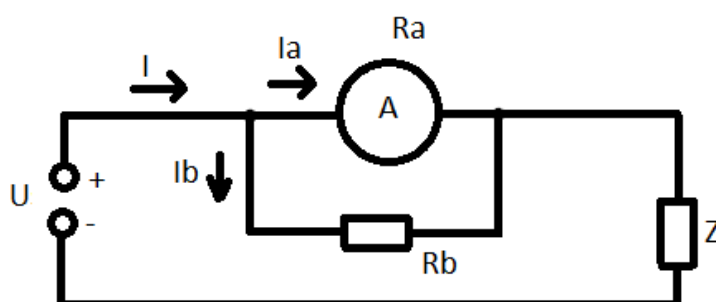


Obrázek 43: Schéma zapojení ampérmetru [17]

Při měření elektrického proudu je důležitý rozsah přístroje, pokud je měřená hodnota příliš vysoká, musí se změnit rozsah přístroje. Pokud je ale přístroj nastaven na maximální rozsah, musí se rozsah ještě zvětšit. Pro obvody, kterými protéká stejnosměrný proud se používá **bočník**. Bočník slouží k zvětšení rozsahu ampérmetru, je to odpor, který se připojuje paralelně k měřicímu přístroji. Velikost odporu bočníku lze vypočítat podle vztahu:

$$R_b = \frac{R_a}{n-1}, \quad (14)$$

kde  $R_b$  je odpor bočníku,  $R_a$  je vnitřní odpor ampérmetru a  $n = \frac{I}{I_a}$  je poměr zvětšení bočníku [17].



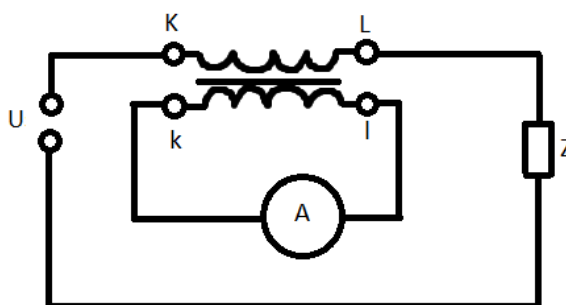
Obrázek 44: Schéma zapojení bočníku [17]

Pro zvětšení rozsahu v obvodech, kterými protéká střídavý proud jsou velmi často využívány **měřící transformátory proudu**. Jsou to transformátory, které mají na sekundárním vinutí menší proud, a proto přístroj zvládne tento proud změřit. Primární vinutí

měřicího transformátoru se připojuje do série k měřené zátěži a na sekundární vinutí se připojí ampérmetr. Primární vinutí měřicího transformátoru se značí velkými písmeny K a L. Sekundární vinutí měřicího transformátoru se značí malými písmeny k a l. Převod měřicího transformátoru se vypočítá stejně jako u běžného transformátoru podle vztahu:

$$p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}, \quad (15)$$

kde  $p$  je převod transformátoru,  $N$  jsou počty závitů na primárním a sekundárním vinutí a  $I$  je proud, který protéká obvodem primárního a sekundárního vinutí. Při použití měřicího transformátoru se naměřená hodnota proudu vynásobí konstantou převodu a tím je získána skutečná hodnota proudu [17].



Obrázek 45: Schéma zapojení měřicího transformátoru proudu [17]

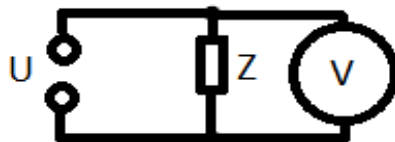
## 7.2 Měření elektrického napětí

Elektrické napětí je práce, která je potřeba k přemístění elektrického náboje mezi dvěma potenciály. Elektrické napětí se značí  $U$  [V] a jeho jednotkou jsou volty. Vypočítá se:

$$U = \frac{W}{Q}, \quad (16)$$

kde  $U$  je elektrické napětí,  $W$  je práce a  $Q$  je elektrický náboj. Přístroje, kterými se měří elektrické napětí jsou **voltmetry**. Voltmetry se zapojují vždy paralelně k měřené zátěži. Voltmetry by měly mít co nejmenší vliv na velikost proudu v obvodu. Z tohoto důvodu musí být vnitřní odpor přístroje co největší. Pokud zvolíme nižší měřicí rozsah přístroje, než je skutečná měřená hodnota napětí, může být přístroj poškozen. U nových přístrojů se z tohoto důvodu do přístroje instalují pojistky, díky kterým je zabráněno poškození přístroje. Při měření neznámého zdroje napětí musí být vždy rozsah voltmetru nastaven na co nejvyšší hodnotu,

aby se předešlo poškození přístroje. Po zjištění měřené hodnoty může být rozsah snížen, aby došlo k co nejpřesnějšímu výsledku [17] [18].

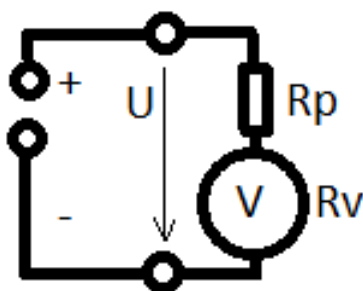


Obrázek 46: Schéma zapojení voltmetru [17]

Při měření elektrického napětí je stejně jako při měření elektrického proudu důležitý rozsah měřicího přístroje. Pokud je zdroj napájen příliš vysokým napětím, musí se zvýšit rozsah přístroje a pokud je rozsah zvýšen na maximum, musí se zvýšit jinou metodou. Nejčastější metodou zvýšení rozsahu voltmetru je **předřadník**. Předřadník je odpor zapojený do série k měřicímu přístroji. Předřadník je také jedinou metodou, jak zvýšit rozsah voltmetru v obvodu stejnosměrného proudu. Velikost předřadného odporu se vypočítá podle vztahu:

$$R_p = R_v \cdot (n - 1), \quad (17)$$

kde  $R_p$  je velikost odporu předřadníku,  $R_v$  je velikost odporu měřicího přístroje a  $n = \frac{U}{U_v}$  je zvětšení rozsahu voltmetru. Čím větší bude odpor předřadníku, tím větší bude měřicí rozsah [17].



Obrázek 47: Schéma zapojení předřadníku [17]

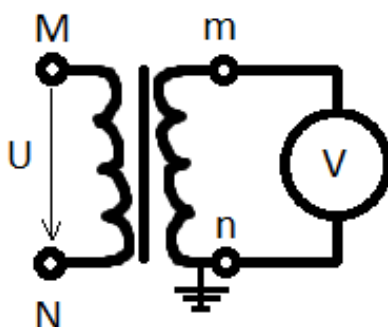
Další velmi používaná metoda pro zvýšení rozsahu voltmetru je **měřicí transformátor napětí**. Měřicí transformátory napětí se používají pro zvýšení rozsahu voltmetrů v obvodech střídavého proudu. Tyto transformátory mají na sekundárním vinutí menší napětí, než na primárním a pomocí převodu zmenší napětí a tím je rozsah připojeného přístroje dostatečný.



Měřicí transformátor napětí má primární vinutí označené velkými písmeny M a N a sekundární vinutí je označeno malými písmeny m a n. Převod měřicího transformátoru je stejný jako převod běžného transformátoru podle vztahu:

$$p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}, \quad (18)$$

kde  $p$  je převod transformátoru,  $N$  jsou počty závitů na primárním a sekundárním vinutí a  $U$  jsou napětí na primárním a sekundárním vinutí. Napětí na sekundárním v převodní rovnici musí být naprázdno, protože napětí na transformátoru naprázdno je jiné než napětí při zatížení. Při měření pomocí měřicího transformátoru napětí musí být naměřená hodnota napětí vynásobena konstantou převodu a po vynásobení je získána skutečná hodnota napětí. Jedna sekundární svorka se vždy musí uzemnit, protože při měření vysokých napětí by mohlo dojít k průniku napětí na sekundární stranu transformátoru a následně k úrazu elektrickým proudem [17].



Obrázek 48: Schéma zapojení měřicího transformátoru napětí [17]

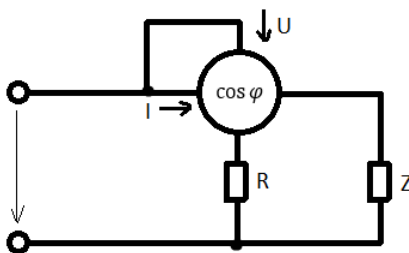
### 7.3 Měření fázového posunu

Fázový posun je rozdíl dvou sinusových průběhů o stejné frekvenci. V elektrotechnice je důležitý fázový posun proudem a napětím. V tomto případě je fázový posun vyjádřen pomocí funkce cosinu a nazývá se **účinník**. Pokud předbíhá proud napětí, je účinník kapacitní a pokud předbíhá napětí proud, je účinník induktivní. V sítích, kde jsou připojeny motory převažuje účinník induktivní a v domovních kabelových sítích převažuje účinník kapacitní. Účinník lze vypočítat pomocí výkonu podle vztahu:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}, \quad (19)$$

kde  $\cos \varphi$  je účinník,  $P$  je výkon,  $U$  je elektrické napětí a  $I$  je elektrický proud. Účinník je bezrozměrná jednotka a lze ho vyjádřit v procentech. Pokud bude účinník  $\cos \varphi = 1$ , je v síti

pouze činný proud, a tedy i činný výkon. Pokud bude účinník příliš nízký, znamená to, že je síť zatěžována jalovým proudem, který se nemůže proměnit v práci. Z tohoto důvodu se spotřebiče s indukčností vybavují kapacitními bariérami a tyto bariéry dodávají kapacitní proud, který kompenzuje účinník blízko k hodnotě  $\cos \varphi = 1$ . Nejpoužívanějšími měřicími přístroji pro měření účinníku jsou **fázoměry**. Fázoměry dokážou měřit účinník přímou metodou a nejsou k tomu tak potřeba další jiné přístroje. Přístroj je elektrodynamický, proto má dvě cívky. První cívka je proudová a k ní je přidělena napěťová cívka, která se skládá z dalších dvou cívek, které jsou proti sobě otočeny o  $90^\circ$  a dá se s nimi mechanicky pohybovat. Obě cívky jsou pootočený a protékají jimi časově posunutý proudy, vytvoří se točivé magnetické pole, které natočí obě cívky tak, že jsou magnetická pole obou cívek stejná. Pootočením cívek dojde i k otočení ukazatele na fázoměru a fázový posun lze přímo odečíst z fázoměru [17].



Obrázek 49: Schéma zapojení fázoměru [17]

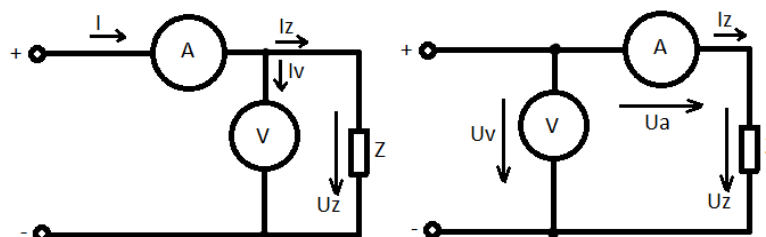
## 7.4 Měření elektrického výkonu

Výkon je elektrická práce, která musí být vykonána elektrickým zařízením za čas. Elektrický výkon může být měřen pro stejnosměrný, a i pro střídavý proud. Elektrický výkon se značí  $P$  [W] a jeho jednotkou jsou watt. Elektrický výkon v obvodech **stejnosměrného** proudu se vypočítá podle vztahu:

$$P = U \cdot I, \quad (20)$$

kde  $P$  je elektrický výkon,  $U$  je elektrické napětí a  $I$  je elektrický proud. Elektrický výkon v obvodech stejnosměrného proudu se měří pouze voltmetrem a ampérmetrem. Existují dvě možnosti, jak tyto přístroje zapojit a každá z těchto možností se hodí pro měření různě velkých výkonů. První možností je připojení voltmetru za ampérmetr. V tomto případě je získána přesná hodnota napětí, protože voltmetr měří pouze napětí na zátěži, ale je získána méně přesná hodnota proudu, protože ampérmetr měří jak proud protékající voltmetrem, tak proud

protékající zátěží. Jelikož má voltmetr velký vnitřní odpor, je proud protékající voltmetrem velmi malý a nepřesnost měření není tak velká. Druhou možností zapojení je zapojení voltmetru před ampérmetr. V tomto případě je přesnější hodnota proudu, protože ampérmetr měří přímo proud, který protéká zátěží, ale je získána méně přesná hodnota napětí, protože voltmetr měří jak napětí na zátěži, tak i napětí na ampérmetru. Jelikož je vnitřní odpor ampérmetru velmi malý, je malé i napětí na ampérmetru a nepřesnost měření není tak velká [17].



Obrázek 50: Schématické zapojení pro měření výkonu stejnosměrného proudu [17]

Elektrický výkon v obvodech **střídavého** proudu závisí na účinníku. Účinník je důležitý pro **činný** výkon, což je výkon, který je odebíraným výkonem z elektrické sítě. Dalším výkonem je **jalový** výkon, což je indukční, nebo kapacitní zátěž sítě. Je to vlastně výkon, který je vrácen zpět do sítě. Posledním výkonem je **zdánlivý** výkon, což je ideální výkon, který by byl dodáván ze sítě beze ztrát. Tyto tři výkony se vypočítají podle vztahů:

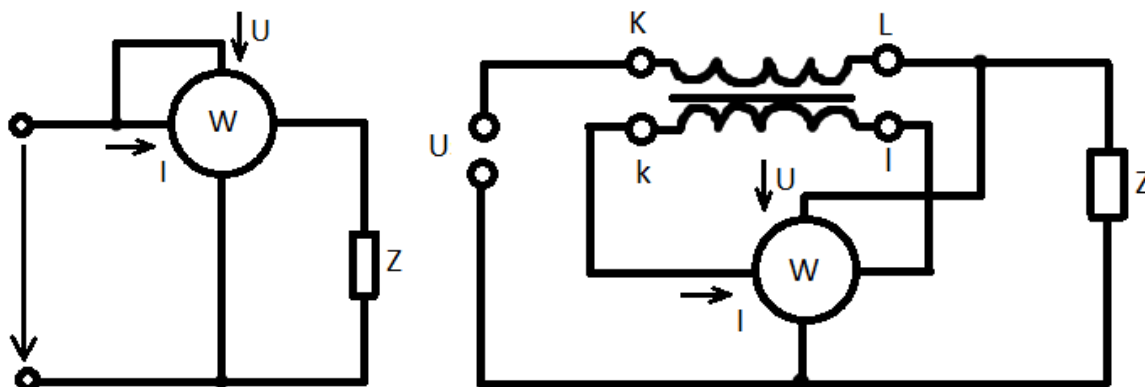
$$\text{Činný výkon:} \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (21)$$

$$\text{Jalový výkon:} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (22)$$

$$\text{Zdánlivý výkon:} \quad S = U \cdot I \quad (23)$$

Nejdůležitějším z těchto výkonů v elektrotechnice je činný výkon. Přístroje, které tento výkon měří jsou **wattmetry**. Wattmetry jsou přístroje, které mají dvě cívky, jednu proudovou a jednu napěťovou. Přívod se připojuje k začátku proudové cívky a konec proudové cívky se připojuje k zátěži, je to vlastně stejný princip, jako připojení ampérmetru. Stejně tak se připojuje napěťová cívka jako voltmetr. Napěťová cívka wattmetru se může připojovat dvěma způsoby, buď před proudovou cívku, nebo za ní. Je to stejný způsob jako připojení voltmetru a ampérmetru pro měření výkonu v obvodu stejnosměrného proudu. Častější zapojení napěťové cívky je na začátek proudové, protože stačí spojit dvě svorky wattmetru, které jsou vedle sebe. Pro změnu rozsahu se wattmetry dají připojit k měřícím transformátorům proudu a napětí, stejně jako ampérmetry a voltmetry. Zapojení wattmetru k měřicímu transformátoru

proudu vypadá tak, že se na sekundární vinutí připojí proudová cívka wattmetru a napěťová cívka wattmetru se připojí za druhou svorku primárního vinutí, nebo se napěťová cívka připojí přímo na sekundární vinutí napěťového měřicího transformátoru [17].



Obrázek 51: Schéma zapojení wattmetru (vlevo) a wattmetru s měřícím transformátorem proudu (vpravo) [17]

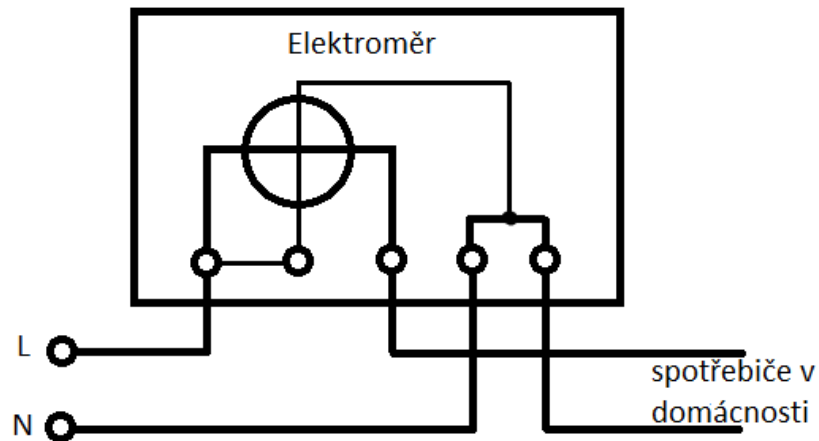
## 7.4 Měření elektrické práce

Elektrická práce je energie, kterou spotřebují všechny elektrické spotřebiče. Je to výkon, který je potřeba pro funkčnost elektrických spotřebičů v určité čase. Elektrická práce se značí  $W$  [kWh] a její jednotkou jsou kilowatthodiny. Tato jednotka se může zdát velká, ale protože je elektrická práce měřena za určitá časová období je tato jednotka ideální. Elektrická práce se vypočítá podle vztahu:

$$W = P \cdot t, \quad (24)$$

kde  $P$  je výkon, který elektrická síť využívá a  $t$  je čas po který je výkon využíván. Přístroje pro měření elektrické práce jsou **elektroměry**. Elektroměry jsou přístroje podobné wattmetrům, také mají proudovou a napěťovou cívku, ale na rozdíl od wattmetrů jejich ústrojí pracuje rovnováhou pohybového a brzdícího momentu. Pro běžné využití jsou nejpoužívanější elektroměry pro měření činné práce, které jsou v každé domácnosti a jejich vlastníkem je dodavatel elektrické energie. Měřicí ústrojí elektroměru je sestaveno ze dvou elektromagnetů s jádry do tvaru velkého písmene E. Na horním elektromagnetu uprostřed je navinuta napěťová cívka a na spodním elektromagnetu na krajích je navinuta proudová cívka, která má malý počet závitů a je vytvořena ze silného vodiče. Mezi elektromagnety se otáčí hliníkový kotouč, který zajišťuje jak pohybový moment, tak i brzdny moment, který je vytvořen pomocí

permanentního magnetu, uvnitř něhož také prochází hliníkový kotouč. Ve většině domácností mají elektroměry přidané **HDO** (Hromadné Dálkové Ovládání), pomocí něhož jsou elektroměry přepínány do jiného sčítače měření, pro jiné tarify. Ovládání HDO je v moderních elektroměrech zabudováno přímo do elektroměru, na rozdíl od starých elektroměrů, kde bylo ovládání vedle elektroměru a muselo se k elektroměru připojovat zvlášť [17].



Obrázek 52: Schéma zapojení jednofázového elektroměru bez HDO [17]

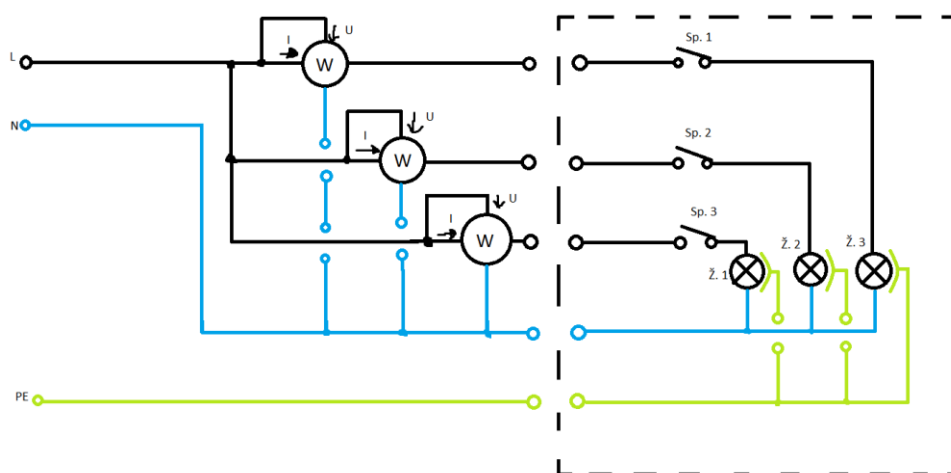
## 8 Návrhy panelů pro výuku elektrotechniky

Prvním krokem praktické části mé práce bylo navrhnout schémata zapojení, která by byla vhodná pro výuku. Mým cílem bylo, aby schémata pokryla základní oblasti domácí elektroinstalace. Tedy by na nich měli být studenti si vyzkoušet například zapojení schodišťového vypínače, jističů, obyčejné zásuvky apod. Tato schémata jsem následně rozdělil do funkčních bloků (zásuvky, světla, jištění apod.). Z nich jsem pak určil konstrukci jednotlivých panelů, respektive jejich funkci. Po delším zkoumání jsem vybral sedm základních schémat.

### Návrhy schémat

#### 8.1 Měření jednofázového výkonu

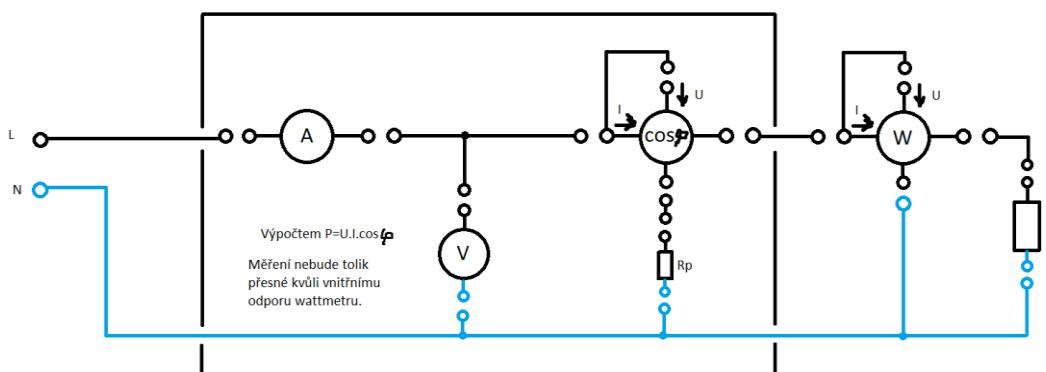
Prvním navrhnutým schématem viz. Obrázek 53 je měření výkonu na jednofázových spotřebičích, konkrétně na žárovkách, které jsou brány jako zátěž. V tomto zapojení jsou tři wattmetry, které přímo měří činný výkon.



Obrázek 53: Navrhnuté schéma pro měření výkonu

#### 8.2 Měření činného výkonu

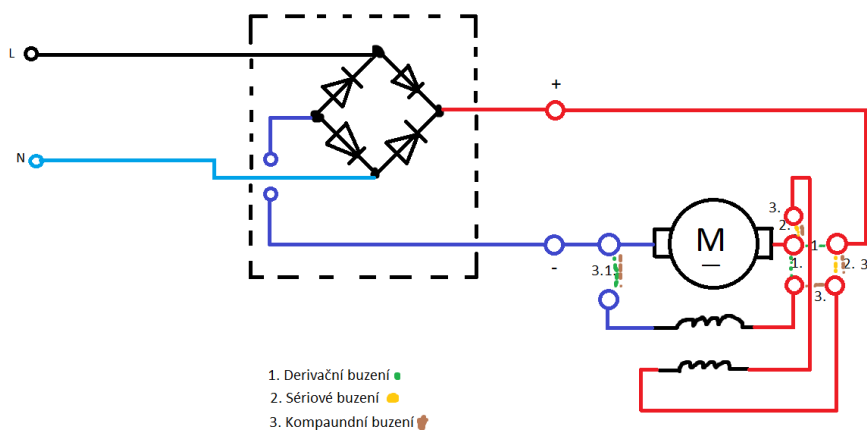
Druhým navrhnutým schématem viz. Obrázek 54 je měření činného výkonu přímou metodou pomocí wattmetru a nepřímou metodou pomocí voltmetru, ampérmetru a fázoměru.



Obrázek 54: Navrhnuté schéma pro měření výkonu dvěma metodami

### 8.3 Stejnsměrný motor s různými druhy buzení

Třetím navrhnutým schématem viz. Obrázek 55 je zapojení stejnosměrného motoru s možností výběru buzení. V tomto zapojení je stejnosměrný motor bez buzení a cívky, které jsou potřeba k jeho nabuzení. Ve schématu jsou popsány cesty, jaká buzení mohou být použita. Jelikož je motor stejnosměrný, je ve schématu znázorněn usměrňovač v podobě Greatzova můstku.

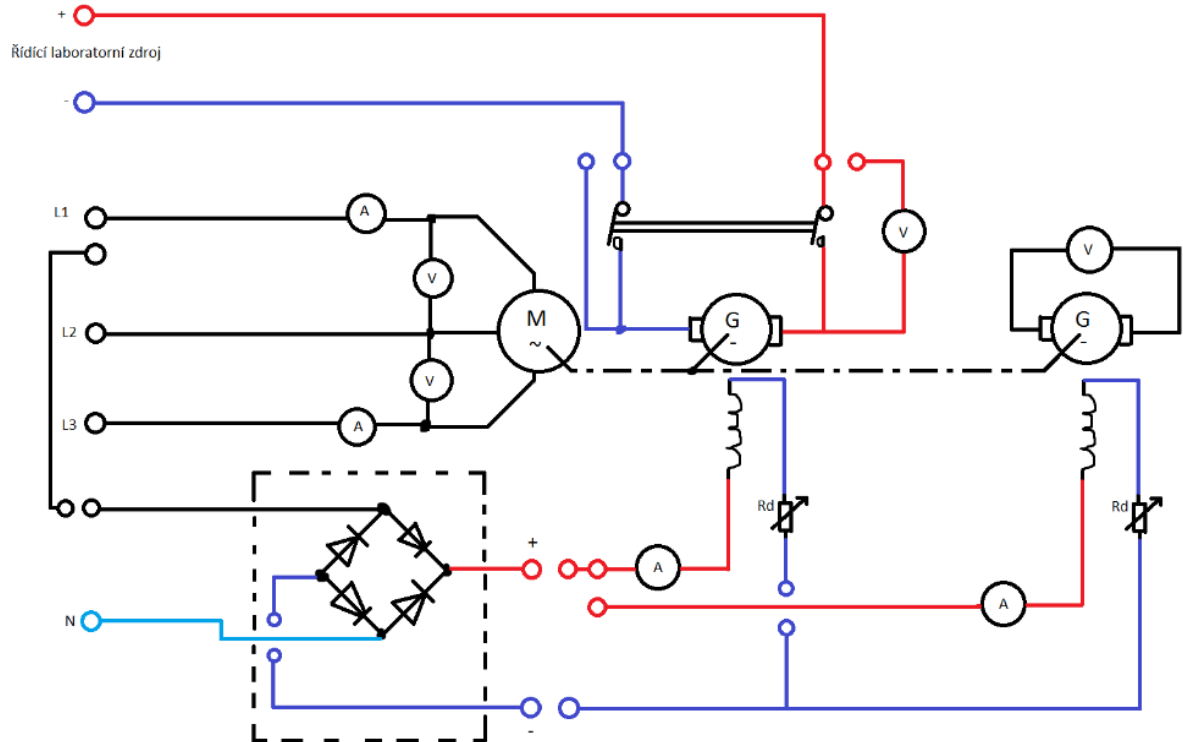


Obrázek 55: Navrhnuté schéma pro buzení stejnosměrného motoru

### 8.4 Měření asynchronního motoru

Čtvrtým navrhnutým schématem viz. Obrázek 56 je zapojení pro měření momentové charakteristiky asynchronního motoru. V tomto zapojení jsou voltmetry a ampérmetry pro

měření napětí a proudů. Dále je zde usměrňovač v podobě Greatzova můstku a dynamometr, který funguje jako brzda pro roztočený motor.

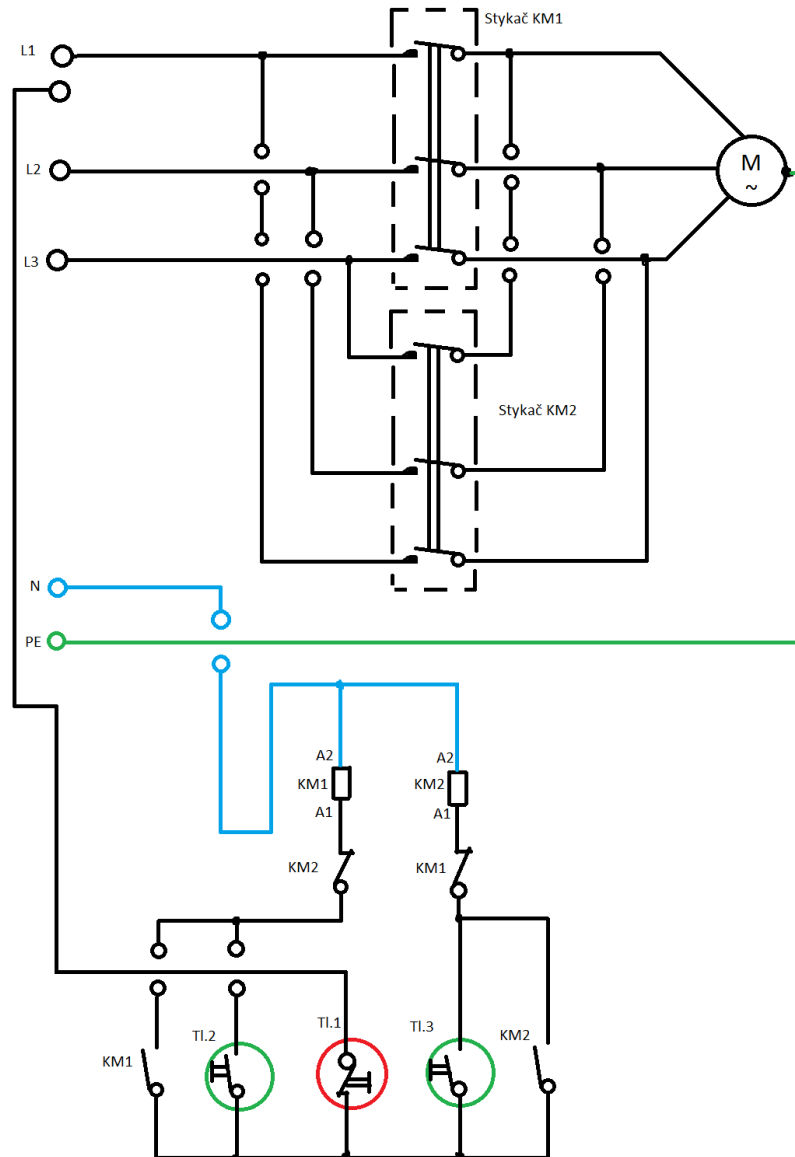


Obrázek 56: Navrhnuté schéma měření momentové charakteristiky

## 8.5 Stykačová reverzace motoru

Pátým zapojením viz. Obrázek 57 je schéma reverzace motoru. V tomto zapojení je třífázový asynchronní motor a dva třífázové stykače, jejichž kombinací lze změnit směr otáčení motoru, ke spínání a rozpínání stykačů slouží tlačítka.

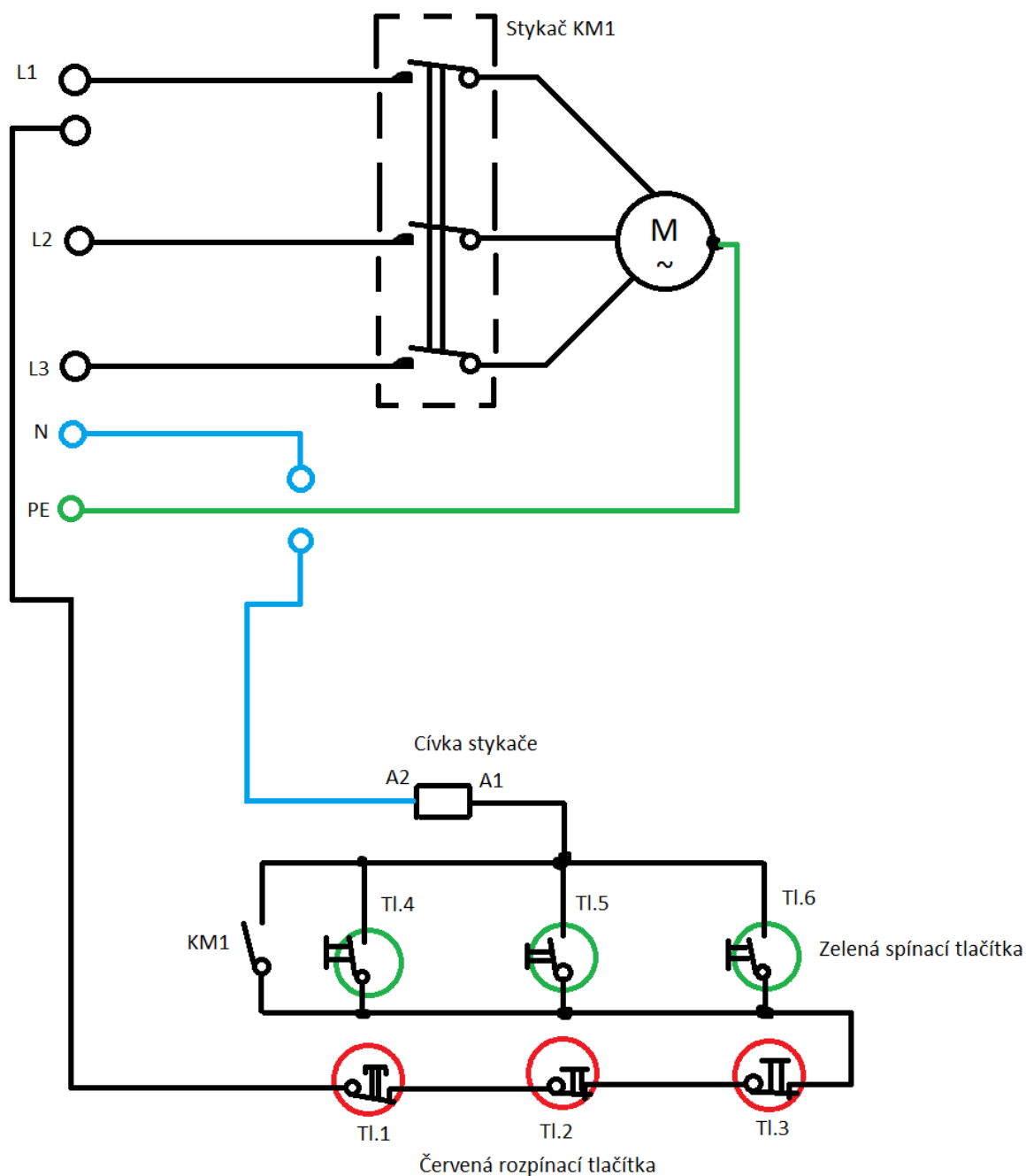




Obrázek 57: Navrhnuté schéma reverzace motoru

## 8.6 Stykačové ovládání motoru z více míst

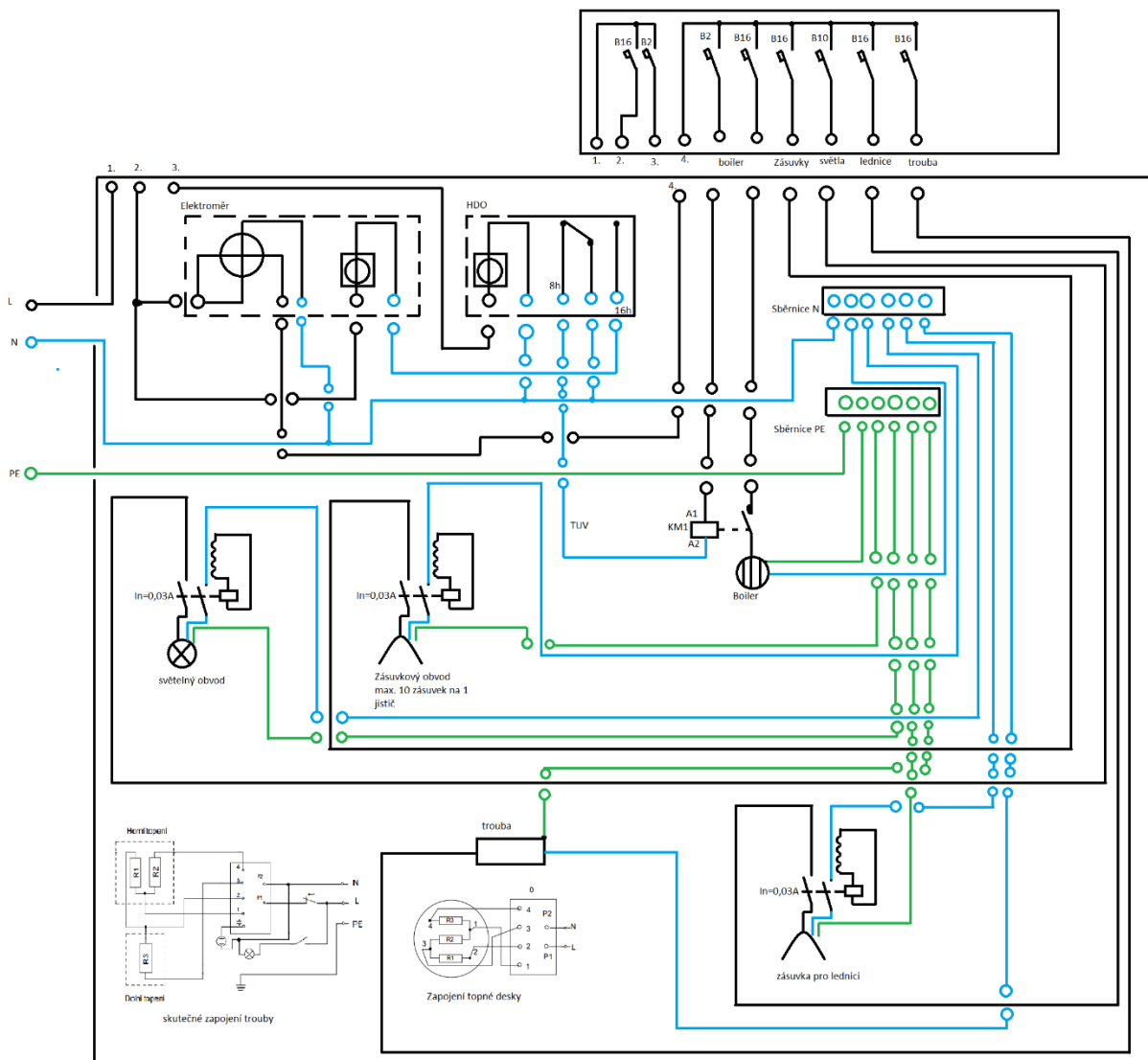
Šestým zapojením viz. Obrázek 58 je ovládání motoru z více míst. Na schématu je naznačena varianta se třemi ovládacími prvky. V zapojení je třífázový asynchronní motor a třífázový stykač, který slouží k ovládání motoru. Spínací tlačítka jsou označena zeleně a rozpínací tlačítka červeně. Na každém místě, ze kterého chceme motor ovládat, musí být jedno spínací a jedno rozpínací tlačítko. Spínacím tlačítkem se stykač sepne a dodává motoru energii a rozpínacím tlačítkem se stykač rozpojí a přísun energie je přerušen.



Obrázek 58: Navrhnuté schéma ovládání motoru

## 8.7 Bytová instalace

Sedmým navrhnutým schématem viz. Obrázek 59 je zapojení bytové instalace. V tomto zapojení se využívají ochrany jističi, proudovými chrániči a ochranným pospojováním. Ve schématu jsou světelné a zásuvkové okruhy. Dále je zde zapojení bojleru, zásuvky pro lednici a zapojení elektrické trouby. Je zde znázorněno měření elektrické práce pomocí elektroměru.



Obrázek 59: Navrhnuté schéma bytové instalace

## 8.8 Dohodnuté panely

Po dohodě s vedoucím práce byl jako hlavní vybrán poslední návrh a z něho bylo vytaženo několik okruhů, podle nichž budou navrženy a vyrobeny panely.

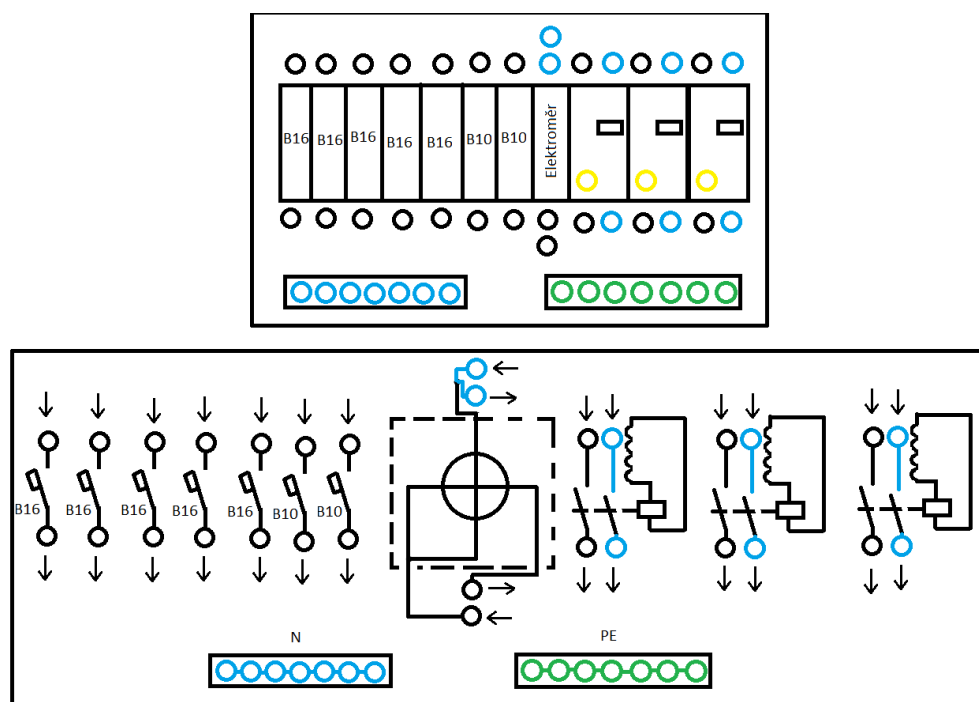
Dohodnuté panely, které budou navrženy a vyrobeny jsou:

1. Panel s jističi a proudovými chrániči, k němuž bude přidáno i jednoduché měření elektrické práce pomocí elektroměru.
2. Panel s vypínači k ovládání světelného okruhu.
3. Panel se svítkami.
4. Panel se zásuvkami

5. Panel se simulací spotřebičů, které jsou běžně k vidění v každé domácnosti.

## 8.9 Panel s jističi, proudovými chrániči a elektroměrem

Prvním navrhnutým panelem je ten nejdůležitější, a sice panel s ochranami. Bude sloužit jako vstupní panel k ostatním a jeho funkcí bude ochrana ostatních panelů a studentů. V návaznosti na další panely má tři jističe B16 pro spotřebiče, jeden jistič B16 pro zásuvkový okruh, jeden jistič B10 pro světelný okruh a jeden jistič B10 pro větrák. Dále elektroměr pro měření elektrické práce a jistič B16 určený k zapojení elektroměru. Obsahuje tři proudové chrániče, jeden pro zásuvkový okruh, jeden pro světelný okruh a jeden pro lednici. Dále jsou na něm dvě svorkovnice, jedna pro pracovní nulový vodič N s modrou barvou a druhá pro ochranný vodič PE se zelenou barvou. Pro komponenty jsou v elektrickém schématu šipkami znázorněny vstupy a výstupy.



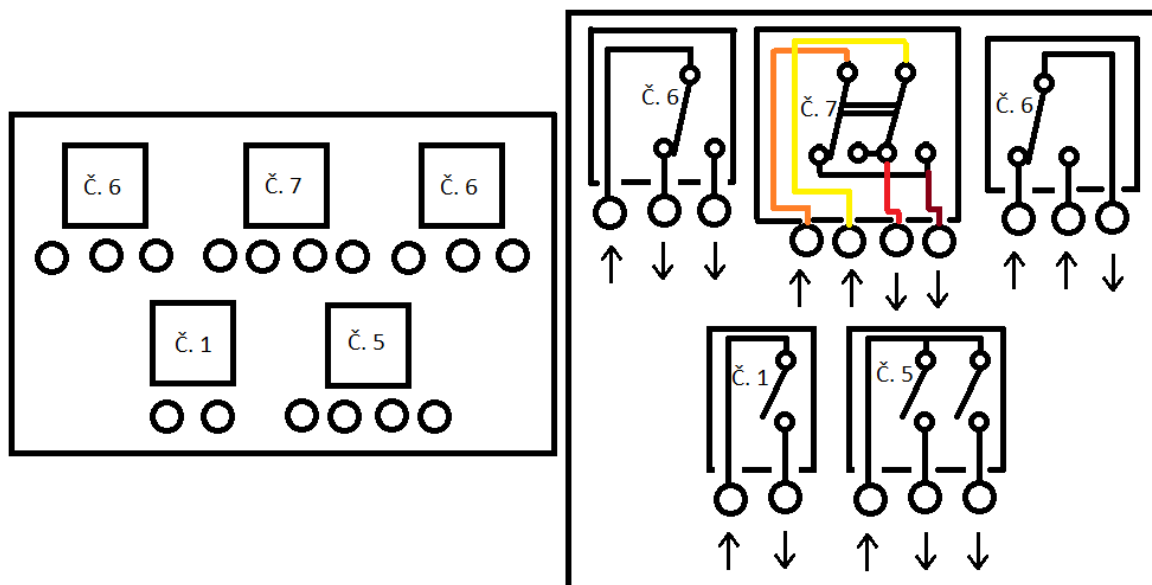
Obrázek 60: Vizuální schéma panelu (nahore) elektrické schéma panelu (dole)

## 8.10 Panel s vypínači

Druhým navrhnutým panelem je panel s vypínači. Kromě jiných možností využití bude sloužit jako vstupní pro panel se svítily.

Obsahuje základní zapojení vypínačů, jaké se používají v domovní instalaci. Obsahuje dva vypínače č. 6, které slouží k ovládání jednoho světelného okruhu ze dvou míst. Mezi

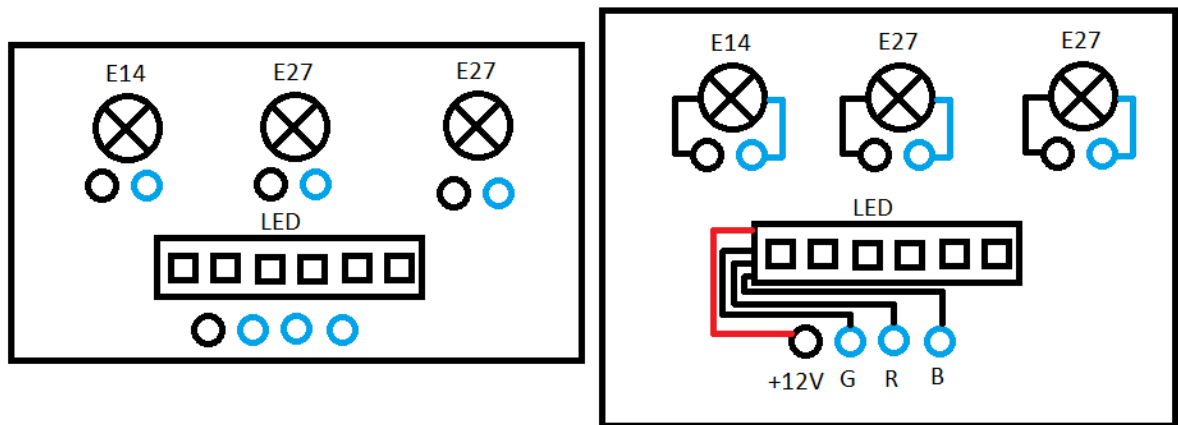
vypínači č. 6 je umístěn vypínač č. 7, který v zapojení mezi vypínači č. 6 slouží k ovládání jednoho světelného okruhu ze tří míst. Dalším vypínačem umístěným na panelu je vypínač č. 1, který slouží k ovládání jednoho světelného okruhu z jednoho místa. Posledním vypínačem je vypínač č. 5, jenž slouží k ovládání dvou světelných okruhů ze dvou míst. Vstupy a výstupy na jednotlivých vypínačích jsou v elektrickém schématu znázorněny šipkami. Číselné označení vypínačů (5, 6, 7 atd.) vychází ze standardizovaného označení v elektroprůmyslu.



Obrázek 61: Vizuální schéma panelu (vlevo) elektrické schéma panelu (vpravo)

## 8.11 Panel se svítily

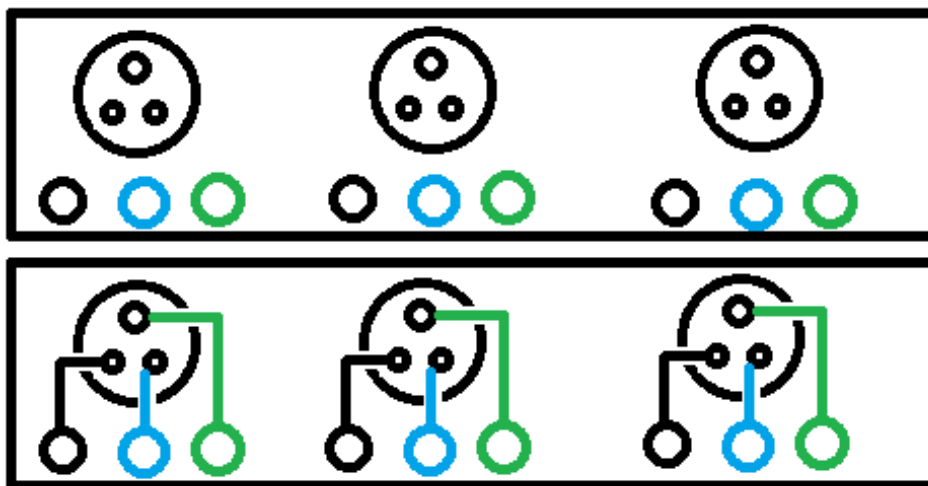
Třetím navrhnutým panelem je panel se svítily, tento panel bude sloužit jako simulace elektrického osvětlení v domě. Na tomto panelu jsou dvě svítilny se závitem E27 a jedno svítilno se závitem E14. Dále je na tomto panelu LED páska. Elektrické zapojení LED pásky je v elektrickém schématu popsáno písmeny.



Obrázek 62: Vizuální schéma panelu (vlevo) a elektrické schéma panelu (vpravo)

## 8.12 Panel se zásuvkami

Čtvrtým navrhnutým panelem je panel se zásuvkami, tento panel bude sloužit jako simulace zásuvkového okruhu v domovní instalaci.

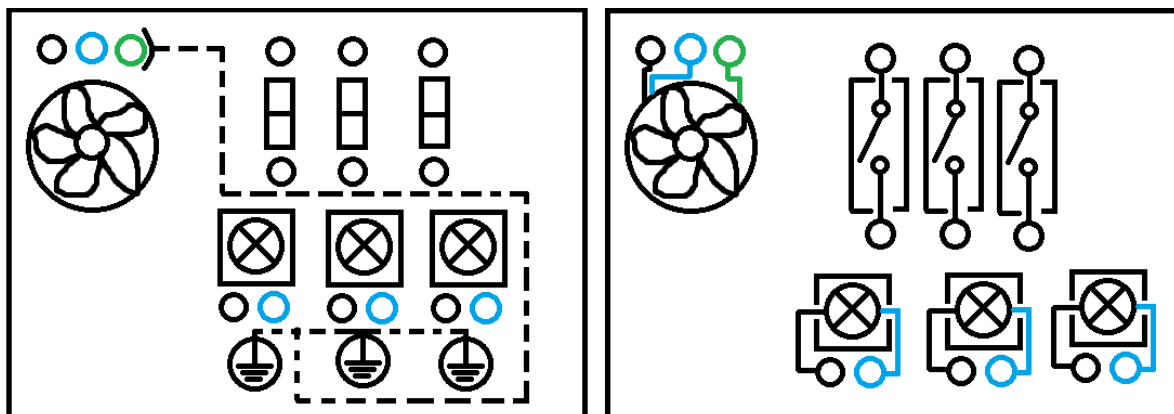


Obrázek 63: Vizuální schéma panelu (nahore) elektrické schéma panelu (dole)

## 8.13 Panel se spotřebiči

Pátým navrhnutým panelem je panel se spotřebiči, tento panel bude sloužit jako simulace zapojení nejčastěji používaných spotřebičů v domácnosti. Na tomto panelu jsou tři svítidla se závitem E14, která simulují elektrickou troubu, bojler a lednici. Dále jsou větrák, simulující klimatizaci a tři přepínače, které simulují spínač klimatizace, spínání bojleru a

přepínače elektrické trouby. Připojení ochranného vodiče PE je schematicky znázorněno na vzhledovém schématu panelu.



Obrázek 64: Vizuální schéma panelu (vlevo) elektrické schéma panelu (vpravo)

## 9 Výroba panelů pro výuku elektrotechniky

Panely byly vyrobeny z plastové desky o tloušťce 10 mm. Na tuto desku byly nakresleny přibližné velikosti jednotlivých komponentů, kvůli velikosti děr, které byly potřeba do panelu udělat. Dále byly na desku předkresleny kružnice pro díry na konektory: **Zásuvka; banánek 4 mm; 24 A; 1 kV; otvor 12,2 mm; STÄUBLI**. Uprostřed kružnic byly pomocí důlčíku a kladiva naklepány dírky připravené k vrtání. Po nakreslení a připravení děr byla deska rozdělena na již naplánované panely. Poté byl změřen průměr konektorů pomocí posuvného měřítka a bylo zjištěno, že díra potřebná k umístění konektorů je 12 mm. Z tohoto důvodu byly na všech pěti panelech vyvrtány díry o průměru 12 mm, pomocí stojanové vrtačky. Otvory pro jednotlivé komponenty byly řešeny pro každý panel individuálně.



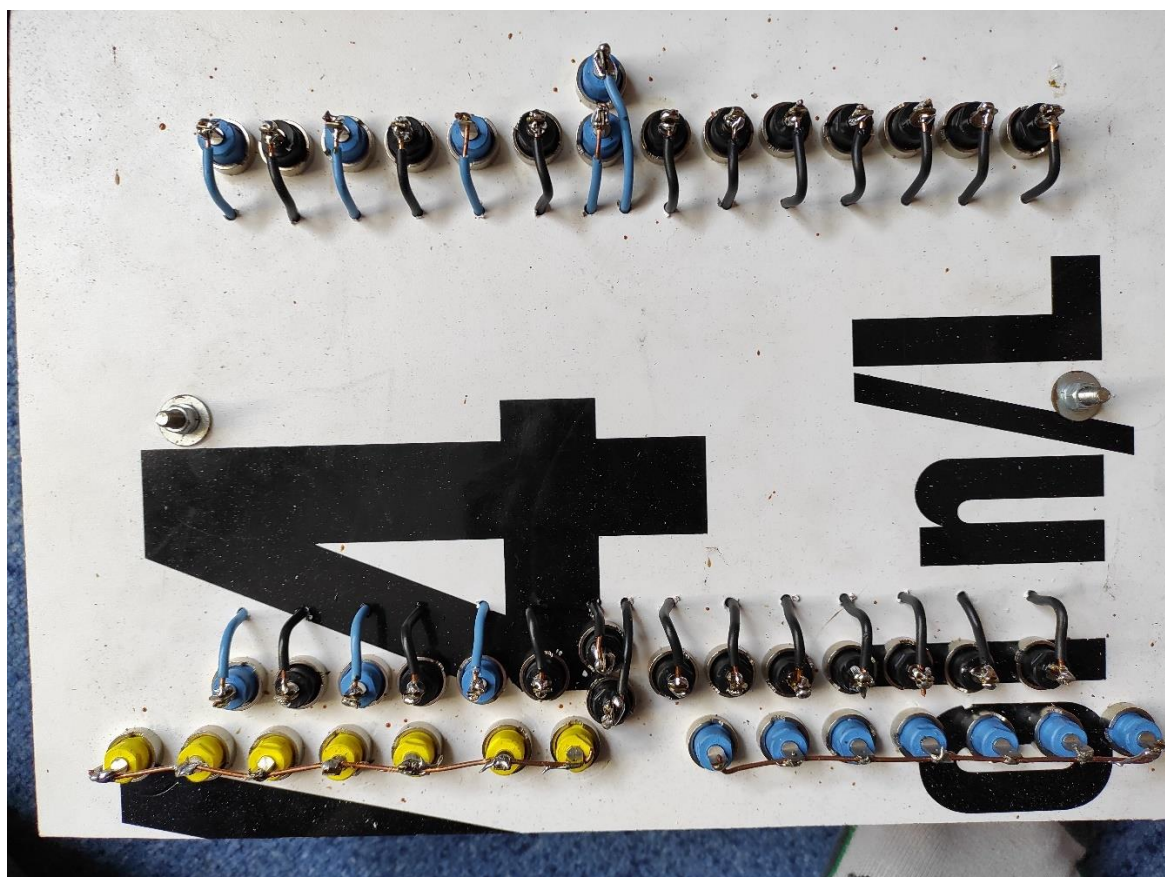
*Obrázek 65: Fotografie plastové desky použité k výrobě panelů*

### 9.1 Výroba panelu s jističi, proudovými chrániči a elektroměrem

Do předpřipravené desky bylo pomocí stojanové vrtačky vyvrtáno třicet děr o průměru 3,5 mm pro prostrčení vodičů a dvě díry o průměru 4 mm, k přichycení lišty DIN. Na takto předpřipravenou desku se pomocí šroubů přichytila lišta DIN typu: **PR-TS 35D 300 Sz. Krátká DIN-lišta se speciálním děrováním, délka 300 mm**. Na připevněnou lištu DIN bylo



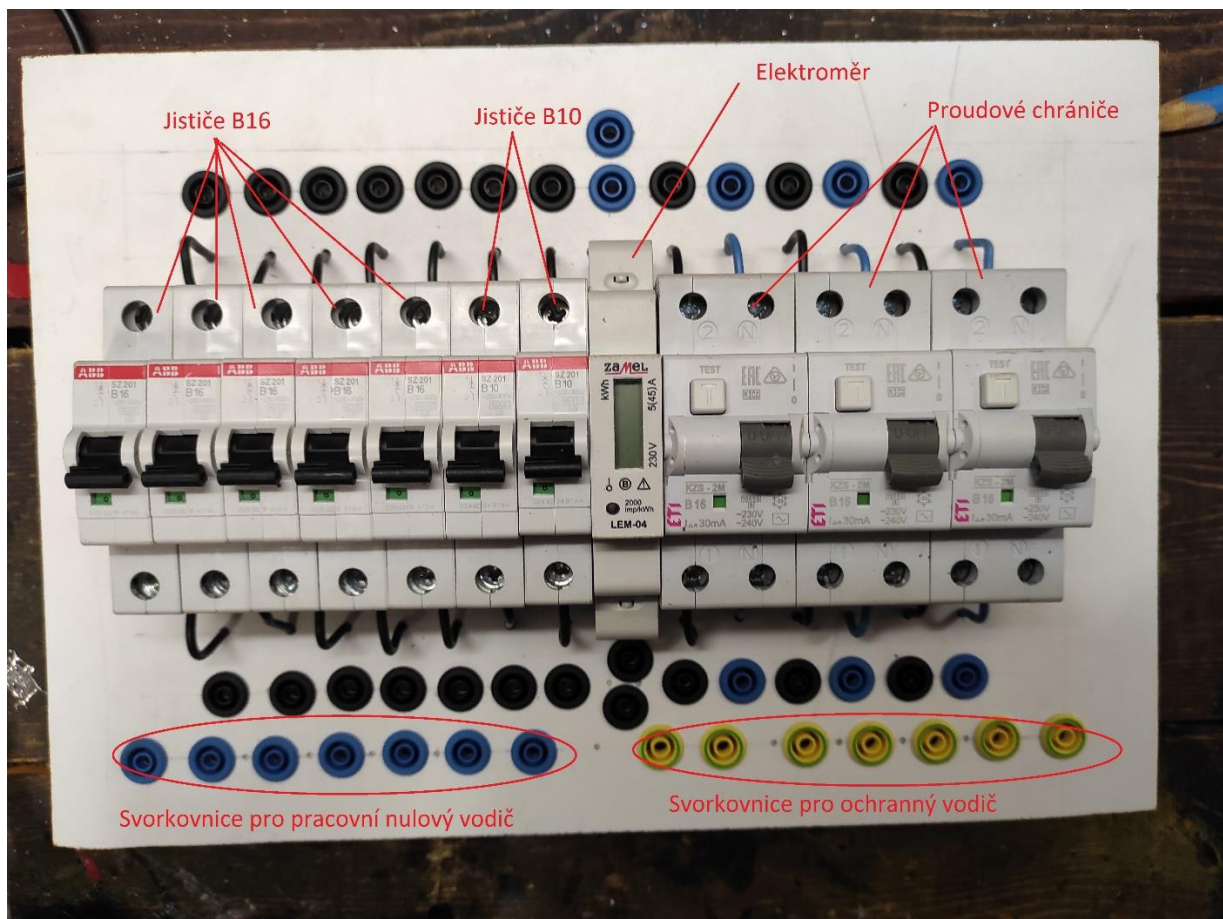
následně osazeno pět jističů typu: **2CDS251025R1165 ABB**; Napětí: **230 V AC**;  $I_{jmen}$ : **16 A**; Póly: **1**; DIN; Průběh: **B**; **6 kA**; **IP 20**; **1-25 mm<sup>2</sup>**. Dále byla lišta osazena dvěma jističi typu: **2CDS251025R0105 ABB**; Napětí: **230 V AC**;  $I_{jmen}$ : **10 A**; Póly: **1**; DIN; Průběh: **B**; **6 kA**; **IP 20**; **1-25 mm<sup>2</sup>**. Dále byl připevněn elektroměr typu: **LEM-04 ZAMEL**; číslicový; instalační; DIN; **jednofázový**;  $I_{jmen}$ : **5 A**. Dále byla lišta osazena třemi proudovými chrániči typu: **KZS-2M AC B16/0.03 ETI POLAM**;  $I_{rez}$ : **30 mA**; Póly: **2**; **230/400 V AC**; DIN. Nakonec bylo do předem připravených děr osazeno 22 černých, 15 modrých a 7 zelenožlutých konektorů na banánky, na jejichž druhé straně je kovová šroubovice, pomocí které se konektor utahuje.



*Obrázek 66: Fotografie zadní strany panelu*

Následně bylo pomocí odholeného vodiče: **CY 1,5** propojeno sedm zelenožlutých konektorů a sedm modrých konektorů, které simulují svorkovnice. Poté byly propojeny jističe, elektroměr a proudové chrániče pomocí vodičů **CY 1,5** modré a černé barvy izolace s jednotlivými konektory. K jističům, elektroměru a proudovým chráničům byl vodiče

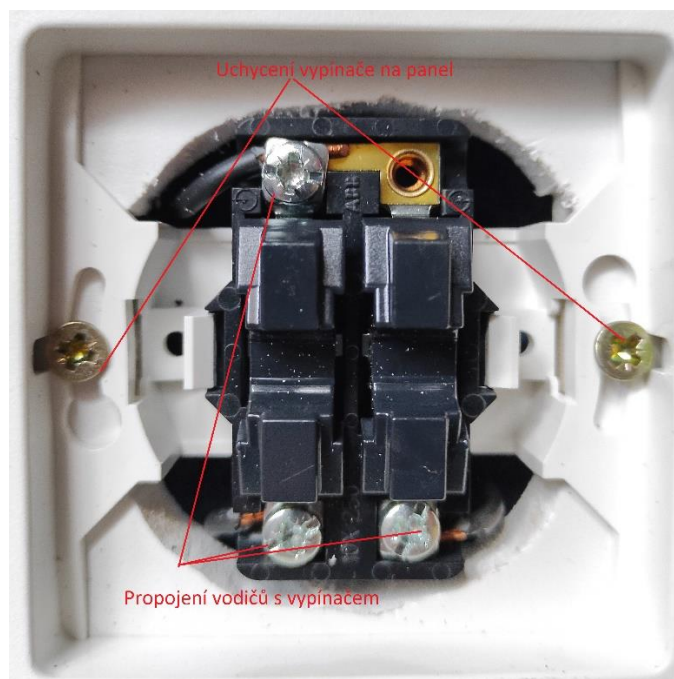
připojen pomocí mechanismu, při kterém se pouze utáhne šroub v daném komponentu, zatímco vodiče byly ke konektorům připájeny pomocí pájky a cínu.



Obrázek 67: Fotografie přední strany panelu s popisem

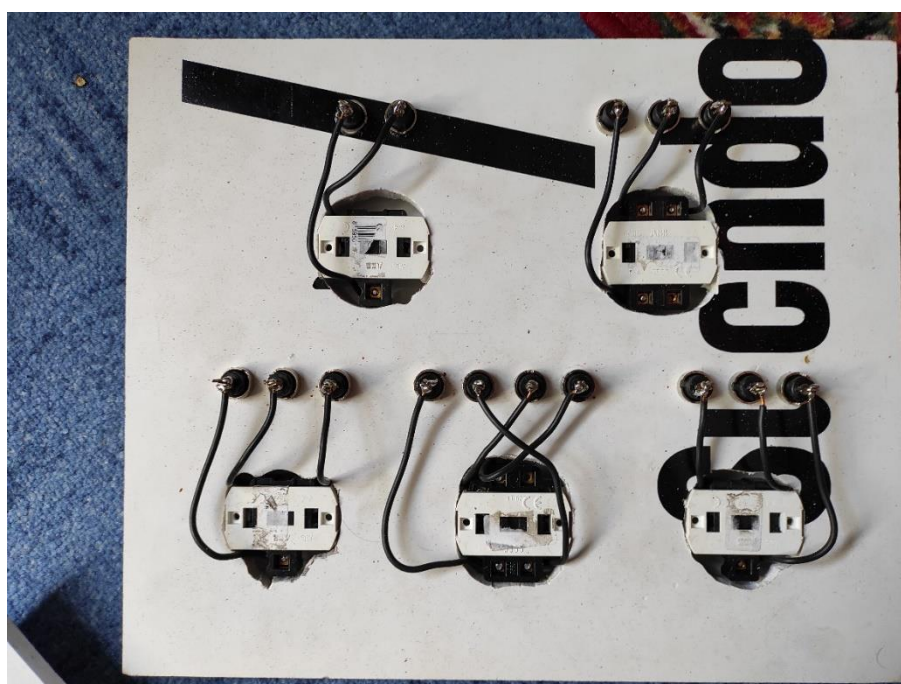
## 9.2 Výroba panelu s vypínači

Do předem nakreslených míst byly vyvrtány díry a následně pilníkem vypilovány otvory tak, aby se do otvorů vešly jednotlivé vypínače. Takto byly vytvořeny otvory pro pět vypínačů. Do těchto otvorů byly vloženy dva vypínače typu: **ABB; č. 6; 3553-06289 B1**. Dále jeden vypínač typu: **ABB; č. 7; 3553-07289 B1**. Dále jeden vypínač typu: **ABB; č. 1; 3553-01289 B1**, a nakonec jeden vypínač typu: **ABB; č. 5; 3553-05289 B1**. Poté bylo do předem připravených děr osazeno 15 konektorů černé barvy. Všechny vypínače byly na desku panelu přichyceny pomocí šroubků, jako při obvyčejné instalaci do krabičky.

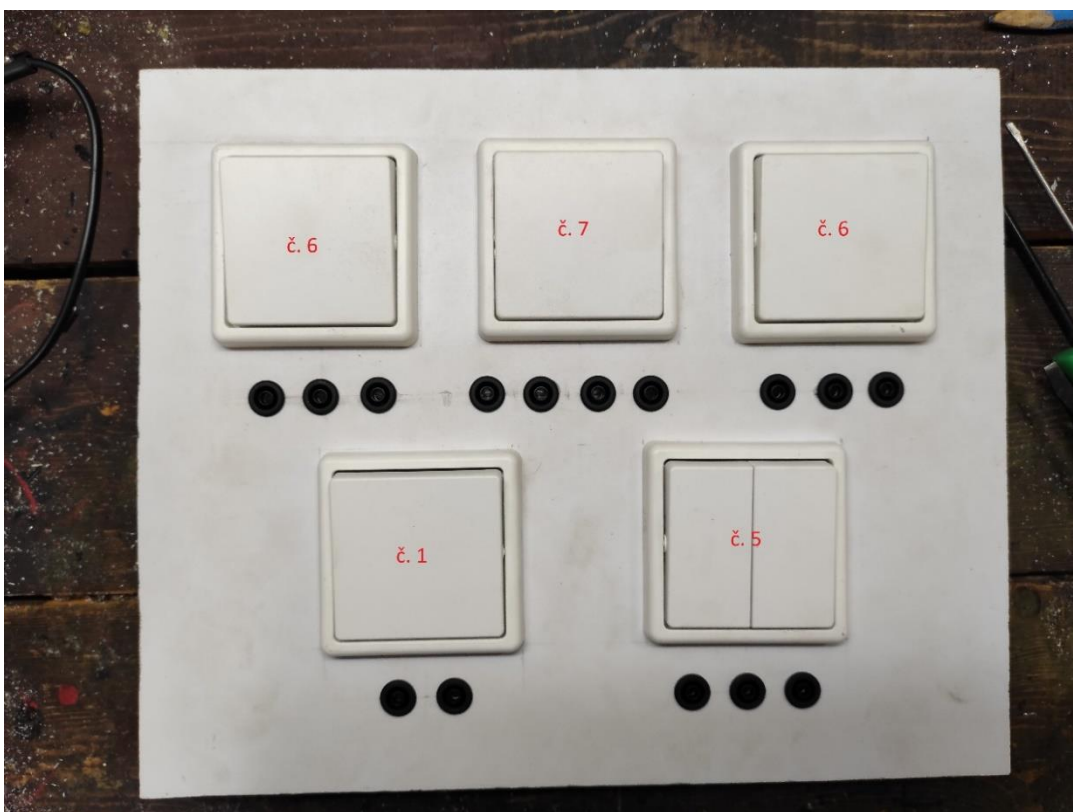


Obrázek 68: Fotografie vypínače s popisem

Poté byly pomocí vodičů **CY 1,5** černé barvy izolace spojeny konektory na banánky pomocí pájky a cínu s příslušnými částmi vypínače, kde bylo potřeba vložit vodič pod šroub a šroub následně utáhnout.



Obrázek 69: Fotografie zadní strany panelu s propojenými konektory k vypínačům



Obrázek 70: Fotografie přední strany panelu s popisem

### 9.3 Výroba panelu se svítilny

Do předem nakreslených míst byly vyvrtány díry a následně byl pomocí pilníku vypilován otvor o takové velikosti, aby se do něho vešla objímka typu: **9182; GOOBAY; E27; 150 mm**. Takovýto otvor byl následně připraven i pro druhou objímku stejného typu a také pro jednu objímku typu: **D.3027B; PAWBOL; E14; 57 mm**. Do těchto otvorů byly umístěny objímky a následně byli přilepeny lepidlem **MAMUT**. Na spodní část panelu byly vyvrtány čtyři otvory o průměru 3 mm a vedle nich byl přilepen LED pásek typu: **HH-SRGB30F010-3535-12 WHITE PCB IP20 WISVA OPTOELECTRONICS; 12 V**. Deska panelu byla následně osazena čtyřmi konektory černé barvy a šesti konektory modré barvy. Konektory s objímkami se závitem E27 byly propojeny vodiči, které byli součástí objímek a objímka E14 byla s konektory propojena vodiči **CY 1,5** černé a modré barvy izolace. Objímky byly propojeny tak, aby fázový vodič vedl na hlouběji položené místo v objímce. Páska LED byla propojena vodičem **CYA 1,5** hnědé barvy izolace pro kladný pól a vodičem **CYA 1** černé barvy izolace pro tři barevná spektra LED pásky. Kladný pól byl připojen k černému

konektoru a záporné póly jednotlivých spekter byli připojeni k modrým konektorům. Tato propojení byla vytvořena pájením.



*Obrázek 71: Fotografie propojení svítidel a LED pásky s konektory*

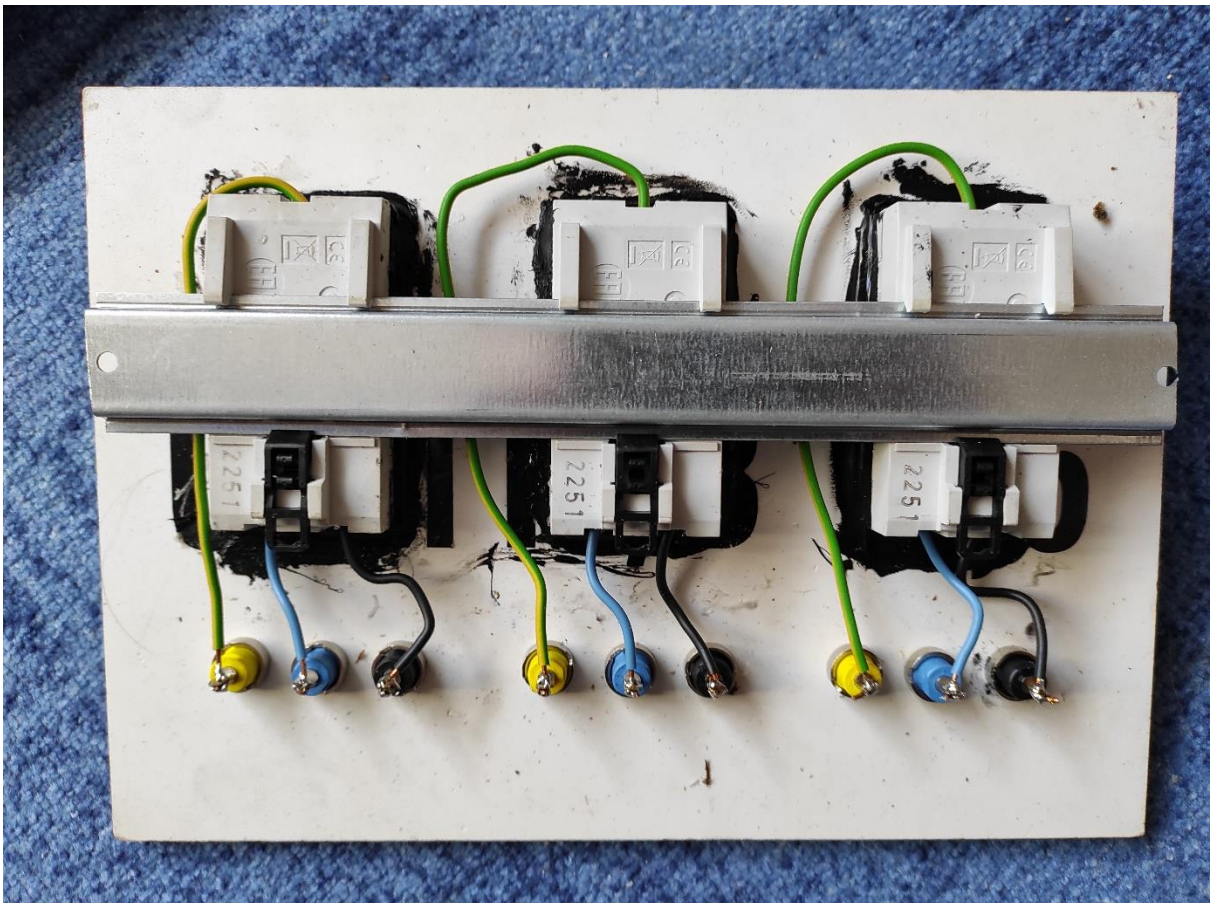
Následně byly do svítidlových objímek E27 vloženy žárovky: **SKU 7262; V-TAC; LED; 220/240 V AC** a do objímky E14 byla vložena žárovka: **93112527; TUNGSRAM; E14; 230 V AC**.



*Obrázek 72: Fotografie přední strany panelu s popisem*

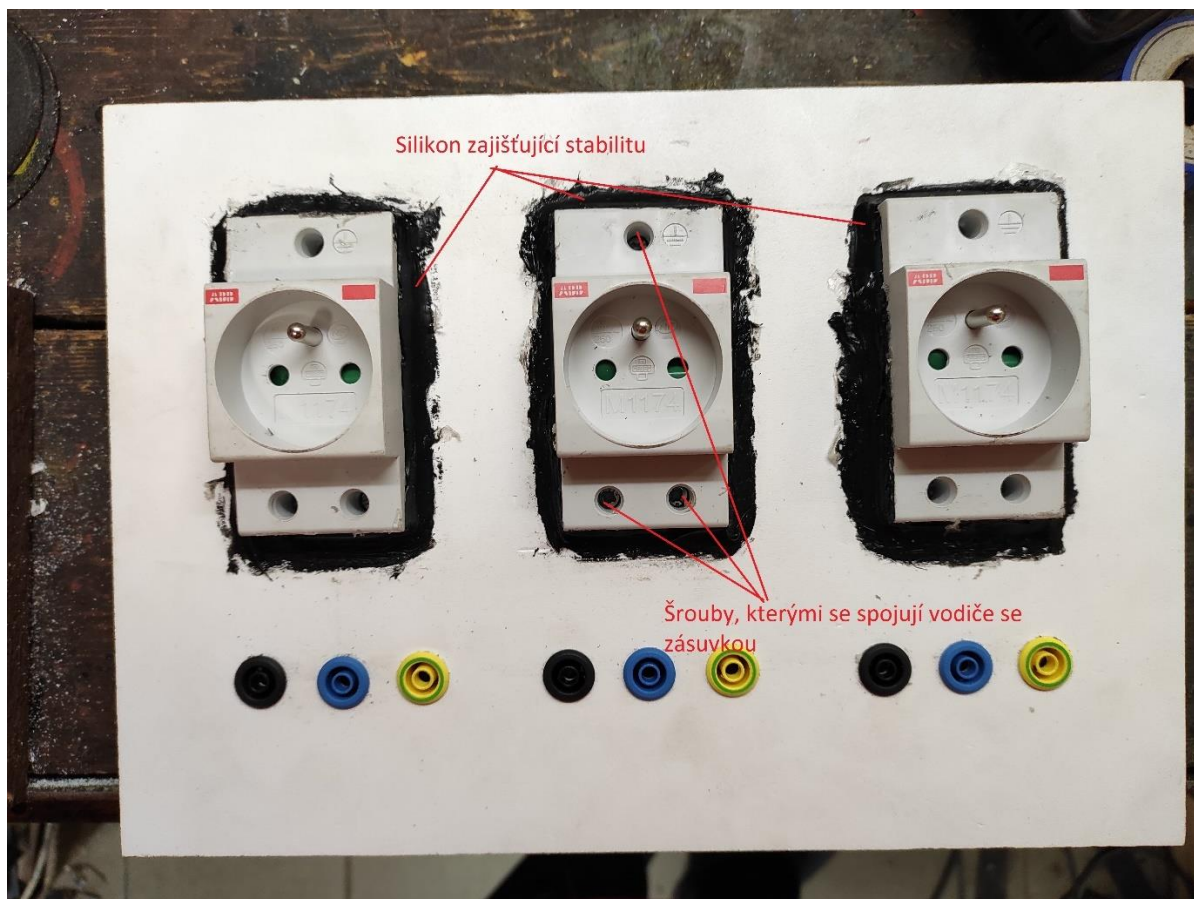
## 9.4 Výroba panelu se zásuvkami

Do nakreslených míst na desce byly navrtány díry a následně byl pomocí pilníku vypilován otvor, do kterého byla vložena zásuvka typu: **2CSM110000R0711; ABB; 250 AC; 16 A; DIN**. Poté byly stejným způsobem vytvořeny dva další otvory a byly do nich vloženy zásuvky stejného typu. Následně byl panel osazen třemi konektory černé, třemi konektory modré a třemi konektory zelenožluté barvy. Zásuvky byly na panel přidělány **černým silikonem značky FORCH pro utěšňování motorů**. Po zaschnutí silikonu byly konektory pro banánky propojeny se zásuvkou vodiči typu **CY 1,5** černé, modré a zelenožluté barvy izolace, a to tím způsobem, že na zásuvce byly utaženy šrouby propojovacího mechanismu. Ke konektorům byly vodiče připájeny.



*Obrázek 73: Fotografie zadní části panelu po zapojení*

Po připojení všech vodičů byla na zásuvky připevněna lišta DIN: **PR-TS 35D 300 Sz**. Krátká DIN-lišta se speciálním děrováním, délka 300 mm, která zajišťuje větší výdrž zásuvek u sebe.

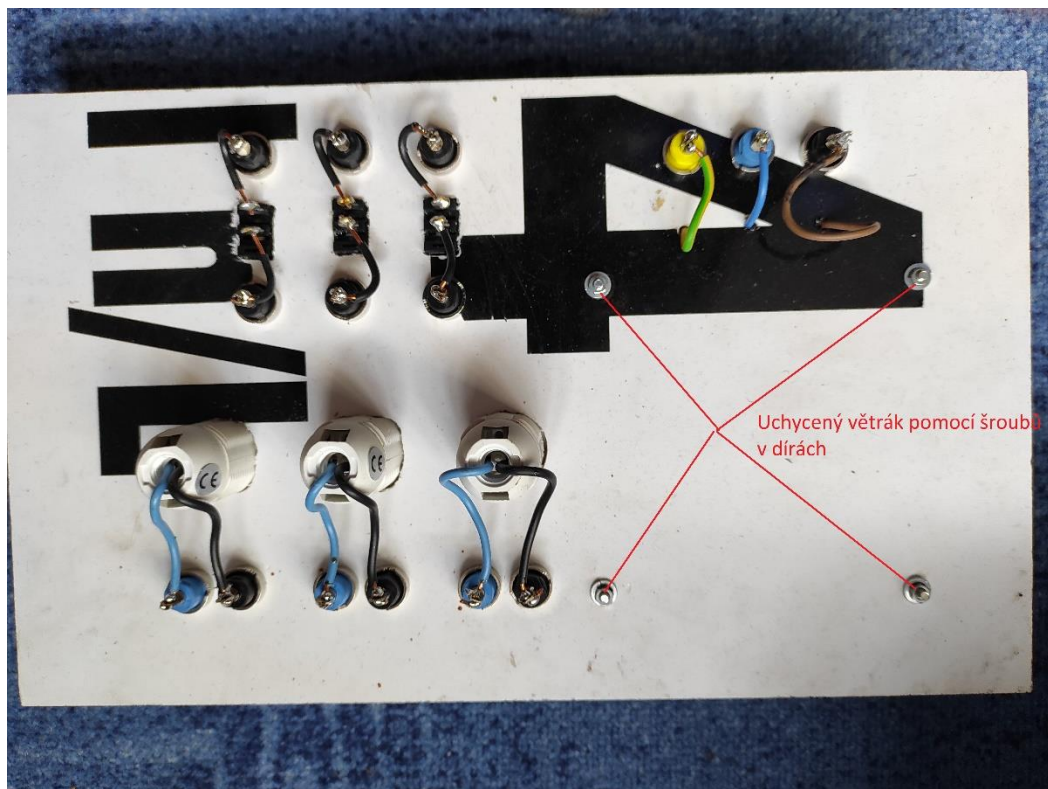


*Obrázek 74: Fotografie panelu s popisem*

## 9.5 Výroba panelu se spotřebiči

Do předem zakreslených míst na desce panelu byly vyvrtány díry a následně pilníkem zapilovány do tvaru takového otvoru, aby do něho mohla být umístěna objímka E27: **D.3027B; PAWBOL; E14; 57 mm**. Následně byly tímto způsobem vytvořeny tři další otvory. Stejným způsobem byly vytvořeny tři otvory pro přepínače: **H8600VBACN; 16A/250V AC**. Nakonec byly vyvrtány čtyři díry o průměru 4 mm, pro umístění větráku: **DP200A2123XST.GN; SUNON; 230V AC**. Poté byl panel osazen deseti konektory černé barvy, čtyřmi konektory modré barvy a jedním konektorem zelenožluté barvy. Následně byly do panelu vloženy přepínače a pomocí šroubů uchycen větrák. Objímky pro žárovky byly do panelu přilepeny

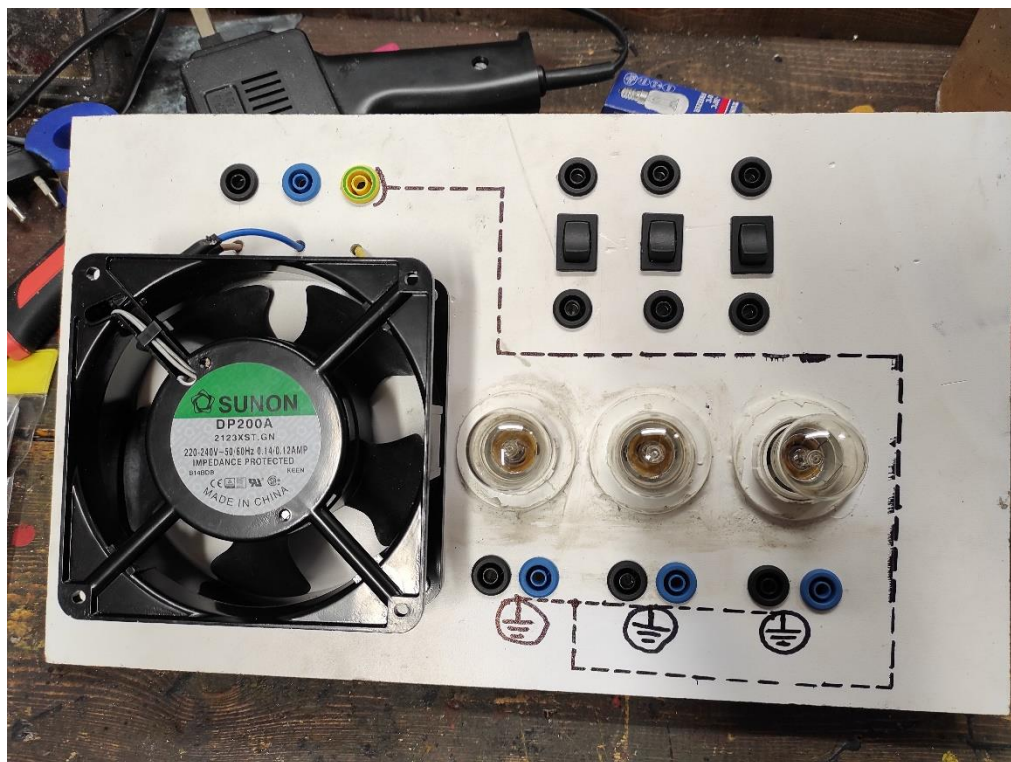
lepidlem **MAMUT**. Poté byly připojeny objímky ke konektorům pomocí vodičů **CY 1,5** černé a modré barvy izolace, a to tím způsobem, že u konektorů došlo k připájení vodiče ke konektoru a u objímek byl zastrčen vodič do pevného úchytu. Dále byly pomocí pájení připojeny všechny tři přepínače vodiči **CY 1,5** černé barvy izolace. Větrák byl připojen vodiči **CYA 1,5** černé a modré barvy izolace pomocí pájení a vysouvacích konektorů: **2670.05.00.9**; **IMP** a dále byl k větráku připojen vodič **CY 1,5** zelenožluté barvy.



*Obrázek 75: Fotografie zadní části panelu*

Jako poslední byly do objímek namontovány žárovky: **93112527**; **TUNGSRAM**; **E14**; **230 V AC** a schematicky nakresleno uzemnění.



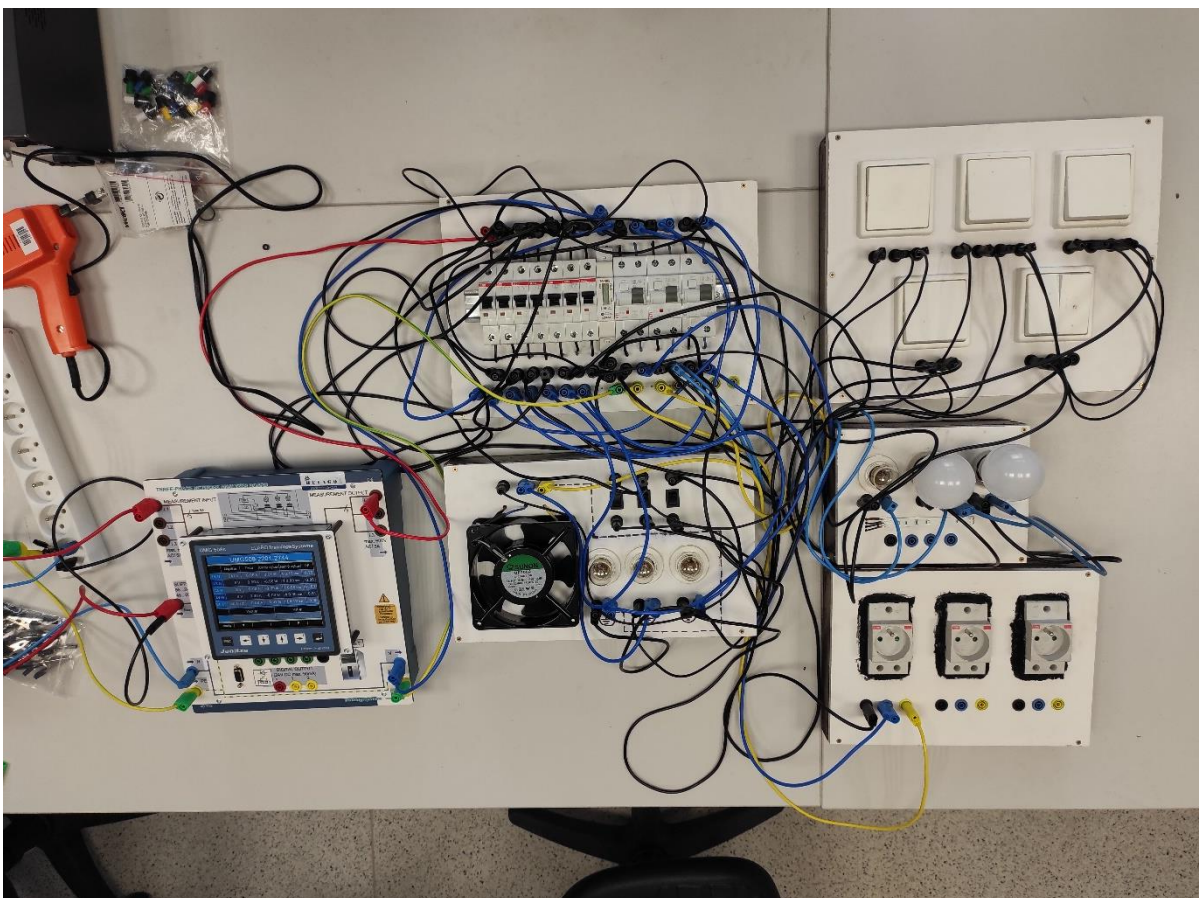


Obrázek 76: Fotografie přední strany panelu

## 10 Zkouška funkčnosti panelů pro výuku elektrotechniky

Po dokončení výroby všech panelů byla vyzkoušena funkčnost všech panelů podle základního schématu zapojení bytové instalace v laboratoři **elektroniky a akustiky** na ústavu fyziky, Přírodovědecké fakulty. Testování probíhalo za dohledu vedoucího mé práce.

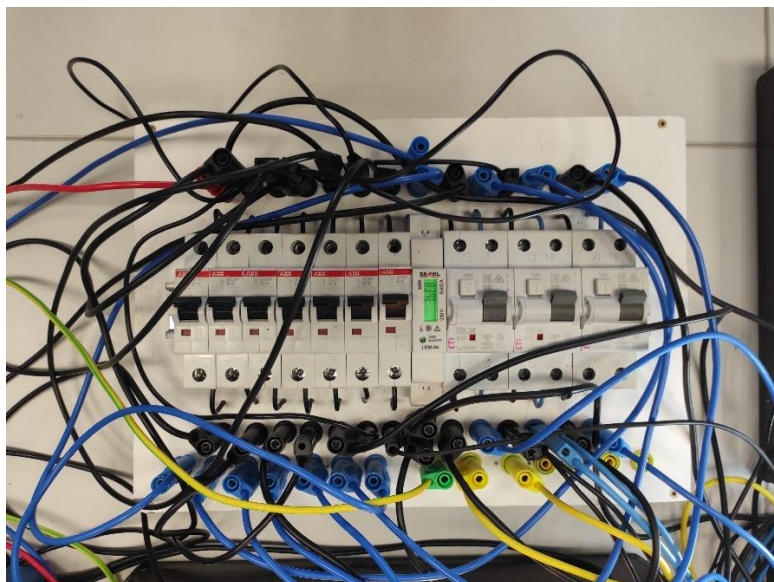
Celá soustava panelů byla propojena pomocí vodičů s konektory s vnější izolací o velikosti 4 mm. Na vstupu byl umístěn panel od firmy Helago, osazený měřičem sítě. Ten byl připojen k síťovému napájení.



*Obrázek 77: Fotografie zapojení všech panelů do jedné soustavy*

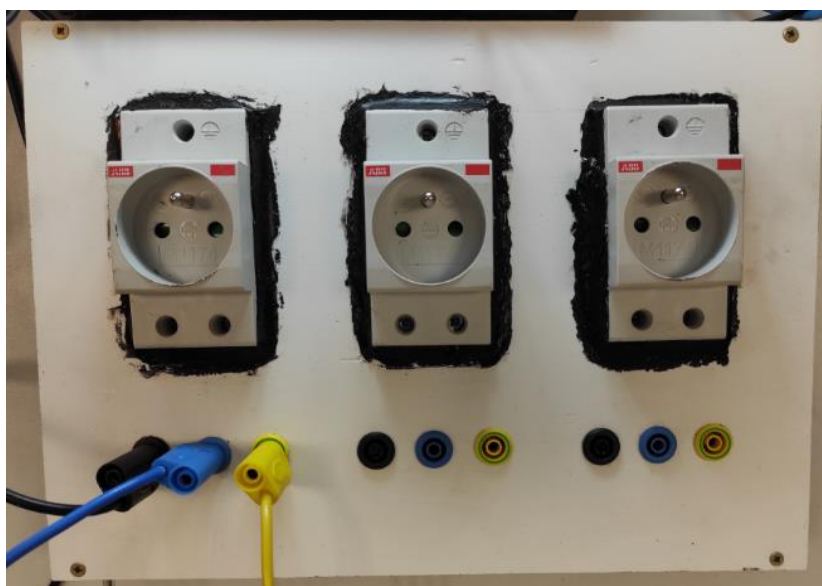
Následně byly všechny panely připojeny k síti. Na panelu s ochranami byly všechny jističe a proudové chrániče uvedeny do sepnutého stavu. Bylo zkontrolováno, zda na elektroměru měřícím elektrickou práci narůstá hodnota elektrické práce úměrná velikosti

zatížení. Byly otestovány proudové chrániče pomocí testovacích tlačítek. Bylo ověřeno, že panel pracuje v pořádku.



*Obrázek 78: Fotografie funkčního panelu s ochranami*

Následně byl otestován panel se zásuvkami, na kterém byla pomocí multimetru naměřena hodnota střídavého síťového napětí. Bylo ověřeno, že panel pracuje v pořádku.



*Obrázek 79: Fotografie zapojení panelu se zásuvkami*

Posléze byl otestován panel s vypínači a panel se svítlíky. U všech vypínačů byla zjištěna správná funkčnost po připojení ke svítlíkům. Také byla ověřena funkčnost pásku s LED diodami, který bude k sestavě připojován pomocí zdroje, jehož vstup bude zapojen do zásuvky v panelu se zásuvkami a výstup připojen ke konektoru plus a k jednomu ze tří konektorů mínus pro určitou barvu. Bylo ověřeno, že panel pracuje v pořádku.



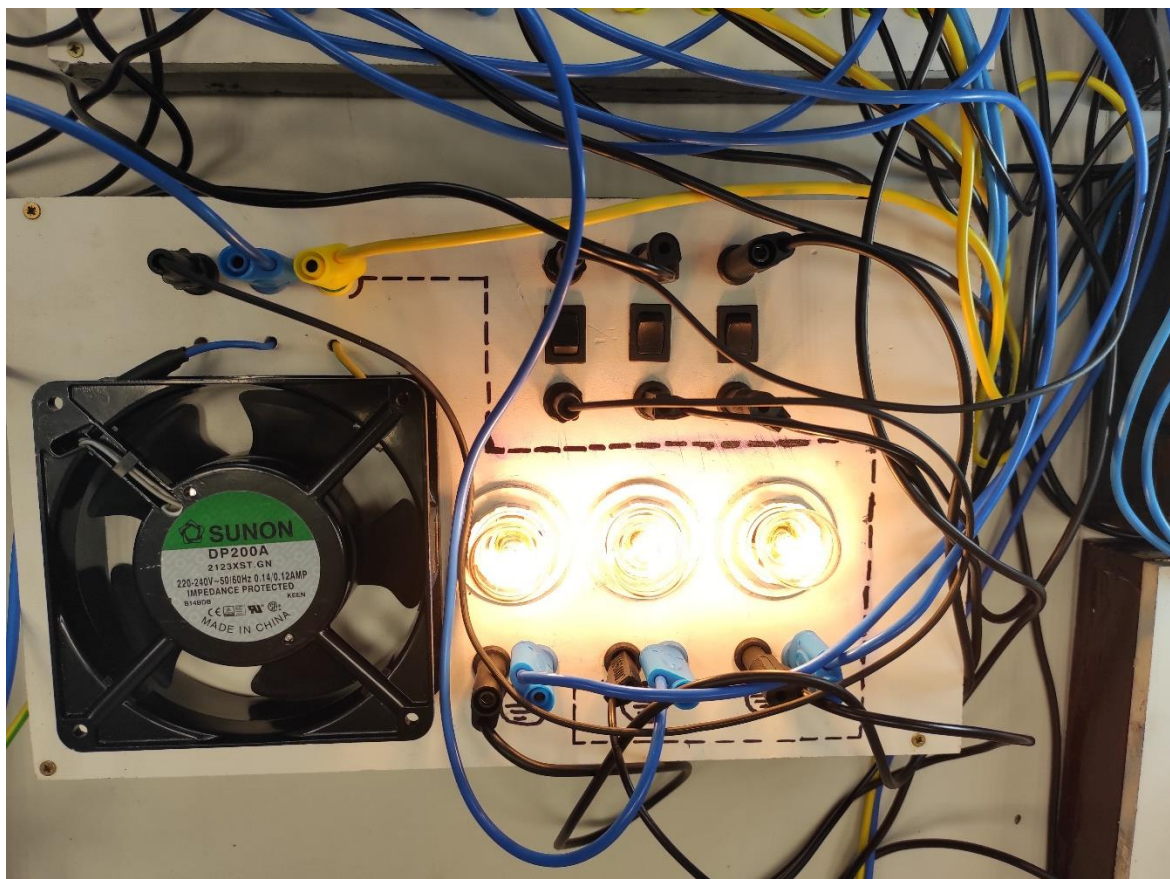
*Obrázek 80: Fotografie zapojeného panelu s vypínači*



*Obrázek 81: Fotografie zapojeného panelu se svítlíky*

Na obrázku 80 jsou sepnuty vypínače č. 7 a č. 6, proto na obrázku 81 nesvítí první svítidlo. Na obrázku 80 je také sepnut vypínač č. 1 a jeden ze dvou možných kontaktů na vypínači č.5. Proto na obrázku 81 svítí zbylá dvě svítidla.

Nakonec byl otestován panel se spotřebiči a byla zjištěna správná funkčnost jednotlivých žárovek simulujících jednotlivé spotřebiče.

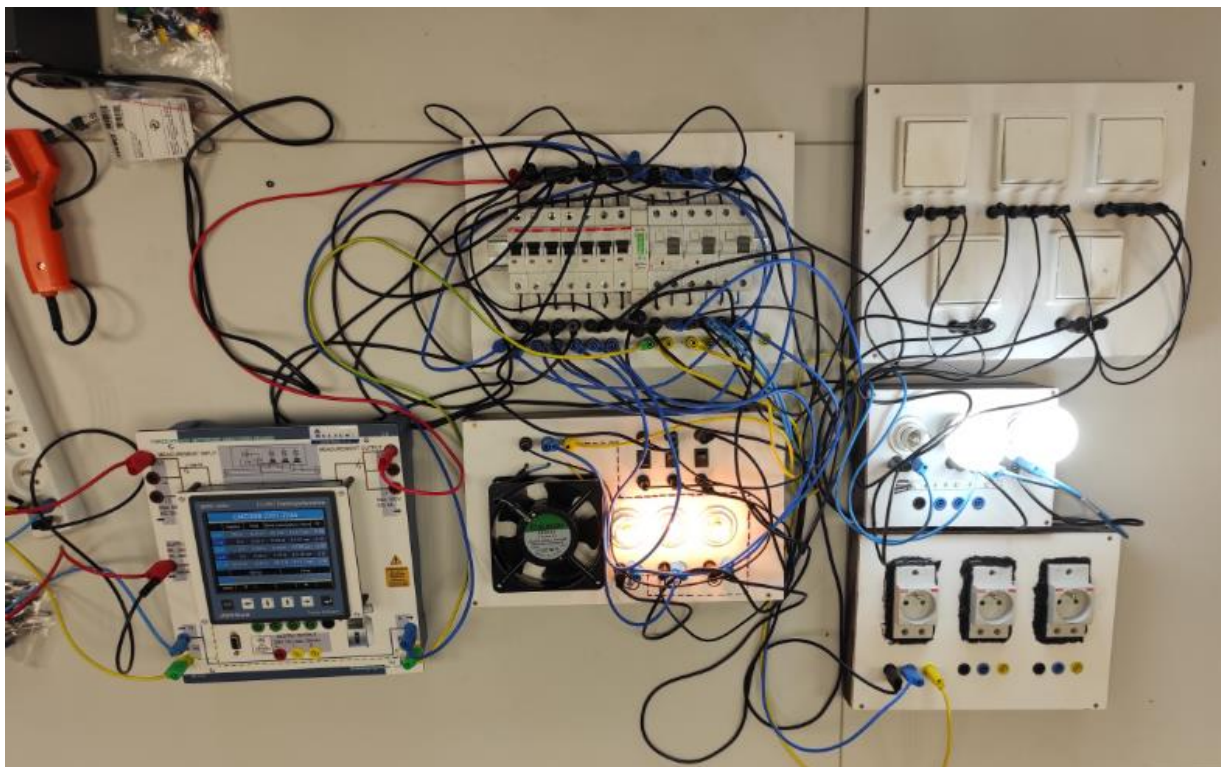


*Obrázek 82: Fotografie panelu se spotřebiči po připojení*

Na obrázku 82 svítí všechny tři žárovky. První, která simuluje lednici svítí permanentně. Druhá simuluje elektrickou troubu, která je připojena k jednomu z přepínačů a funguje pouze při jeho sepnutí. Stejným způsobem funguje i třetí žárovka simulující elektrický ohřev vody neboli bojler. Poslední přepínač viz. obrázek 82 ovládá spínání větráku, poháněném elektrickým motorem.

Bylo zjištěno, že všechny panely fungují přesně podle původního předpokladu. S připojeným měřicím panelem Helago jsme kontrolovali odebírané veličiny: výkon, napětí,

proud a účinník. Ty, se mění vždy při vypínání, nebo spouštění jednotlivých spotřebičů a svítidel v závislosti na jejich spotřebě a charakteru zátěže.



*Obrázek 83: Fotografie se zapojením celé sestavy po připojení k elektrické síti*

## 11 Závěr

Tématem mé práce byl návrh a výroba panelů pro výuku elektrotechniky. Práce je rozdělena na deset kapitol, přičemž prvních sedm kapitol popisuje teoretické principy a schématická zapojení základních elektrických komponent, které lze brát v úvahu pro použití při tvorbě návrhů panelů. Zbylé tři kapitoly popisují možné návrhy schémat a posléze samotné návrhy schémat již vybraných panelů a jejich samotnou výrobu.

Pro toto téma mé bakalářské práce jsem se rozhodl proto, že mám vystudovanou střední odbornou školu se zaměřením na elektroenergetiku, tematika je mi blízká, baví mě a ve volném čase se elektrotechnice věnuji.

Při výrobě panelů jsem se setkal s mnoha překážkami. Vůbec tou hlavní byla otázka bezpečnosti, zejména z pohledu použitého materiálu a jejich korpus. Nakonec jsem vybral kombinaci tvrzeného plastu na čelní stranu a překližky na tělo. Plast se dobře obráběl, nelámá se, bylo jej možné rozdělit do požadovaných rozměrů. Komplikace nastaly též při shánění součástek, kdy zejména s konektory byl problém kvůli jejich nedostatku. S vedoucím práce bylo dohodnuto, že použiji samice, umožňující zapojení nejen klasických banánků, ale též stíněných banánků. Ty jsou pro práci s vysokým napětím v oblasti výuky bezpečnější.

Snahou bylo vyrobit panely co nejmenší, kvůli snadné přenositelnosti a nízké váze. Současně bylo nutné dovnitř bezpečně umístit všechny součástky. Proto jsou některé panely mělčí než jiné.

Dalším obtížným krokem bylo se začátky umístění kabelů k banánkovým samicím. Původně jsem chtěl kabely přidělovat s využitím konektorů. Ale některé ze samic neměly konstrukci na připojení konektorů, což souvisí s nedostatkem komponent – bylo nutné kombinovat, ne vždy kompatibilní součástky. Po prostudování data – sheetu jsem nakonec zvolil zajištění kabelu v samici kleštěmi (důkladné zmáčknutí) a jeho následnou stabilizaci pájením. Podle informací uvedených v data – sheetu je pájení u těchto samic pro napájení do 500 V doporučeno.

Výroba prvního panelu byla zdouhává. Zejména pracné bylo vyměřování pozic pro vrtání na umístění šroubů a součástek. S přibývajícím časem se práce zrychlovala, poslední panely se mi už podařilo dokončit rychleji.

Velkou radost mi udělalo, že panely hned na první pokus fungovaly správně. Při jejich testování se neobjevila jediná chyba, všechny součástky včetně vypínačů a přepínačů,

pracovaly bezchybně. Vyplatila se pečlivost, se kterou jsem se věnoval výrobě a zejména pak propojování kabelů a jejich upevňování k banánkovým samicím.

Závěrem proto mohu konstatovat, že všechny panely fungují správně a dle očekávání. Práci proto považuji za úspěšnou. Zadáání na výrobu výukových panelů se podařilo naplnit.



## Seznam Literatury

- [1] LIBRA, Jiří. Elektrická zařízení 2, Elektrické přístroje, Učební texty pro výuku elektrotechnických oborů [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/7713191-4-2-8-pozadavky-na-kontaktni-materialy-39-4-2-9-ryzi-kovy-pouzivane-na-vyrobu-kontaktu-40-4-2-10-slitiny-a-spekane-kovy-pro-vyrobu.html>
- [2] MORAVEC, Jan. Rozvodné sítě TN, IT a TT - popis, výhody a nevýhody [online]. 9. 3. 2015 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektroenergetika/rozvodne-site-tn-it-tt>
- [3] Zásuvka (elektrotechnika) [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Zásuvka\\_\(elektrotechnika\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zásuvka_(elektrotechnika))
- [4] LIBRA, Jiří. Elektrická zařízení 3, Transformátory, Učební texty pro výuku elektrotechnických oborů [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2022-01-17].
- [5] LIBRA, Jiří. Elektrická zařízení 4, Střídavé stroje, Učební texty pro výuku elektrotechnických oborů [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/9596807-4-5-3-motory-s-hlubokodrazkovymi-rotory-32-4-5-4-pouziti-motoru-s-kotvou-nakratko-32-4-5-5-spousteni-asynchronnich-motoru-s-kotvou.html>
- [6] LIBRA, Jiří. Elektrická zařízení 5, Komutátorové stroje, měniče, Učební texty pro výuku elektrotechnických oborů [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16672067-3-komutatorove-motory-na-stridavy-proud-29-3-1-rozdeleni-stridavych-komutatorovych-motoru-29-3-2-konstrukce-jednofazovych-komutatorovych.html>
- [7] Transformátory. Jaký je jejich princip a fungování? [online]. 7. 5. 2020 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://fzone.cz/clanky/transformatory-jaky-je-jejich-princip-a-fungovani-1101>
- [8] Ztráty ve feromagnetických materiálech [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: [https://www.ssph.cz/vyuka/wp-content/uploads/2020/03/ze-ztraty\\_feromag\\_materialy-chmiel.pdf](https://www.ssph.cz/vyuka/wp-content/uploads/2020/03/ze-ztraty_feromag_materialy-chmiel.pdf)
- [9] Asynchronní motor. Wikipedie [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronní\\_motor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronní_motor)
- [10] ŘEDINA, Jiří a Pavel URBIŠ. Pohony pro zatěžování a měření na zkušebnách a v laboratořích [online]. Brno, 2011, 9. 3. 2011 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z:

<https://www.etm.cz/index.php/etm/starsi/108-pro-pohony/914-pohony-pro-zatovani-a-meni-na-zkuebnach-a-v-laboratoich>

[11] Základní měření asynchronních motorů [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17617322-8-zakladni-mereni-asynchronnich-motoru.html>

[12] LIBRA, Jiří. Elektrická zařízení 6, Elektrické světlo, teplo a chlazení, Učební texty pro výuku elektrotechnických oborů [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4652963-2-elektricke-teplo-34-2-1-teoreticke-zaklady-sireni-tepla-34-2-2-zdroje-tepla-v-elektrotechnice-elektricky-ohrev-34-2-3.html>

[13] Jak funguje žárovka a zářivka. FyzWeb [online]. 2008, 27. 3. 2008 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=109>

[14] Boháč, R., Bohdal, J., Kolář, P., Kvasničková, M., Salajka, L., Zasadil, P.: Silnoproudá zapojení, Hluboká nad Vltavou, 2011

[15] Teplo. Wikipedie [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Teplo>

[16] Boháč, Z., Chaloupek, P., Salajka, L., Donát, J.: Elektronika, Hluboká nad Vltavou, 2011

[17] Elektrotechnická měření, BEN Praha 2002, ISBN 80-7300-022-9

[18] Blahovec, A.: Elektrotechnika 1. BEN 2002, ISBN 80-86073-90-4

Obrázky: Obrázky byly vzaty z výše uvedené literatury, a nebo byly vytvořeny podle ní v aplikaci malování.