



Bakalářská práce

Výuková pomůcka pro klasické a systémové elektroinstalace

Studijní program:

B0714A270001 Mechatronika

Autor práce:

Filip Skramuský

Vedoucí práce:

Ing. Miloš Hernych

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Výuková pomůcka pro klasické a systémové elektroinstalace

Jméno a příjmení:

Filip Skramuský

Osobní číslo:

M20000211

Studijní program:

B0714A270001 Mechatronika

Zadávající katedra:

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši výukových kitů pro praktickou výuku zapojování standardních a systémových elektroinstalačních prvků, dostupných v ČR i v zahraničí.
2. Navrhněte vlastní řešení těchto kitů, vycházející z podmínek, možností a prvků dostupných na FM a SPŠSE a VOŠ v Liberci, ideálně kompatibilní s prvky VarioLab firmy Diametral.
3. Návrh realizujte, vytvořte k němu technickou a výukovou dokumentaci a ověřte v praktické výuce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] PETTY, Geoffrey, 2013. Moderní vyučování. 6., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Portál.
[2] SLAVÍK, Milan, 2012. Vysokoškolská pedagogika. Praha: Grada. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-4054-6.

Vedoucí práce: Ing. Miloš Hernych
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání práce: 12. října 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 15. května 2023

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. října 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Výuková pomůcka pro klasické a systémové elektroinstalace

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou výukových panelů pro zapojování systémové a domovní elektroinstalace na středních školách. V první části se nachází rešerše dostupných výukových kitů v ČR i zahraničí. V další části se nachází popis domovních a systémových elektroinstalací a jejich použití, včetně komponentů. Hlavním cílem je sestavit výukový panel z dostupných komponentů na FM, SPŠSE a VOŠ v Liberci. Realizace je popsána v poslední kapitole.

Klíčová slova: Elektroinstalace, Výuková pomůcka, TUL, Rozvaděč, Výuka

Education Kit for Standard and Smart-Bus Installation Training

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of teaching panels for connecting system and house wiring in secondary schools. The first part contains a search for available teaching kits in the Czech Republic and abroad. The next part contains a description of house and system electrical installations and their use, including components. The main goal is to compile a teaching panel from available components at FM, SPŠSE and VOŠ in Liberec. The implementation is described in the last chapter.

Keywords: Electrical installation, Education kit, TUL, Switchboard, Teaching

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miloši Hernychovi za metodickou, pedagogickou, a hlavně odbornou pomoc z hlediska zapojování domovní elektroinstalac a používaných komponentů. Další poděkování patří panu Ing. Janu Koprnickému, Ph.D. za poskytnutí přístupu do TULabu v kterém probýhala celá realizace mé bakalářské práce. A v poslední řadě bych rád poděkoval Mgr. Barboře Skramuské a Bc. Jiřímu Hložkovi za průběžnou korekci práce.

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam zkratek	10
Úvod	11
1 Výuka na středních školách	12
2 Rešerše	13
2.1 Diametral	13
2.2 EDIBON	15
2.3 LUCAS NUELLE	16
3 Domovní elektroinstalace	17
3.1 Historie	17
3.2 Současnost	18
3.3 Dimenzování vodičů	19
3.4 Jističe	21
3.5 Proudový chránič	22
3.6 Zapojení rozvaděčů	23
3.6.1 Hlavní domovní skříň (HDS)	23
3.6.2 Elektroměrový rozváděč	23
3.6.3 Hlavní domovní rozváděč	24
3.6.4 Podružný rozváděč	24
4 Systémová elektroinstalace	25
4.1 Definice systémové (inteligentní) elektroinstalace	25
4.2 Hlavní koncepce budování systémové elektroinstalace	25
4.3 Význam "inteligentní" elektroinstalace	27
4.4 Benefity	27
4.5 Sběrnice pro systémové elektroinstalace	28
4.5.1 KNX	28
4.5.2 LONWorks/LONTalk	28
4.5.3 X10	29
5 Varianty výuky	30
5.1 První varianta	30
5.2 Druhá varianta	31

5.3	Třetí varianta	31
6	Praktická část	32
6.1	Návrh řešení	32
6.2	Realizace	33
6.3	Použité komponenty	34
6.3.1	Elektroměr	34
6.3.2	Proudový chránič	34
6.3.3	Jističe	34
6.3.4	Stykače	34
6.3.5	Řadové svorky	35
6.3.6	Multifunkční časové relé	35
6.3.7	Impulsní relé	35
6.3.8	Instalační relé	35
6.3.9	Vypínače a tlačítko	35
	Závěr	36
	Použitá literatura	39
A	Přílohy	40
A.1	Vzorová úloha 1	41
A.2	Vzorová úloha 2	44

Seznam obrázků

1.1	Pyramida zapamatování [1]	12
2.1	Konfigurátor VarioLab+ [4]	13
2.2	VarioClick deska [5]	14
2.3	Edibon - řízení svítivosti [9]	15
2.4	Lucas Nuelle [11]	16
3.1	Historický rozvaděč [14]	18
3.2	Tabulka dovolených zatěžovacích proudů vodičem [17]	19
3.3	Vypínací charakteristika jističů [20]	21
3.4	Graf nebezpečí elektrického proudu [22]	22
3.5	Elektroměrový rozvaděč [24]	23
3.6	Stavební rozvaděč [25]	24
4.1	Ukázka centralizovaného systému [27]	25
4.2	Ukázka decentralizovaného systému [27]	26
5.1	První varianta - LUCAS NUELLE [32]	30
5.2	Třetí varianta - Diametral [33]	31
6.1	3D model návrhu	32
6.2	Realizace - první varianta	33
6.3	Realizace - druhá varianta	34
6.4	Číslování vypínačů [40]	35

Seznam zkratek

TUL	Technická univerzita v Liberci
FM	Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci
SPŠSE	Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická
VOŠ	Vyšší odborná škola
KNX	Konnex–Mezinárodní organizace spravující EIB
LON	Local Operating Network
PL	Silová část vodiče
TP	Kroucená dvoulinka
HDO	Hlavní domovní ovládání
HDS	Hlavní domovní skříň
AC	Střídavé napětí
DC	Stejnoseměrné napětí
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci

Úvod

Název bakalářské práce zní "Výuková pomůcka pro klasické a systémové elektroinstalace" a jejím hlavním cílem je vytvořit výukový panel pro zapojování klasické a systémové elektroinstalace. Tento výukový kit by měl poté sloužit k výuce na SPŠSE v Liberci. Hlavním myšlenkou na zlepšení je flexibilita panelu na kterém se budou moct jakkoliv aktualizovat komponenty a také co nejvíce žákům přiblížit opravdové zapojování v provozu.

K řešení takového problému je v první řadě potřeba řešerše výukových kitů pro zapojování standardní a systémových elektroinstalačních prvků dostupných v ČR i v zahraničí. Z této řešerše poté bude vycházet mé vlastní řešení, které by mělo zjednodušit praktickou výuku, v tomto tématu, na SPŠSE v Liberci.

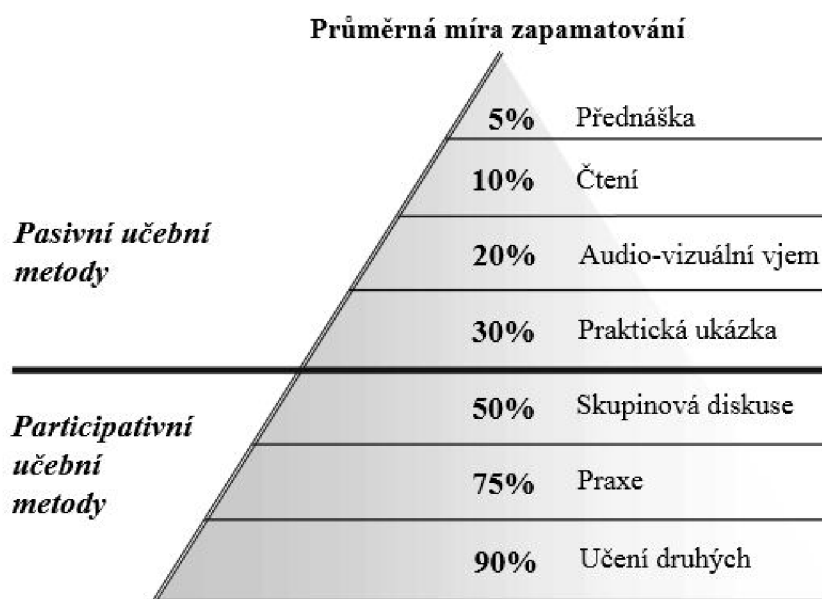
V další části se budu zabývat domovní elektroinstalací. Popsána je zde stručná historie zapojování, rozdíly historické a současné elektroinstalace a poté vlastnosti a úkoly základních komponentů. Dále bude pokračovat popsání systémové elektroinstalace včetně vysvětlení co to vlastně systémová elektroinstalace je a jak ji rozdělujeme.

Hlavním cílem v praktické části je z dostupných informací a komponentů zrealizovat vlastní řešení, které bude použito k výuce na SPŠSE v Liberci. Realizace by měla žákům zjednodušit pochopení znalostí zapojování elektroinstalací z teorie. Zapojování by se mělo, jak již bylo zmíněno, co nejvíce blížit k reálnému zapojování v provozu. Žáci by si měli hlavně zkusit vzít do ruky šroubovák a další typy nářadí, které se v provozu obvykle používají. Hodně výukových kitů jsou dělané na takzvané "banánky", které se dají jednoduše zacvaknout. V těchto případech si bohužel není možné vyzkoušet, jaké to je doopravdy v reálném provozu.

1 Výuka na středních školách

Vzdělávání a výuka začíná hned od našeho narození a každý z nás se učí celý život a každým dnem, proto je způsob výuky tak důležitý. Učení je proces, při kterém si žák osvojuje něco, co je pro něho nového. Stále se hledají nové způsoby, jak žákům předat co nejvíce informací a naučit je toho co nejvíce. Do výuky samozřejmě patří také praktická výuka, která je stejně důležitá jako výuka teoretická. Jedna bez druhé se ovšem neobejde. Hlavní myšlenkou při výuce je aby se navodily takové podmínky, při kterých dojde s největší pravděpodobností k učení alespoň u většiny žáků

Z mé vlastní zkušenosti je v dnešní době praktické výuky na školách velmi málo a více praktické výuky by žákům určitě pomohlo probíranou látku lépe pochopit a porozumět jí více do hloubky.



Obrázek 1.1: Pyramida zapamatování [1]

Na pyramidě zapamatování nad textem si můžeme povšimnout, že při praktické výuce je průměrná míra zapamatování až 75%. Oproti teoretické výuce, která má 5%, je to znatelný rozdíl.

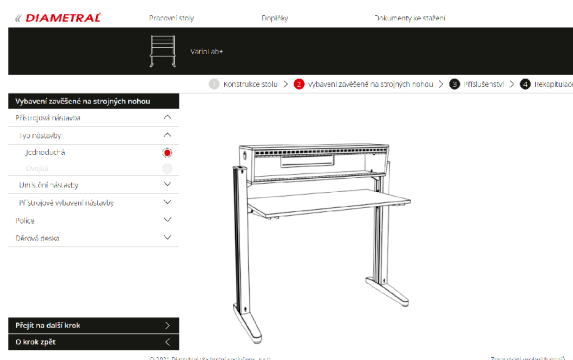
2 Rešerše

V současné době se na trhu nabízí velké množství výukových kitů pro domovní i systémovou elektroinstalaci. Většina těchto nabízených kitů mají formu boxů s předem danými komponenty. Vývody těchto komponentů jsou většinou vyvedeny na přípojně body pro "banánky". Pomocí vodičů se poté komponenty mezi sebou propojují bez nutnosti montáže.

2.1 Diametral

Diametral je nejznámější česká společnost, která se výukovými kity zabývá. Společnost na svém webu nabízí širokou škálu svých produktů. Nemají ve své nabídce jen výukové kity, ale také různé druhy pracovních stolů uzpůsobené pro zdroje, měřicí přístroje a další elektrická zařízení. Jejich hlavní výhodou je všemožná konfigurovatelnost a možnost přizpůsobit jak pracovní prostředí na pracovní desce, tak jednotlivá zařízení, která jsou pro výuku potřeba. Design přístrojů a pracovišť odráží požadavky zákazníků a mnoholeté zkušenosti techniků firmy, kteří se řídí mottem: "Nejsme jen výrobci, ale i uživatelé!". Produkce těchto zařízení je realizována ve vlastní továrně v Čechách a díky tomu je ve firmě zajištěna stálá kontrola a preciznost výroby[2].

Konfigurátor pracovního stolu se nazývá VarioLab+. Na začátku je možnost si vybrat typ stolu, stolní desku a řetězení. Dalším krokem je výběr vybavení na stolních nohou (přístrojové nástavby, police nebo děrovaná deska). V posledním kroku se vybírá příslušenství pro daný stůl. Na výběr jsou například držáky na PC, přídatné napájecí zásuvky, datové zásuvky nebo osvětlení stolu led páskem[3].



Obrázek 2.1: Konfigurátor VarioLab+ [4]

Další zajímavou nabídkou je tzv. VarioClick. Jedná se o montážní desku s malými čtvercovými otvory, do kterých se poté jednotlivá zařízení zacvakávají pomocí umělých uchycení. Tato deska se nejvíce využívá ve školách pro zapojování elektroinstalace, jelikož je zde možné si zařízení libovolně odebrat či přidávat bez nutnosti vrtání nebo šroubování. Díky tomu je možné veškerý ušetřený čas věnovat výuce.



Obrázek 2.2: VarioClick deska [5]

V nabídce nejsou jen pracovní stoly a výukové desky, ale také, jak již bylo zmíněno, různé zdroje a jiné přístroje určené pro výuku na elektrotechnických školách. Nabízejí například DC laboratorní zdroje napětí určená k napájení elektrických stejnosměrných zařízení a přístrojů. Zdroje jsou vybaveny lineární regulací napětí, výstražnou zvukovou signalizací při omezení proudu a také v neposlední řadě "hrubého" a "jemného" nastavení napětí pomocí potenciometrů. [6] Samozřejmě vyrábí i AC zdroje. Výstupní napětí je zde získáváno transformací síťového napětí 230 V/50 Hz oddělovacím transformátorem. Tento transformátor je zde kvůli bezpečnosti zdroje. Výstupní vodiče transformátoru nejsou uzemněny kvůli galvanickému oddělení a díky tomu není dotyk jednoho z vodičů nebezpečný. Pokud se ovšem uživatel dotkne obou naráz, tak bude stále vystaven nebezpečnému střídavému napětí. Ovládaní je možné pomocí číselné klávesnice umístěné na přední straně zdroje nebo pomocí osobního počítače prostřednictvím dodávaného programu D-control[7].

2.2 EDIBON

Edibon je španělská firma založená jako rodinná společnost v roce 1978 se sídlem v hlavním městě Madridu. Nabízí veškerá výuková vybavení pro strojírenství a technické vzdělávání na základních a středních školách.

Na svých on-line stránkách nabízí více než 4000 jí vyvinutých a navržených produktů. Produkty se vyznačují hlavně svým inovativním designem, který je ergonomický, estetický a uživatelsky přívětivý. Hodně se zaměřují na to, aby byly výukové pomůcky atraktivní pro studenty a usnadnily tak proces vzdělávání. Dávají si také záležet, aby produkty byly vysoce kvalitní a splňovaly jejich přísné normy kvality a bezpečnosti. Pro výrobu používají nejmodernější technologie a výrobní postupy a každý produkt je na konci výrobního procesu pečlivě testován a certifikován. Stejně jako firma Diametral se snaží být velmi flexibilní, a proto nabízí svým zákazníkům možnost vlastního navrhování výukových sestav a laboratorního vybavení.

Zpracování těchto produktů pro domovní instalaci se nějak zásadně neliší od firmy Diametral, která používá stejné zapojení pomocí takzvaných "banánků". Výukové kity jsou tvořené formou boxů dle různých komponentů. Tyto boxy se poté dají různě kombinovat na laboratorním stole. Nevýhodou těchto boxů je, že prvky jsou zde pevně dané a není možné zde jakékoliv prvky přidávat či odebírat. Naštěstí, jak jsem již zmiňoval, firma nabízí možnost vlastního navrhování. Na obrázku pod textem je například vidět box na základní řízení svítivosti osvětlení, nachází se zde čtyři vypínače, regulátor svítivosti pomocí napětí, jistič, stop tlačítko, halogenové a klasické žárovky[8].



Obrázek 2.3: Edibon - řízení svítivosti [9]

2.3 LUCAS NUELLE

Další společnost byla založena v roce 1974 v německém městě Kerpen, nyní má tato společnost sídlo v Americe. Nabízí na svých stránkách široké portfolio od klasických výukových systémů v oblasti elektrotechniky, elektroniky, informačních technologií a telekomunikací až po e-Learning v jejich cloudu.

Výukové pomůcky této společnosti vypadají dost podobně jako u předchozích a jsou pro vzdělávání od středních škol a odborných učilišť, až po vysokoškolské a výzkumné instituce. Jejich řešení výukových pomůcek se ze zmiňovaných firem nejvíce blíží reálnému zapojování v provozu. V nabídce mají například školící systém elektroinstalace pro obvody osvětlení a spotřebičů, průmyslové distribuce elektřiny a také osvětlení a obvody spotřebičů instalované zapuštěné v omítce.

Stejně jako předchozí firmy klade důraz na kvalitu a spolehlivost svých produktů a nabízí širokou škálu služeb včetně poradenství, školení a servisu. V neposlední řadě tato firma usiluje o snižování svého negativního vlivu na životní prostředí[10].



Obrázek 2.4: Lucas Nuelle [11]

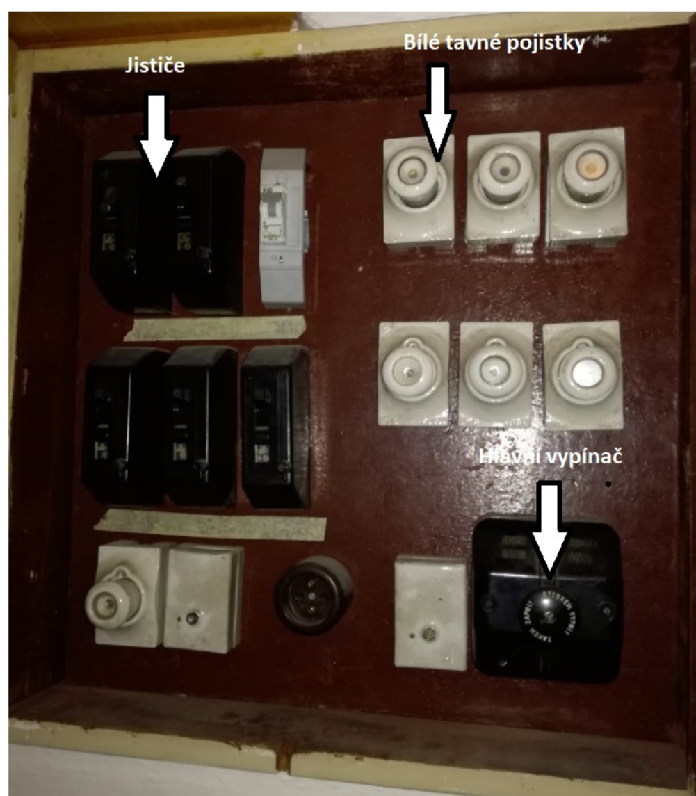
3 Domovní elektroinstalace

Domovní elektroinstalace jsou prvky a elektrotechnická zařízení, která slouží k ovládní, úpravě a rozvodu elektrické energie po celém domě. Do elektroinstalace také patří kabely, rozvaděče, elektroměry, jističe, vypínače, zásuvky, osvětlení a další zařízení, která pomáhají rozvodu a využití elektrické energie po celém domě. Celá elektroinstalace musí být navržena tak, aby splňovala příslušné normy a aby byla odolná vůči poškození a výpadkům napájení. Návrh zahrnuje dimenzování a uložení všech vodičů a vedení, návrh jisticích prvků jako jsou jističe, pojistky, proudové chrániče a přepětové ochrany. V konečné části je důležité, aby návrh prošel výchozí i pravidelnou revizí[12].

3.1 Historie

Historie domovní elektroinstalace sahá až do 19. století, kdy se začaly používat první elektrické rozvody v domácnostech. V té době byla elektřina dodávána do domů pomocí jednoduchých systémů, jako například železných trubek, do kterých byly vloženy dráty. Tyto dráty byly následně připojeny ke světelným zdrojům a k elektrospotřebičům, kterých v té době nebylo mnoho. Elektroinstalace se v průběhu let neustále vyvíjela a stávala čím dál tím složitější a také bezpečnější. Rozšířilo se například používání bezpečnostních prvků, jako jsou pojistky a jističe, aby se u složitějších instalací zabránilo nebezpečí přetížení elektrického obvodu, a také aby se zabránilo úrazům elektrickým proudem.

Na začátku byly například elektroměry montovány na dřevěné rozvodné desky společně s pojistkami pro jištění bytových rozvodů. Dřevo není pro elektřinu dobrým materiálem kvůli velkému riziku vzniku požáru. Kvůli tomu se od těchto dřevěných rozvodných desek přešlo na dnes již klasické umělé nebo kovové rozvaděče s DIN lištami na upevnění prvků. V druhé polovině 20. století také přišly nové normy a standardy zaručující bezpečnost a ochranu před požárem a úrazem elektrickým proudem[13].



Obrázek 3.1: Historický rozvaděč [14]

Na obrázku je vidět dřevěný rozvaděč z roku 1962. Můžeme si také povšimnout bílé keramické tavné pojistky. V levé části jsou jističe a v pravé spodní části se nachází hlavní vypínač.

3.2 Současnost

V současnosti se elektroinstalace liší v první řadě použitím bezpečnostních prvků, na které se klade veliký důraz, a jak již bylo zmíněno, díky nim se minimalizují rizika způsobená elektrickým proudem. Dříve bezpečnostní prvky nebyly tak běžné a elektroinstalace byly často nebezpečné. Mezi jeden z hlavních bezpečnostních prvků, kterému byla stanovena povinnost instalace v rozvaděči, patří proudový chránič. Konkrétně se jedná o normu upravující ochranu před úrazem elektrickým proudem, která platí od února roku 2009. S tímto bodem souvisí i to, že současné elektroinstalace mají řádově větší odběr elektrické energie než historické elektroinstalace. Narůstající odběr elektrické energie je způsoben hlavně zvyšujícím se počtem elektrických zařízení v domácnostech. Kvůli tomu se zvyšuje počet bezpečnostních prvků, aby elektroinstalace mohla bezpečně zvládnout vysoké výkony a velké množství připojených zařízení. Díky těmto bezpečnostním prvkům se jen zřídka stává, že dojde k přetížení rozvodů elektrické energie v domácnosti[15].

Dalším rozdílem mezi historickou a současnou elektroinstalací je použití moderních technologií, jako například bezdrátová spojení, automatické spínače a senzory s dalšími prvky, díky kterým se velmi zvyšuje bezpečnost jednotlivých elektroinstalací a také pohodlí ovládaní a sledování celkového stavu. Mezi další prvky se řadí také úsporná LED osvětlení, chytré regulace teploty, solární panely a další prvky, díky kterým se minimalizuje spotřeba energie a zvyšuje se energetická účinnost[15].

Ve zkratce lze říci, že hlavním rozdílem mezi současnou a historickou elektroinstalací je hlavně bezpečnost a větší efektivita využívání elektrické energie díky moderním technologiím a šetrnějším prvkům.

3.3 Dimenzování vodičů

Správné dimenzování vodičů je také důležitou součástí přípravy na zapojení elektroinstalace. U nesprávného dimenzování vodičů může dojít k zahřívání až k přerušení izolace, kvůli které může dojít ke zkratu nebo například ke vzniku požáru[16].

Dimenzování se dělí na tři základní skupiny:

1. Proudová zatížitelnost vodiče

Při dimenzování vodičů musíme dbát na maximální zatížení a podle toho nadi-menzovat průřez vodičů. Dále také musíme brát ohled na typ prostředí, uložení a druh vodiče. Průřezy vodičů se potom řídí tabulkami proudové zatížitelnosti vodičů podle průřezu jednotlivých výrobců. Průřez vodiče podle protékajícího proudu se dá také vypočítat. Pro základní výpočet potřebujeme znát protékající proud, napěťový pokles na vodiči a koeficient, který zahrnuje vlastnosti vodiče[16].

Jmenovitý průřez vodičů	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	při dvou zatížených vodičích					při třech zatížených vodičích				
	způsob uložení podle tabulky					způsob uložení podle tabulky				
(mm ²)	A	B	C	D*	E	A	B	C	D*	E
1	11	13,5	15	17,5	17	10,5	12	13,5	14,5	14,5
1,5	14,5	17,5	19,5	22	22	13	15,5	17,5	18	18,5
2,5	19,5	24	26	29	30	18	21	24	24	25
4	26	32	35	38	40	24	28	32	31	34
6	34	41	46	47	52	31	36	41	39	43
10	46	57	63	63	71	42	50	57	52	60
16	61	76	85	81	96	56	68	76	67	80
25	80	101	112	104	119	73	89	96	86	103

Obrázek 3.2: Tabulka dovolených zatěžovacích proudů vodičem [17]

Na obrázku nad textem je tabulka dovolených zatěžovacích proudů pro vodiče. Tato konkrétní tabulka je pro měděné (Cu) vodiče s průřezem 1-25 mm² s PVC izolací při okolní teplotě vzduchu 30 °C.

V tabulce je rozdělení podle podle způsobu uložení:

- **A** - Izolované vodiče v trubkách zapuštěné v izolačních stěnách
- **B** - Izolované vodiče v trubkách nebo lištách
- **C** - Kabely více-žilové na zdi, ve zdivu nebo na podlaze
- **D** - Kabely více-žilové v trubkách v zemi, nebo přímo na zemi
- **E** - Kabely 2+3 žilové na vzduchu[18]

2. **Mechanická pevnost vodiče**

Měli bychom také myslet na mechanickou pevnost vodičů či kabelů. Vodiče musí odolávat různým mechanickým námahám při různých provozních podmínkách.

Druhy mechanických namáhání se dělí na:

- **Tření**
- **Tah**
- **Ohýbání**
- **Průhybová pevnost**
- **Další síly**

Zajímavá je u vodičů uváděná průhybová pevnost, která nám vyjadřuje minimální poloměr zatáčení, který je nutný pro ohnutí vodiče bez toho, aby došlo k jeho trvalé deformaci nebo poškození izolace. Na výpočty mechanické pevnosti vodičů se také používají normy a tabulky.

3. **Ekonomické hledisko**

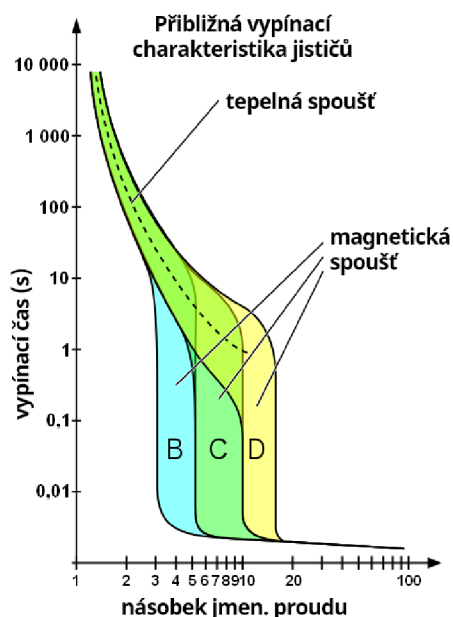
V poslední řadě je důležité také zohlednit ekonomické hledisko návrhu, jelikož je důležité aby vodiče nebyly zbytečně předimenzovány, a tím se nezvýšily náklady na materiál a instalaci[16].

3.4 Jističe

Jistič je bezpečnostní zařízení v elektroinstalaci sloužící k ochraně vedení před přetížením a zkratem. Kvůli tomu je vybaven dvěma spouštěmi - tepelnou a zkratovou. Jistič nám ve vedení slouží také k ochraně zařízení před vznikem požáru. Výhodou jističů oproti starším tavným pojistkám je hlavně to, že není potřeba jistič měnit. Při výpadku stačí jistič pouze uvést zpět do funkčního stavu natažením páčky[19].

Druhy spouští jističe:

- **Tepelná** - Tepelná spoušť je vybavena bimetalovým páskem. Při delším působení nadproudu, který prochází tímto bimetalovým páskem, dojde k jeho ohybu, a tím k rozpojení kontaktů a vybavení jističe[19].
- **Zkratová** - Zkratová spoušť reaguje na proudy několikanásobně vyšší než jmenovité. Díky vysokým proudům se v cívce umístěné v jističi vytvoří silné magnetické pole a téměř okamžitě jistič vybaví. Jističe mají různé charakteristiky vypínání (B, C, D)[19].

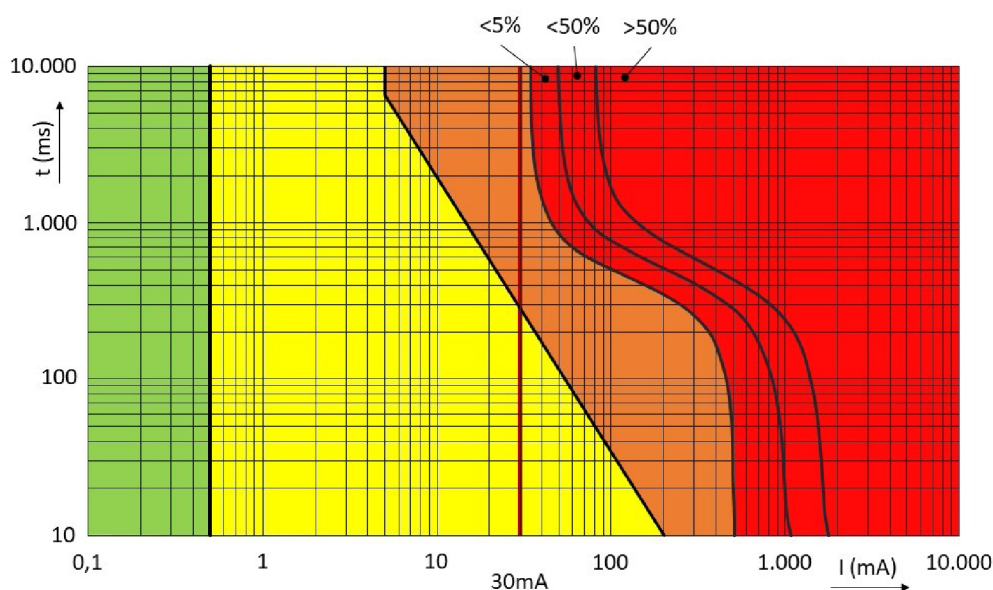


Obrázek 3.3: Vypínací charakteristika jističů [20]

Na obrázku jsou vidět vypínací charakteristiky jističů B, C a D. Na ose Y je doba, za kterou je jistič vybaven a na ose X je násobek jmenovitého proudu. Na domovní instalaci pro ochranu vedení, zásuvkových a světelných obvodů se používají jističe s charakteristikou B. Jističe s charakteristikou C se používají pro ochranu menších elektromotorů, transformátorů a větších světelných okruhů. A jističe s charakteristikou D se používají nejčastěji pro jištění velkých indukčních a kapacitních zátěží.

3.5 Proudový chránič

Proudový chránič je bezpečnostní prvek, který chrání obsluhu před úrazem způsobeným elektrickým proudem. U chrániče nedojde k vybavení při nadproudech či zkratu. Proudový chránič funguje na principu součtu okamžitých hodnot proudu. Za bezporuchového stavu by se měl okamžitý součet proudů rovnat nule, pokud ovšem dojde k poruše, mohou se objevit tzv. poruchové proudy. V bytových rozvodech se nejčastěji používá chránič s jmenovitým reziduálním proudem 30 mA[21].



Obrázek 3.4: Graf nebezpečí elektrického proudu [22]

Na obrázku výše je graf nebezpečí elektrického proudu v závislosti na čase. Zelená barva znamená, že se nic neděje a zřejmě ani nic nepocítíme. Žlutá barva na grafu zobrazuje část, kde pocítíme nepříjemné pocity, ale stále budeme v bezpečí. Oranžová barva znamená, že účinky proudu mohou být nepříjemné. Červená část už pro člověka představuje riziko smrti. Tato riziková část je ještě rozdělena černými křivkami na tři části, kde nad grafem je v procentech znázorněné riziko smrti. Z grafu také vyplývá, proč se v bytových rozvodech používá proudový chránič s jmenovitým reziduálním proudem 30 mA. Jelikož 30 mA je v celém rozsahu v oranžové zóně, tudíž by neměl být životu nebezpečný. Je zde použit výraz "neměl by", jelikož na každého člověka může proud působit trochu jinak a například pro lidi se srdečními problémy by i tato oblast mohla být smrtelná.

Každý proudový chránič je vybaven testovacím tlačítkem, pomocí kterého je, po určitých intervalech předepsaných výrobcem, nutné chránič otestovat. Toto tlačítko nám simuluje reálnou poruchu. Porucha je simulována vnitřním pomocným rezistorem, kterým unikne určitý proud mimo měřený obvod. Pokud po stisknutí tlačítka nedojde k vybavení, je nutné chránič vyměnit[21].

3.6 Zapojení rozvaděčů

Druhy domovních rozváděčů:

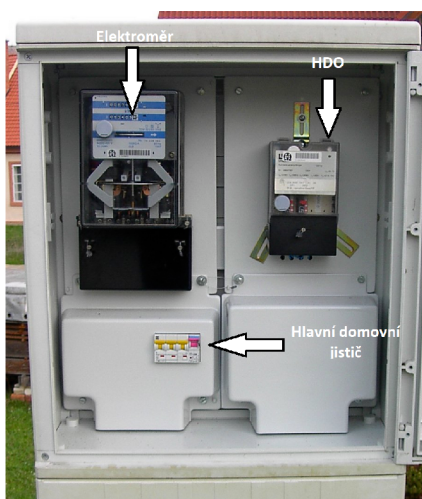
- Hlavní domovní skříň (HDS)
- Elektroměrový rozváděč
- Hlavní domovní rozváděč
- Podružný rozváděč

3.6.1 Hlavní domovní skříň (HDS)

Hlavní domovní skříň, zkráceně také HDS, je přípojková skříň NN daného objektu a musí být umístěna na např. na fasádě nebo na pilíři. Tato skříň je v majetku distributora a otevřít ji může jen distributorem pověřená osoba, majitel k ní přístup nemá. Je opatřena pojistkami pro daný objekt, které musí mít vždy větší jmenovitý proud s příslušnou rezervou, než hlavní domovní jistič. Pojistky slouží k ochraně proti přetížení či zkratu hlavního vedení a také k možnosti odpojení dodávky elektrické energie pro daný objekt. Vedení za HDS už je v majetku majitele objektu[23].

3.6.2 Elektroměrový rozváděč

Elektroměrový rozvaděč je dle normy ukládán na hranici pozemku, aby mohl být přístupný distributorovi elektrické energie. V rozvaděči se nachází jednosazbový nebo dvousazbový elektroměr a také hlavní domovní jistič s charakteristikou B. V případě dvousazbového elektroměru je v této skříni také sazbový přepínač nebo-li HDO. Prvky od distributora jako je elektroměr a HDO musí být od distributora zaplombovány[23].



Obrázek 3.5: Elektroměrový rozvaděč [24]

3.6.3 Hlavní domovní rozváděč

Hlavní domovní rozváděč je určen k rozvodu elektrické energie do objektu do jednotlivých obvodů v domě. Rozváděčů je mnoho druhů podle typu uložení nebo podle množství modulů v rozváděči. Jednotlivé jističí prvky či stykače, které se v rozváděči nacházejí, jsou umístěné na DIN liště, kterou je opatřen každý rozváděč. V každém rozváděči jsou dvě ekvipotenciální svorkovnice pro vodiče PE a N. Pomocí jističů se poté jistí jednotlivé obvody, jako třeba světla, zásuvky, topení a další spotřebiče. Světelné okruhy se ve větších objektech jistí zvlášť pro různé místnosti nebo části objektu. V domovním rozváděči se nachází i obvod se stykači řízenými HDO[23].

3.6.4 Podružný rozváděč

Podružné rozváděče se používají pro jištění například venkovních pergol, garáží umístěných mimo objekt, nebo samostatné jištění jednotlivých pater domu. Patří sem i takzvané stavební rozváděče, které se umísťují na stěnu. Výhodou podružných rozváděčů je, že při poruše daného okruhu by jištění mělo zareagovat pouze v podružném rozváděči a nemělo by tak dojít k přerušení v celém objektu[23].



Obrázek 3.6: Stavební rozváděč [25]

4 Systémová elektroinstalace

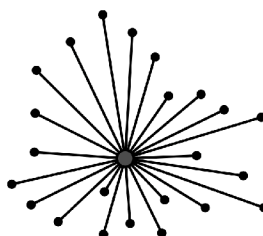
4.1 Definice systémové (inteligentní) elektroinstalace

Systémová elektroinstalace dokáže pomocí inteligentních snímačů a výkonných prvků zjednodušit ovládaní domácnosti. Akce, kterou by u klasické instalace musel udělat sám uživatel, tak proběhne automaticky na základě informací z čidla, např. podle slunečních podmínek se zatáhnou/roztáhnou žaluzie a vypne/zapne osvětlení v domě.

4.2 Hlavní koncepce budování systémové elektroinstalace

Dělí se na tři základní skupiny:

- **Centralizované systémy** – V systému je jedna nebo několik "centrálních" jednotek, které rozhodují o chování systému a jednotlivých snímačů nebo akčních prvků. V tomto systému jsou všechny prvky kromě "centrálních" jednotek takzvaně "hloupé", což znamená že slouží pouze ke sběru informací a vykonávání příkazů. Hlavní výhodou je, že všechna intelligence je soustředěna na jedno místo, a díky tomu je jednodušší tvorba aplikací, diagnostika a nižší pořizovací náklady. Nevýhodou je naopak to, že pokud hlavní jednotka vypadne, tak vypadne celý systém[26].

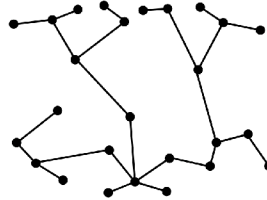


CENTRALIZED

Obrázek 4.1: Ukázka centralizovaného systému [27]

- **Decentralizované systémy** - Tato koncepce systému je opak centralizovaného systému. Každý prvek je samostatný a dokáže fungovat bez centrální jednotky. Jednotlivé prvky potom komunikují mezi sebou.

Systém je spolehlivější a při výpadku jedné jednotky není ohrožena funkce zbytku systému. Nevýhodou jsou určitě vyšší pořizovací náklady a také složitější tvorba aplikací[26].



DECENTRALIZED

Obrázek 4.2: Ukázka decentralizovaného systému [27]

- **Hybridní systémy** - Hybridní systém je kombinací centralizovaného a decentralizovaného systému. Jsou zde "hloupé" prvky, které ke své funkčnosti potřebují centrální jednotku, ale také prvky, které dokáží fungovat bez centrální jednotky. Je to velice výhodné, jelikož tento systém spojuje výhody obou předchozích systémů. Další možností topologie může být systém, ve kterém mezi sebou komunikují komponenty v jednotlivých místnostech a centrální jednotka sleduje pouze dění v místnosti jako celku[26].

4.3 Význam "intelligentní" elektroinstalace

- **0. generace** - Nultá generace je nejjednodušší, jelikož v ní platí jednoduché pravidlo: "Co si naprogramujete, to se provede". Systém do řízení nijak nezasahuje a provádí se jen naprogramované akce[28].
- **1. generace** - Systém 1. generace už je o něco chytřejší. Uživatel si nenastavuje například kdy se má topit, ale nastaví si už jen kdy má být teplo. Systém postupně zjišťuje tepelné vlastnosti domu a na základě nich a aktuální venkovní teploty nastavuje počátek topení[28].
- **2. generace** - Systém je natolik inteligentní, že dokáže sám odhadnout chování uživatelů, a podle toho zasáhnout či nastavit různé akce. Například odhadne, kdy uživatel chodí domů z práce a v dostatečném předstihu zatopí a nahřeje vodu v bojleru[28].

4.4 Benefity

1. **Komfort** - Jedním z hlavních benefitů inteligentní elektroinstalace je komfort. Většina akcí totiž proběhne na základě příslušného čidla - například zatažení žaluzií při špatných povětrnostních podmínkách. Také osvětlení v domě může být automatizované, aby například uživatel při odchodu nemusel zhasínat světla v celém baráku, tak se při odchodu tato akce provede automaticky[26].
2. **Úspora energie** - Inteligentní systém dokáže také velmi šetřit energii. Teplota v domě je regulována podle venkovní teploty, denní doby a také podle přítomnosti osob. Světla jsou také regulovány podle přítomnosti osob a podle venkovního osvětlení, tomu se říká ambientní osvětlení[26].
3. **Bezpečnost** - Další výhodou je také bezpečnost. Systém totiž může využívat požární a kouřová čidla a dokázat tak sám zareagovat například otevřením žaluzií. V systému mohou být také čidla přítomnosti, které lze použít i k bezpečnostním účelům. V neposlední řadě je také samozřejmostí ovládaní na dálku pomocí mobilního telefonu nebo počítače[26].
4. **Flexibilita** - Inteligentní elektroinstalace jsou velmi flexibilní a mohou být snadno upraveny nebo aktualizovány tak, aby vyhovovaly potřebám uživatele. Uživatelé mohou snadno přidávat nebo odebírat zařízení v domě a mohou snadno měnit nastavení tak, aby vyhovovalo aktuálním potřebám[26].

4.5 Sběrnice pro systémové elektroinstalace

4.5.1 KNX

KNX je otevřený standart, který se používá pro komerční či domácí automatizaci budov. Sběrnice KNX je decentralizovaný systém, tudíž není nutná centrální řídicí jednotka, neboť inteligence systému je distribuována mezi všechny zařízení. Přesto mohou být použity centralizované jednotky pro účely vyžadující velmi specializované aplikace. Síť je typu peer-to-peer s prioritami. Velkou výhodou oproti konkurenci je, že techniku KNX podporuje cca 500 výrobců a mají cca 8000 certifikovaných produktů[29].

Komunikační média:

- KNX kroucená dvoulinka (TP)
- KNX silové vedení (PL)
- KNX radiofrekvenční přenos
- KNX IP

4.5.2 LONWorks/LONTalk

LONWorks (Local Operating Network) je další druh řídicí a komunikační sítě vyvinutý firmou Echelon, Toshiba a Motorola v letech 1989-1992. Byl vyvinut původně pro automobilový průmysl. Pro komunikaci na této sběrnici se používá protokol nazývaný LONTalk, což je komunikační protokol vyvinutý také firmou Echelon. Tento protokol definuje všech sedm vrstev referenčního modelu ISO/OSI. Obvykle bývá ve firmware tzv. neuron-čipu obsaženo šest vrstev a vývojáři se většinou zaměřují pouze na programování nejvyšší aplikační vrstvy[30].

Komunikační média:

- Kroucená dvoulinka (TP)
- Silové vedení (PL)
- Radiofrekvenční přenos
- Optický kabel
- IrDa (komunikace pomocí infračerveného světla)
- Koaxiální kabel

4.5.3 X10

X10 je protokol používaný pro komunikaci mezi komponenty v domácí automatizaci. Byl vyvinut v roce 1975 firmou Pico Electronics ve skotském městě Glenrothes. K přenosu informací a ovládaní se používá napájecí vedení (PL). Tento signál je modulován frekvencí 120 kHz. Kódy X10 se skládají ze čtyřbitové adresy cíle (House code - max 16 adres) a z jednoho nebo více čtyřbitových příkazů (Unit code). Adresa cíle pro konfiguraci systému je vybrána jako písmeno od A do P a kód příkazu jako číslo od 1 do 16. Systém tedy může poskytnout až 256 jedinečných adres (16x16)[\[31\]](#).

5 Varianty výuky

V této kapitole si obecně popíšeme tři možné varianty způsobu výuky zapojení domovní elektroinstalace od varianty, kdy si bude muset student sám "tahat" jednotlivé vodiče mezi komponenty, přes variantu, která bude před-zapojená a výstupy komponentů budou vyvedeny na svorky, až po poslední variantu s propojením komponentů přes takzvané "banánky".

5.1 První varianta

Tato varianta se ze všech tří nejvíce blíží ke klasickému zapojování v provozu. Jedná se o to, že jednotlivé komponenty by byly na jedné desce připevněné na DIN liště. Na desce by měly být také rozvaděčové kanály pro vedení vodičů od jednotlivých komponentů. Žáci by dostaly dané úlohy pro zapojení a poté by je měli podle schématu či popisu zapojit tak, že by vlastnoručně určili délky vodičů, následně po odizolování konců nalisovali dutinky na konce vodičů a jednotlivé vodiče zapojovali přímo na přípojná body komponentů.

U větších firem, které tyto výukové pomůcky vyrábějí, se tato první varianta nachází jen zřídka. Firma LUCAS NUELLE ve své nabídce tyto první varianty nabízí pod názvem montážní cvičení v technologii instalace budov. Tato pomůcka je zkonstruována ve tvaru desky, na které se přidělají komponenty potřebné pro danou úlohu a žák má za úkol je poté mezi sebou správně propojit. Propojení zahrnuje i odizolování, nastříhání požadovaných délek vodičů, nalisování dutinek a také připojení vodiče ke komponentu pomocí šroubového spoje.



Obrázek 5.1: První varianta - LUCAS NUELLE [32]

5.2 Druhá varianta

Další variantou je takzvaně před-zapojená varianta. Komponenty jsou pevně dané na svém místě, ale jejich přívody a vývody jsou pomocí vodičů rozvedeny na jednotlivé řadové svorky, tzn. co vývod/přívod, to svorka. Řadové svorky by měly být přehledně popsány, aby žák nemusel hledat, kam vedou jednotlivé vodiče. Žáci by poté zapojení úlohy prováděli jen propojováním jednotlivých svorek. Hlavní nevýhodou této varianty je velké množství použitých svorek.

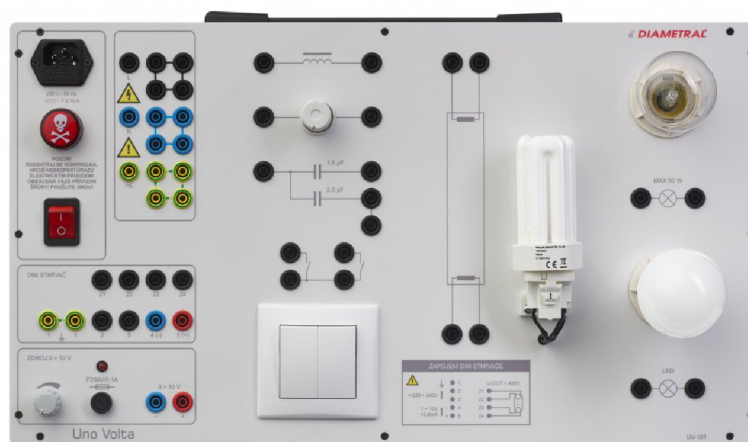
Pokud si například představíme jednoduchý stykač, tak k jednomu stykači se čtyřmi spínacími či rozpínacími kontakty je nutné mít na panelu deset svorek.

Tuto variantu jsem u žádného výrobce bohužel nenašel.

5.3 Třetí varianta

Poslední varianta je s vývody od komponentů pomocí vodičů vyvedených na zdířky pro připojení "banánků". Tato varianta je dost podobná variantě druhé, ale k této variantě žáci nepotřebují žádný nástroj pro utahování svorek, vystačí jim pouze dostatečné množství vodičů zakončenými "banánky".

U firem zabývajících se výukovými panely pro elektroinstalaci je tato varianta nejčastější a nabízí ji například již zmiňovaná firma Diametral.

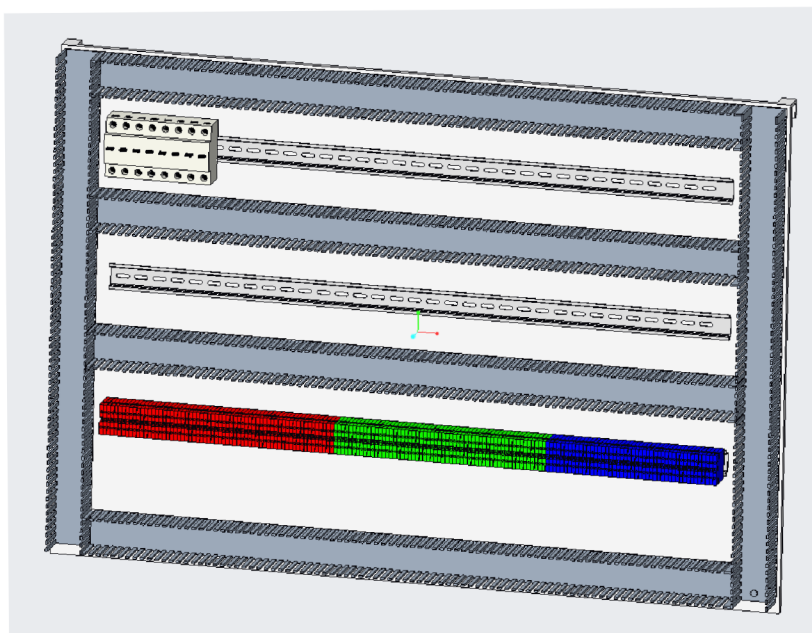


Obrázek 5.2: Třetí varianta - Diametral [33]

6 Praktická část

6.1 Návrh řešení

Návrh praktického řešení vyplýval hlavně z dostupných komponentů na FM a SPŠ-SE v Liberci. V první řadě bylo důležité vymyslet celý koncept řešení a jakým typem varianty bude panel provedený. Možné byly tři varianty zmiňované v předešlé kapitole. Po konzultaci s vedoucím práce, bylo rozhodnuto pro použití plastové desky o rozměrech 1000x660x8mm, s DIN lištami a komponenty se zapojením pomocí první a druhé varianty (viz kapitola 5.1, 5.2). Po vymyšlení celé koncepce řešení, bylo možné vytvořit 3D model v modelovacím programu Creo Parametric. Návrh modulů, DIN lišt a kanálů pro uložení vodičů byl vytvořen přesně podle dostupných rozměrů na internetových e-shopech.



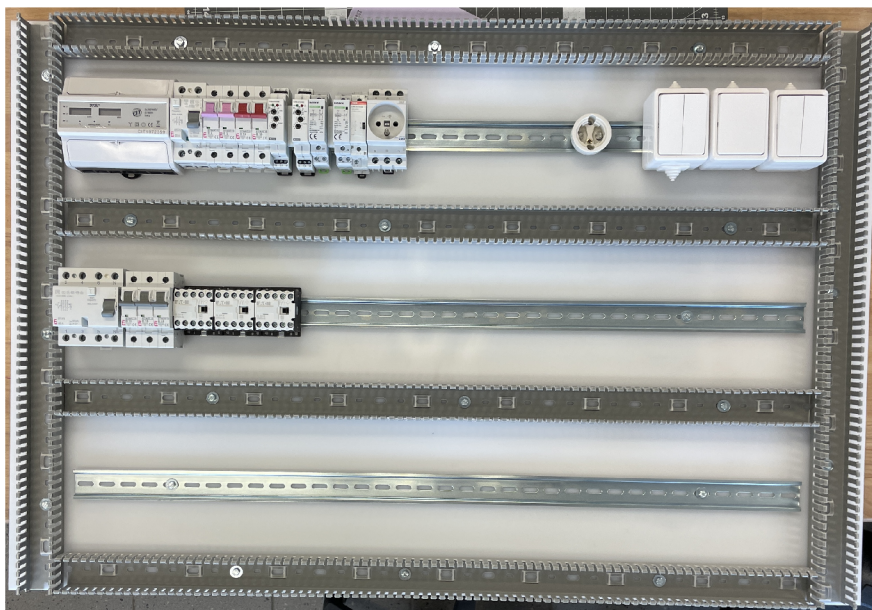
Obrázek 6.1: 3D model návrhu

6.2 Realizace

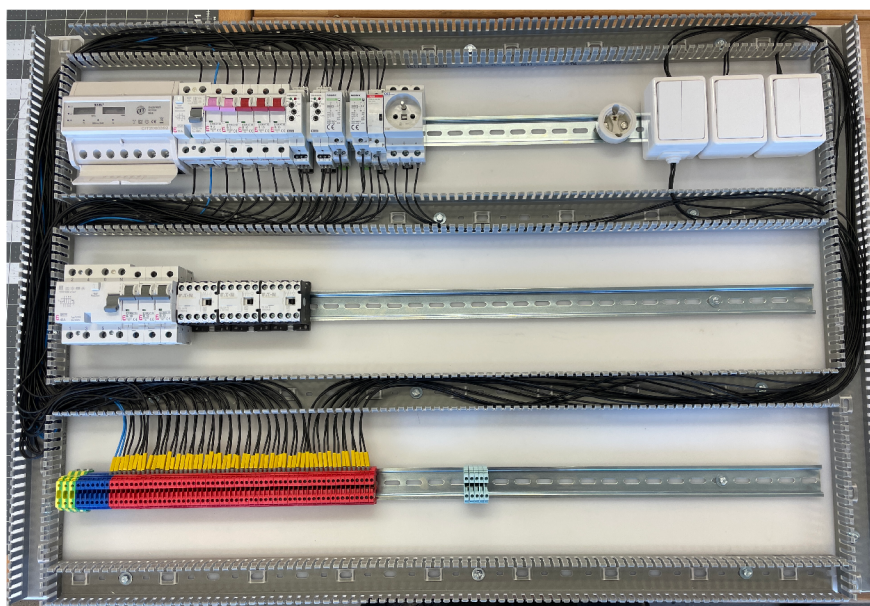
Před realizací bylo nutné zajistit plastovou desku, bez které by nebylo možné koncept realizovat, jelikož se jedná o základní stavební prvek celé desky. Výběr materiálu desky byl konzultován s odborníky ve firmě Multiplast, která sídlí nedaleko Jablonce nad Nisou. Po konzultaci s obsluhou byl vybrán materiál polyetylen, který se vyznačuje vysokou otěruvzdorností a nízkou hmotností. Ve firmě Multiplast byly nařezány desky na přesné rozměry včetně odhranění.

Dalšími věcmi, které musely pořízeny byly DIN lišty, rozvaděčové kanály, vypínače a tlačítka. Všechn tento materiál byl nakoupen v elektrotechnickém obchodě Elfetex. Většina spojovacího materiálu byla dodána firmou Killich s.r.o.

V první řadě byly na desku pomocí šroubů M5x16 přidělány tři přesně nařezané DIN lišty a rozvaděčové kanály. Po nainstalování DIN lišty a kanálů bylo možné osazovat desku všemi dostupnými komponenty. Spodní DIN lišta je určena na řadové svorky, prostřední je určena na třífázový proudový chránič, 16A jističe a stykače a horní lišta na ostatní komponenty. Po zadělání všech komponentů bylo možné u druhé varianty začít rozvádět vývody komponentů pomocí vodičů na připravené svorky. Každý vývod nebo přívod jednotlivého komponentu je zapojen do vlastní předem určené svorky.



Obrázek 6.2: Realizace - první varianta



Obrázek 6.3: Realizace - druhá varianta

6.3 Použité komponenty

6.3.1 Elektroměr

Elektroměr je zařízení, které nám měří spotřebu elektrické energie v domácnosti. Ve většině domácnostech se objevují dvoutarifní elektroměry, které zobrazí spotřebu vysokého tarifu (T1) a nízkého tarifu (T2). Na výukovou desku byl použit elektroměr od firmy EDIN konkrétně model 372L. Elektroměr je třífázový, 7-modulový a dvoutarifní s přímým měřením[34].

6.3.2 Proudový chránič

Proudový chránič byl popsán v kapitole 3.5. Já jsem konkrétně použil Proudový chránič 2P a 4P a reziduálním proudem 30 mA.

6.3.3 Jističe

Jističe a jejich funkce byly již popsány v kapitole 3.4. Já jsem konkrétně použil 2A, 10A a 16A jističe s charakteristikou B.

6.3.4 Stykače

Stykač je přístroj, který se používá ke spínání nebo rozpínání elektrických spojení. Ke spínání dochází díky elektromagnetické cívce uvnitř stykače. Při přivedení napětí na cívku dojde k přitažení kotvy, čímž dojde k propojení kontaktů[35]. Na výukovou desku jsou konkrétně použity stykače se čtyřmi spínacími kontakty. Stykače jsou od firmy EATON.

6.3.5 Řadové svorky

Řadové svorky nám slouží pouze k propojování vodičů nízkého napětí (od 50 V do 1000 V). Svorky se vyrábějí ve šroubových nebo bezšroubových variantách[36]. Na výukovou desku byly použity svorky ve šroubové variantě, konkrétně od firmy Elektro BEČOV.

6.3.6 Multifunkční časové relé

Multifunkční časové relé má v automatizaci, řízení nebo regulaci v domácnostech velké využití. Relé má dvě napájecí svorky a poté vstupní a výstupní svorky pro připojení spínaného obvodu. Relé má deset možných funkcí včetně možnosti nastavení časového rozsahu a konkrétního času. K těmto nastavením se používá křížový šroubovák. Na výukovou desku bylo použito relé s označením CRM-91H/UNI[37].

6.3.7 Impulsní relé

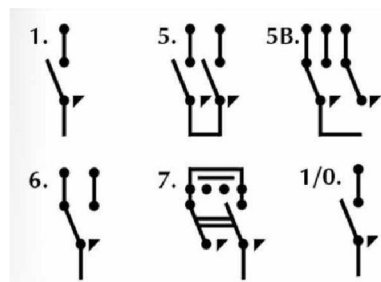
Impulsní relé se používá například ke spínání světelných obvodů. Od bistabilního relé se liší jedním ovládacím vstupem. Při přivedení impulsu (náběžná hrana) se relé sepne, další impuls relé vypne, další zapne atd. Na výukovou desku bylo použito relé od firmy ABB[38].

6.3.8 Instalační relé

Instalační relé se používají především ke spínání elektrických kotlů, bojlerů, osvětlení apod. Například se používá ke spínání bojleru v nízkém tarifu. Na výukovou desku bylo použité relé od firmy Noark[39].

6.3.9 Vypínače a tlačítka

Vypínače a tlačítka bylo použité od firmy ABB. Na výukové desce je jeden vypínač 1+1, jedno tlačítko a vypínač 6+6. Číslování vypínačů se liší podle vnitřního zapojení.



Obrázek 6.4: Číslování vypínačů [40]

Závěr

Cílem teoretické části bylo provést rešerši dostupných výukových kitů a panelů v ČR i zahraničí a seznámit se s problematikou zapojování elektroinstalací. Vše z cílů teoretické části zde bylo popsáno tak, aby byly vidět dostupné možnosti a řešení výukových kitů a také popis základních komponentů používaných v elektroinstalacích včetně různých druhů rozvaděčů a systémových elektroinstalací.

Cílem praktické části bylo navrhnout výukový panel ze znalostí z úvodní rešerše a z dostupných komponentů na FM TUL, SPŠSE a VOŠ v Liberci a také vytvořit technickou a výukovou dokumentaci.

Cíl se podařilo splnit a desku navrhnout a zrealizovat. Výuková deska byla bohužel omezena dostupnými komponenty, proto je tu stále místo na případné doplnění různými komponenty a rozšíření o další možné úlohy. Panel je dosti flexibilní, takže přidání komponentů není nijak složité. Desky byly zrealizovány ve dvou variantách pro porovnání. První varianta je kompletně nezapojená, kde bude žák rozvádět vodiče mezi vývody jednotlivých komponentů. Druhá varianta má všechny vývody vyvedené na svorky, které mezi sebou bude žák propojovat. Dále se poté může diskutovat která z těchto desek je pro výuku přínosnější. Součástí realizace bylo také vypracování vzorových zadání včetně řešení. První zadání je jednoduché zapojení vypínače 6+6 a druhá úloha je zapojení multifunkčního časového relé.

Použitá literatura

- [1] KOHOUT, Jan. *Jak se nejlépe učit pomocí pyramid zapamatování*. 2016. Dostupné také z: <https://jakserychlenaucit.cz/wp-content/uploads/2016/02/pyramida.jpg>.
- [2] DIAMETRAL. *Diametral firma*. 2023. Dostupné také z: <https://larte.cz/>.
- [3] DIAMETRAL. *VarioLab+*. 2023. Dostupné také z: <https://konfigurator.diametral.cz/konfigurace/1>.
- [4] DIAMETRAL. *VarioLab konfigurátor*. 2023. Dostupné také z: <https://konfigurator.diametral.cz/konfigurace/1>.
- [5] DIAMETRAL. *VarioClick deska*. 2023. Dostupné také z: https://larte.cz/wp-content/uploads/2022/03/robustni_200129-DMT_UV-0542.jpg.
- [6] DIAMETRAL. *DC zdroj*. 2023. Dostupné také z: <https://larte.cz/dc-zdroje/>.
- [7] DIAMETRAL. *AC zdroj*. 2023. Dostupné také z: <https://larte.cz/ac-zdroje/>.
- [8] EDIBON. *About us*. 2023. Dostupné také z: <https://www.edibon.com/en/content/who-we-are>.
- [9] EDIBON. *Řízení svítivosti*. 2023. Dostupné také z: https://www.edibon.com/25423-thickbox_default/basic-luminosity-control-application.jpg.
- [10] LUCAS-NUELLE. *About us*. 2023. Dostupné také z: <https://www.lucas-nuelle.us/3453/Company/About-us.htm>.
- [11] LUCAS-NUELLE. *Výukové pracoviště*. 2023. Dostupné také z: https://www.lucas-nuelle.us/images/axilon/NEUBILD/Versuche/E1/E1_EWI_Bl-h310-ar.jpg.
- [12] JINDŘICH, Haišman. *BYTOVÉ ELEKTROINSTALACE a přepětové ochrany*. 2011. Dostupné také z: <https://www.souepl.cz/wp-content/uploads/2020/09/bytov%C3%A9-elektroinstalace-a-p%C5%99ep%C4%9B%C5%A5ov%C3%A9-ochrany.pdf>.
- [13] DVOŘÁČEK, Karel. *Z historie umístění měření a jistících prvků v domovních elektroinstalacích*. 2016. Dostupné také z: <https://elektrika.cz/data/clanky/z-historie-misteni-mereni-a-jisticich-prvku-v-domovnich-elektroinstalacich>.
- [14] SESTAK, Radek. *Historický rozvaděč z roku 1962*. 2017. Dostupné také z: <https://diskuse.elektrika.cz/index.php?action=dlattach;topic=38299.0;attach=34411;image>.

- [15] ELEKTRO. *Časopis ELEKTRO*. FCC Public, s. r. o., 2009. Dostupné také z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39083.pdf>.
- [16] KAVKA, Radovan. *Návrh elektroinstalace rodinného domu*. 2015. Dostupné také z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61905/F3-BP-2015-Kavka-Radovan-Kavka_BP_2015.pdf?sequence=7.
- [17] DOC. ING. JOSEF FORMÁNEK, Ph.D. *Tabulka proudového zatížení vodičů*. 2006. Dostupné také z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvyuka-arvt/Data/ivk-arvt-soubory/03-F.pdf>.
- [18] FEL. *Tabulka způsobů uložení vodičů*. 2016. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/15842244-Dimenzovani-vodicu-v-rozvodech-nn.html>.
- [19] ELECTREND. *B, C, D – co znamenají tato písmena na jističích?* 2021. Dostupné také z: <https://www.legrand.cz/electrend/elektroinstalace/b-c-d-co-znamenaji-tato-pismena-na-jisticich/>.
- [20] ELECTREND. *B, C, D – co znamenají tato písmena na jističích?* 2021. Dostupné také z: <https://www.legrand.cz/electrend/wp-assets/uploads/2020/01/CZ-verzia.png>.
- [21] MYLMS. *Jak funguje proudový chránič*. 2017. Dostupné také z: <https://www.mylms.cz/jak-funguje-a-jak-zapojit-proudovy-chranic/>.
- [22] SVEJKOVSKÝ, Jirka Š. *Graf účinků proudu na lidské tělo*. 2019. Dostupné také z: <https://diskuse.elektrika.cz/index.php/topic,41137.0.html/view>.
- [23] RANDA, Ing. Michal. *Jak vybrat správný rozvaděč pro rodinný dům nebo byt. Jaký je rozdíl mezi elektroměrovým a domovním rozvaděčem?* 2021. Dostupné také z: <https://www.estav.cz/cz/10298.jak-vybrat-spravny-rozvadec-pro-rodinny-dum-nebo-byt-a-jaky-je-rozdil-mezi-elektromerovym-a-domovnim-rozvadecem>.
- [24] WIKIPEDIA. *Elektroměrový rozvaděč*. 2005. Dostupné také z: https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Elektrom%C4%9Brov%C3%BD_rozvad%C4%9B%C4%8D_PER_2.JPG.
- [25] VERAN. *Stavební rozvaděč*. 2023. Dostupné také z: <https://www.veran.cz/eshop/2700/stavebni-rozvadec-s-jistici-1x400v16a-5p-2x230v-ip44.jpg>.
- [26] ZVOLÁNEK, Michal. *Inteligentní řízení a zabezpečení domů s využitím informačních a komunikačních technologií*. 2008. Dostupné také z: https://wiki.control.fel.cvut.cz/mediawiki/images/f/f4/Bp_2008_zvolanek_michal.pdf.
- [27] HOBBYTECHNIK. *Grafické porovnání centralizovaného (A) a decentralizovaného (B) systému*. 2014. Dostupné také z: <https://www.hobbytechnik.cz/unovolta/uv-101/>.
- [28] ELEKTRO. *Systémová elektroinstalace*. FCC Public, s. r. o., 2021. Dostupné také z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/systemove-elektroinstalace--17769>.
- [29] KNX. *KNX základy*. Dostupné také z: https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_cz.pdf.

- [30] KIM, Byoung-Hee. *Towards LonWorks technology and its applications to automation*. IEEE, 2000. Dostupné také z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=866025>.
- [31] X10. *What is X10 Home Automation*. 2023. Dostupné také z: <https://www.x10.com/pages/allaboutx10>.
- [32] LUCAS-NUELLE. *Montážní cvičení v technologii instalace budov* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: https://www.lucas-nuelle.us/images/axilon/NEUBILD/Versuche/E1/E1_EWI1-h310-ar.jpg.
- [33] HOBBYTECHNIK. *Výukový panel Uno Volta UV-101*. 2023. Dostupné také z: <https://www.hobbytechnik.cz/uno-volta/uv-101/>.
- [34] ELEMAN. *Elektroměr EDIN 372L*. 2023. Dostupné také z: <https://www.eshop.eleman.cz/elektromer-edin-372l-100a-7mod-lcd-3-faz-2-tar-podruzny>.
- [35] ELECTREND, Redakce. *Stykače – co byste o nich měli vědět*. 2021. Dostupné také z: <https://www.legrand.cz/electrend/zabezpeceni/stykace-co-byste-o-nich-meli-vedet/>.
- [36] BEČOV, Elektro. *01 Jednopolové řadové svorky RSA*. 2023. Dostupné také z: <https://eshop.elektrobecov.cz/jednopolove-radove-svorky-rsa.html>.
- [37] ELKO EP, s.r.o. *Multifunkční časové relé*. 2020. Dostupné také z: https://www.elkoep.cz/media/import/Elko/CRM-91H/CS/Manual_CRM-9xH.pdf.
- [38] ELEKTRO, KV. *Impulzní relé s funkcí centrální i lokální OEZ MIR-16-001-A230*. 2023. Dostupné také z: <https://www.kvelektro.cz/impulzni-rele-s-funkci-centralni-i-lokalni-oez-mir-16-001-a230-p1172304>.
- [39] SUCHOMEL, Ing. Zdeněk. *OEZ – vše pro domovní instalace – instalační stykače RSI a instalační relé RPI*. FCC Public, s. r. o., 2017. Dostupné také z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/systemove-elektroinstalace--17769>.
- [40] ELEKTROMATERIÁLY. *Základní rozdělení domovních vypínačů*. 2020. Dostupné také z: <https://www.elektromaterialy.cz/fotky71717/Druhy%20Vyp%C3%ADna%C4%8D%C5%AF.jpg>.

A Přílohy

A.1 Vzorová úloha 1



Zapojení ovládání osvětlení ze dvou míst

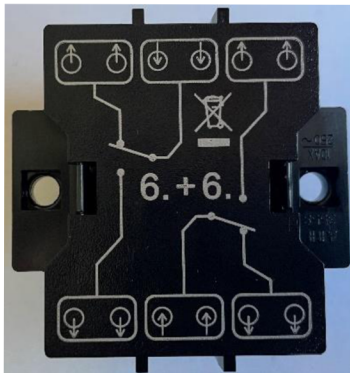
Zadání:

Na výukové desce zapojte vypínač 6+6, kterým bude ovládána jedna žárovka.

Použité komponenty:

1. **Proudový chránič** - EFI-P2 A 25/0,03
2. **Jistič** - ETIMA COLOUR B 1p 2A 10kA
3. **Vypínač** ABB 6+6

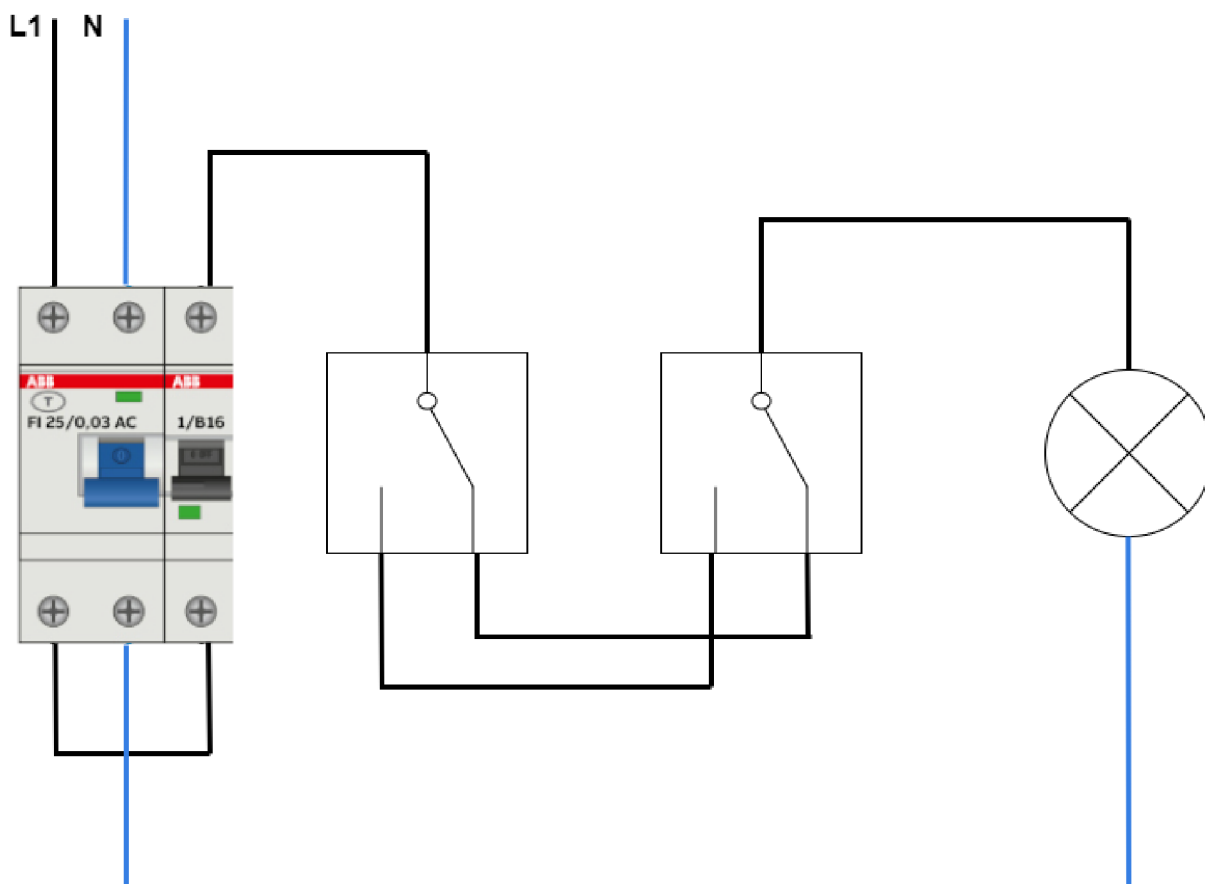
Vnitřní zapojení:



4. **Objímka** se žárovkou



Řešení:



Poznámky:

Označení proudových chráničů a jističů jsou pouze ilustrativní.

A.2 Vzorová úloha 2



Zapojení multifunkčního časového relé (zpožděné zapnutí)

Zadání:

Na výukové desce zapojte vypínač tak aby se po stisknutí vypínače rozsvítila žárovka se zpožděním 1s. Při vypnutí vypínače se žárovka okamžitě vypne. Pro spínání žárovky použijte instalační relé.

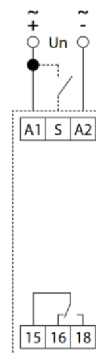
Použité komponenty:

1. **Proudový chránič** - EFI-P2 A 25/0,03
2. **Jistič** - ETIMA COLOUR B 1p 2A 10kA
3. **Multifunkční časové relé** - CRM-91H/UNI



Zpožděný rozběh
(ON DELAY)

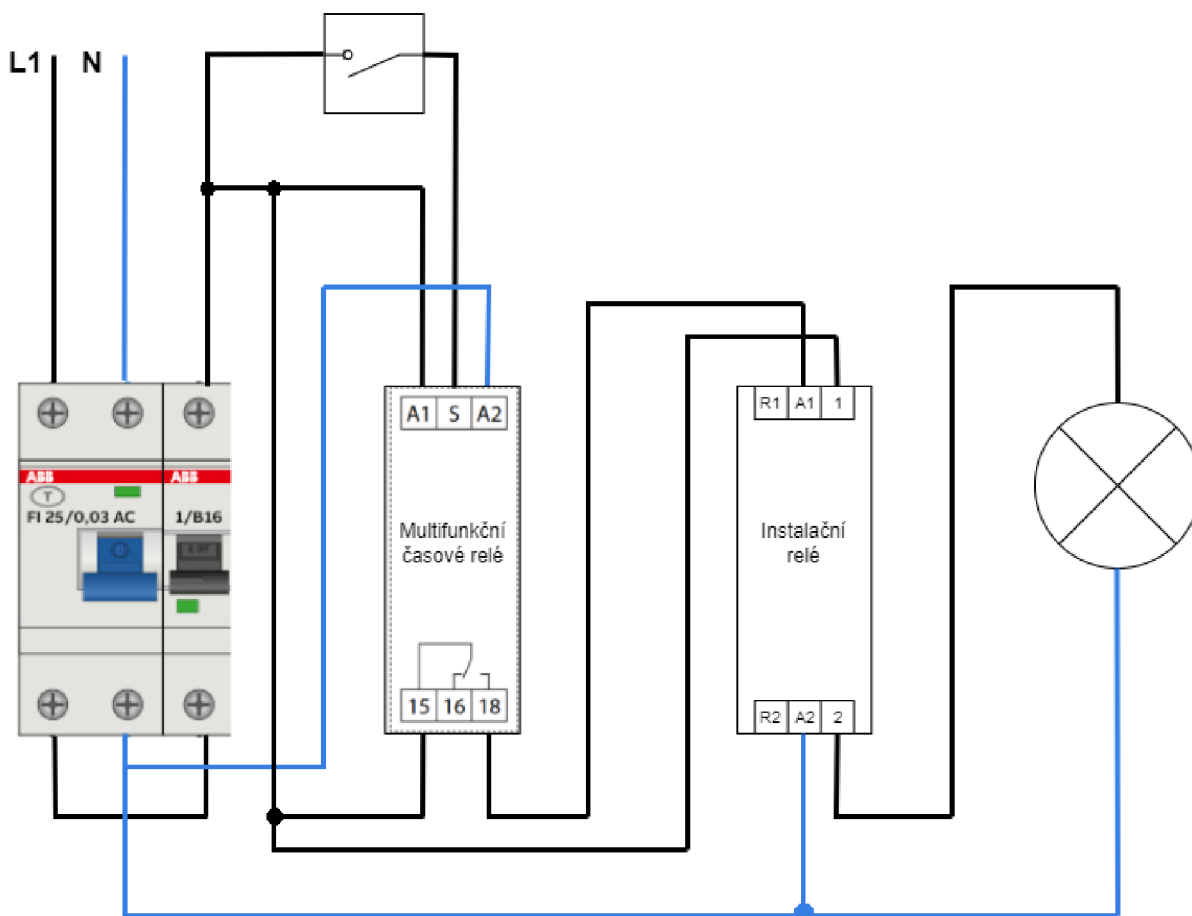
CRM-91H



4. **Instalační relé** - Ex9CH20 11
5. **Vypínač** ABB 1+1
6. **Objímka** se žárovkou



Řešení:



Poznámky:

Označení proudových chráničů a jističů jsou pouze ilustrativní.