

# **Projektové řešení laboratoře výuky prvků inteligentní elektroinstalace**

The project on a training laboratory for intelligent  
electrical set components

Bc. Roman Velký

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Roman VELKÝ**

Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Projektové řešení laboratoře výuky prvků  
inteligentní elektroinstalace.**

Zásady pro vypracování:

1. Porovnejte klasickou silnoproudou elektroinstalaci a elektroinstalaci řízenou inteligentními prvky.
2. Vypracujte literární rešerši systémů inteligentní elektroinstalace, metod, přístupu a řešení.
3. Vyberte vhodné řešení z dostupných systémů, uveďte důvody.
4. Navrhněte systém laboratoře výuky inteligentní elektroinstalace.
5. Navrhněte trenažéry pro výuku inteligentní elektroinstalace.
6. Vypracujte návrh začlenění inteligentních prvků do výukových osnov.
7. Zpracujte podklady a vypracujte projekt systému laboratoře.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. DVORÁČEK, Karel. Speciální elektroinstalace. Brno ERA Group spol. s r.o. 2005. 104 s. ISBN 80-7366-018-0
2. Altmann W. Practical Process Control for Engineers and Technicians. ELSEVIER, 2006, s. 290, ISBN 978-0-7506-6400-4
3. HRUŠKA, F. Technické prostředky informatiky a automatizace. Učební texty. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, duben 2007, s.193. ISBN 978-80-7318-535-0
4. CHUDÝ, V. a kol. Meranie technických veličín. Bratislava: STU, 1999. ISBN 80-227-1275-2
5. labi.fai.utb.cz : Příklad řešení laboratorních úloh
6. KUNC, Josef. Komfortní a úsporná elektroinstalace. 2. vyd. Brno ERA Group spol. s r.o. 2003. 120 s. ISBN 80-86517-14-4
7. VALEŠ, Miroslav. Inteligentní dům. Brno ERA Group spol. s r.o., 2006. 136 s. ISBN 80-7366-062-8
8. STÝSKALÍK, Jiří Bc. Inteligentní elektroinstalace budov INELS® : Instalační příručka. 1. vyd. Holešov, 2009. 56 s

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. František Hruška, Ph.D.**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**8. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem začlenění prvků inteligentní elektroinstalace do výuky odborného výcviku učebních oborů Elektrikář na Střední průmyslové škole polytechnické – Centrum odborné přípravy Zlín. Práce objasní rozdíly mezi klasickou elektroinstalací a instalací s použitím inteligentních prvků, dále navrhne řešení odborné učebny a cvičných trenažérů. Celá práce bude zakončena projektem této nové učebny pro výuku inteligentních systémů včetně výkresové dokumentace a rozpočtu.

Klíčová slova:

Elektrická instalace, sběrnice, centrální jednotka, akční člen, snímač, senzor, rozvaděč, trenažér, databázový server, IP adresa, LAN.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the proposal to incorporate the components of intelligent electrical set into vocational training for the "electrician" subject field at the Secondary School of Polytechnics – Vocational Training Centre in Zlín. The thesis clarifies the differences between classic electrical set and the set using the intelligent components. Furthermore, it highlights possible solutions for the training classroom and equipment. The work concludes with an overview of the project for this new intelligent systems classroom including drawing documentation and a budget.

Keywords:

Electrical set, bus, central unit, actuator network, scanner, sensor, switchboard, trainer, database server, IP address, LAN.

Poděkování, motto

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Františku Hruškovi Ph.D. za významnou metodickou a technickou pomoc, kterou mi poskytl při jejím zpracování.

Dále děkuji p. Janu Glierovi za neocenitelný přínos při technickém řešení mé práce.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 4. června 2010

podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 POROVNÁNÍ KLASICKÉ A INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE</b> .....	<b>13</b>
1.1 KLASICKÁ ELEKTROINSTALACE .....	13
1.2 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE.....	15
<b>2 PŘEHLED NABÍZENÝCH SYSTÉMŮ INTELIGENTNÍCH ELEKTROINSTALACÍ</b> .....	<b>21</b>
2.1 ELKO EP.....	21
2.1.1 INELS .....	21
2.2 MÖELLER .....	23
2.2.1 Nikobus .....	23
2.2.2 Xcomfort .....	26
2.3 ABB.....	27
2.3.1 Ego-n.....	27
2.3.2 ABB/KNX.....	29
2.4 SHRUTÍ.....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>32</b>
<b>3 NÁVRH SYSTÉMU LABORATOŘE</b> .....	<b>33</b>
3.1 SILNOPROUDÁ ELEKTROINSTALACE UČEBNÝ ODBORNÉHO VÝCVIKU.....	33
3.1.1 Silnoprůdové obvody nepřetržitého provozu .....	35
3.1.2 Silnoprůdové obvody pro provoz učebny .....	35
3.1.3 Silové obvody pro napájení výpočetní techniky .....	35
3.1.4 Obvody zapojené přes bezpečnostní funkci Central STOP .....	35
3.2 OBVODY INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE V UČEBNĚ ODBORNÉHO VÝCVIKU .....	36
3.2.1 Instalační sběrnice CIB .....	37
3.2.2 Osvětlení .....	37
3.2.3 Žaluzie.....	37
3.2.4 Klimatizace, stropní ventilátor.....	37
3.2.5 Regulace topných těles ústředního vytápění.....	38
3.2.6 Kontrola kvality napájecího napětí .....	39
3.2.7 Nadstandardní funkce.....	39
3.3 SLABOPROUDÉ ROZVODY .....	40
3.4 PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM, EZS A EPS .....	40
3.5 VIZUALIZACE SYSTÉMU AUTOMATIZACE.....	41
3.6 SHRUTÍ.....	41
<b>4 NÁVRH TRENAŽÉRŮ</b> .....	<b>42</b>

4.1	TRENAŽÉRY PRO VÝUKU SBĚRNICOVÝCH SYSTÉMŮ.....	42
4.2	TRENAŽÉRY PRO VÝUKU BEZDRÁTOVÝCH SYSTÉMŮ .....	44
4.3	TRENAŽÉRY PRO VÝUKU ZABEZPEČENÍ OBJEKTŮ.....	44
4.4	ELEKTROINSTALAČNÍ STĚNA .....	45
4.4.1	Konstrukce .....	45
4.4.2	Vybavení .....	47
4.4.3	Modulárnost provedení .....	48
4.5	VÝUKA REGULACE VYTÁPĚNÍ.....	49
4.6	VÝUKA OVLÁDÁNÍ ŽALUZIÍ .....	50
<b>5</b>	<b>VÝBĚR VHODNÉHO ŘEŠENÍ .....</b>	<b>52</b>
5.1	HLAVNÍ KRITÉRIA VÝBĚRU .....	52
5.2	VÝBĚR SYSTÉMU A ZDŮVODNĚNÍ VÝBĚRU .....	52
5.2.1	Sběrníkový systém učebny odborného výcviku silnoproudých oborů.....	52
5.2.2	Materiál pro cvičné trenažéry .....	53
5.3	POPIS VYBRANÉHO SYSTÉMU - INELS .....	55
5.3.1	Možnosti uplatnění a nasazení systému INELS: [5], [14] .....	56
5.3.2	Instalační sběrnice.....	56
	Topologie instalační sběrnice.....	57
5.3.3	Systémová sběrnice TCL 2 .....	58
5.3.4	Centrální jednotka CU2-01M.....	58
5.3.5	Akční členy systému INELS [5], [13], [14].....	59
5.3.6	Převodníky [5], [13], [14] .....	59
5.3.7	Jednotky vstupů [5], [13], [14].....	59
5.3.8	Tlačítka, termostaty a ostatní jednotky [5], [13], [14] .....	59
5.3.9	Komponenty EZS .....	60
<b>6</b>	<b>ZAČLENĚNÍ DO VÝUKOVÝCH OSNOV .....</b>	<b>62</b>
6.1	DRUHÝ ROČNÍ UČEBNÍHO OBORU ELEKTRIKÁŘ .....	62
6.1.1	Obecný popis a charakteristika inteligentních obvodů .....	62
6.2	TŘETÍ ROČNÍK UČEBNÍHO OBORU ELEKTRIKÁŘ .....	63
6.2.1	Obecné dělení a uplatnění systémů domovní automatizace.....	63
6.2.2	Konkrétní systémy inteligentní elektroinstalace .....	63
6.2.3	Vizualizace .....	63
<b>7</b>	<b>PROJEKT SYSTÉMU LABORATOŘE .....</b>	<b>64</b>
7.1	POPIS PROJEKTU .....	64
7.1.1	Účel a rozsah projektu.....	64
7.1.2	Projekt nezahrnuje.....	65
7.1.3	Výchozí podklady .....	65
7.1.4	Výchozí závazné normativní dokumenty .....	65
7.1.5	Určení vnějších vlivů .....	67
7.1.6	Elektrické napájení, požadavky na kvalitu napájecí energie .....	67
7.1.7	Požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie.....	67
7.1.8	Ochrana před úrazem elektrickým proudem .....	67



7.2	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	68
7.2.1	Připojení ke zdroji elektrické energie .....	68
7.2.2	Provedení rozvaděčů .....	70
7.2.3	Kabelové trasy .....	74
7.2.4	Světelná instalace .....	77
7.2.5	Silová instalace – zásuvková.....	79
7.2.6	Vytápění, klimatizace a stropní ventilátor .....	81
7.2.7	Žaluzie, elektrické promítací plátno.....	82
7.2.8	EZS, EPS .....	84
7.2.9	Systémová instalace INELS .....	85
7.2.10	Slaboproudá instalace.....	86
7.2.11	Vizualizace .....	87
7.3	POŽADAVKY NA KRYTÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ .....	87
7.4	STAVEBNÍ ÚPRAVY .....	87
7.5	BEZPEČNOST PRÁCE .....	87
7.6	ÚDRŽBA .....	88
7.7	HARMONOGRAM PROJEKTU .....	88
7.8	ROZPOČET .....	88
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>89</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>93</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>100</b>

## ÚVOD

S rostoucími nároky na elektrické instalace je klasické ukládání elektrických rozvodů komplikovanější. Při vysokých požadavcích na komfort a na vysoké počty funkcí spojených s řízením provozu jednotlivých místností i celého objektu se navíc často dostáváme na hranice možností klasických elektrických instalací. Proto se již před desítkami let začaly vyvíjet řídicí systémy, jejichž účelem bylo umožnit co nejefektivnější využívání energií při zachování maximální míry komfortu. Výsledkem tohoto vývoje jsou řídicí systémy různých výrobců využívající centralizovaného nebo decentralizovaného řízení. Můžeme řídit jen některé nebo i všechny funkce budov. [2]

Největší význam mají tyto technologie samozřejmě u rozlehlých budov, především mnohapatrových administrativních budov, ve kterých se nabízí možnost plně využít potenciálu těchto systémů. Pokud budeme mluvit o standardu EIB, který je pro zmíněné aplikace nejvhodnější, vytvoříme budovu regulující všechny své systémy v závislosti na měnících se podmínkách s cílem zefektivnit a zpříjemnit práci uživatelů a zajistit maximální úspory energií. Značka EIB zaručuje kvalitu a kompatibilitu těchto systémů nasazovaných v aplikacích s velkým počtem regulačních prvků a jejich akčních zásahů.

Na opačné straně stojí využití inteligentních systémů v domácnostech nejen z důvodu úspor, ale hlavně z důvodu zvýšení komfortu uživatelů a zajištění ideálních světelných, tepelných a dalších podmínek pro jejich činnost. Zde si dovoluji jeden citát: „Inteligentní dům v nejširším možném slova smyslu je budova vybavená počítačovou a komunikační technikou, která předvídá a reaguje na potřeby obyvatel s cílem zvýšit jejich komfort, pohodlí, snížit spotřebu energií, poskytnout jim bezpečí a zábavu pomocí řízení všech technologií v domě a jejich interakcí s vnějším světem.“ [4]

V dnešní době už nelze striktně dělit elektrotechnické disciplíny a obory na slaboproudé a silnoproudé. Rozdíl mezi těmito obory je zkrátka stále menší. Slaboproudá a silnoproudá elektrotechnika se prolínají a v inteligentních systémech řízení budov se dokonale doplňují. Již nějakou dobu je samozřejmostí využívání mikroprocesorů nebo PLC v zařízeních silnoproudé elektrotechniky. Dnešní absolventi silnoproudých oborů už nevystačí se správným dimenzováním a jištěním vedení, návrhem uložení a typu kabelů nebo zapojením rozvaděčů a napájecích obvodů spotřebičů. Požadavky, které na ně dnes klade trh práce, jsou mnohem komplexnějšího rázu a stále více souvisejí s využitím počítačů a dalších moderních technologií.

Toto projektové řešení se zabývá zavedením zmíněných technologií do výuky odborného výcviku silnoproudých učebních oborů na Střední průmyslové škole polytechnické – Centrum odborné přípravy Zlín. Jedná se o střední školu, kterou v současné době opouští největší počet absolventů učňovských oborů – elektrikářů v regionu Zlín. Zadání projektu vzešlo od managementu naší školy s cílem zachovat a zvýšit teoretické a praktické kompetence našich studentů, a tím zvýšit i jejich hodnotu a možnosti na trhu práce.

Projekt pojednává o kompletní přestavbě nejen vybavení a zařízení učebny, ale také o změně filozofie a zaměření celé praktické výuky. Koncepce učebny a výukových trenažerů je zaměřena na aplikace v rodinných domech a bytech a jen okrajově se dotýká rozlehlejších systémů nebo průmyslových aplikací. Je to ovlivněno převážně reálnými schopnostmi našich studentů, finančními prostředky i učebními prostory a použitelností získaných informací studentů v další odborné praxi.

V projektu popíší hlavní přínosy inteligentních systémů pro uživatele i řemeslníky, dostupné systémy pro cílové aplikace a vyberu vhodné řešení pro naše účely. V další části navrhnu systém cvičných trenažerů a možný směr výuky a v poslední části detailně rozvedu projekt výstavby odborné učebny včetně výkresové dokumentace, tabulky specifikací a rozpočtu.

## **TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 POROVNÁNÍ KLASICKÉ A INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE

V této kapitole teoretické části se zabývám obecným popisem klasické a inteligentní elektroinstalace, jejich charakteristikami a vzájemnými rozdíly, popsáním jejich výhod a aplikací, ve kterých má jejich použití smysl. Vycházel jsem z materiálů výrobců a realizačních firem, technické literatury a veřejně dostupných informací na Internetu.

## 1.1 Klasická elektroinstalace

„Historie klasické elektroinstalace se datuje na konec 19. století, kdy byl od uživatelů požadavek na ovládání několika svítidel v domě. V dnešní době se klasická elektroinstalace používá stále ve velké míře pro ovládání osvětlení, ale také pro ovládání zásuvek, rolet, žaluzií, topení a dalších spotřebičů“. [3]

Investor je nucen již ve fázi projektu, nejpozději při hrubé stavbě, učinit rozhodnutí o umístění a ovládání spotřebičů. Jakákoliv pozdější změna funkcionality znamená pro majitele vícenáklady na úpravu elektroinstalace, spojené většinou s hrubým zásahem do stavebních konstrukcí. [3]

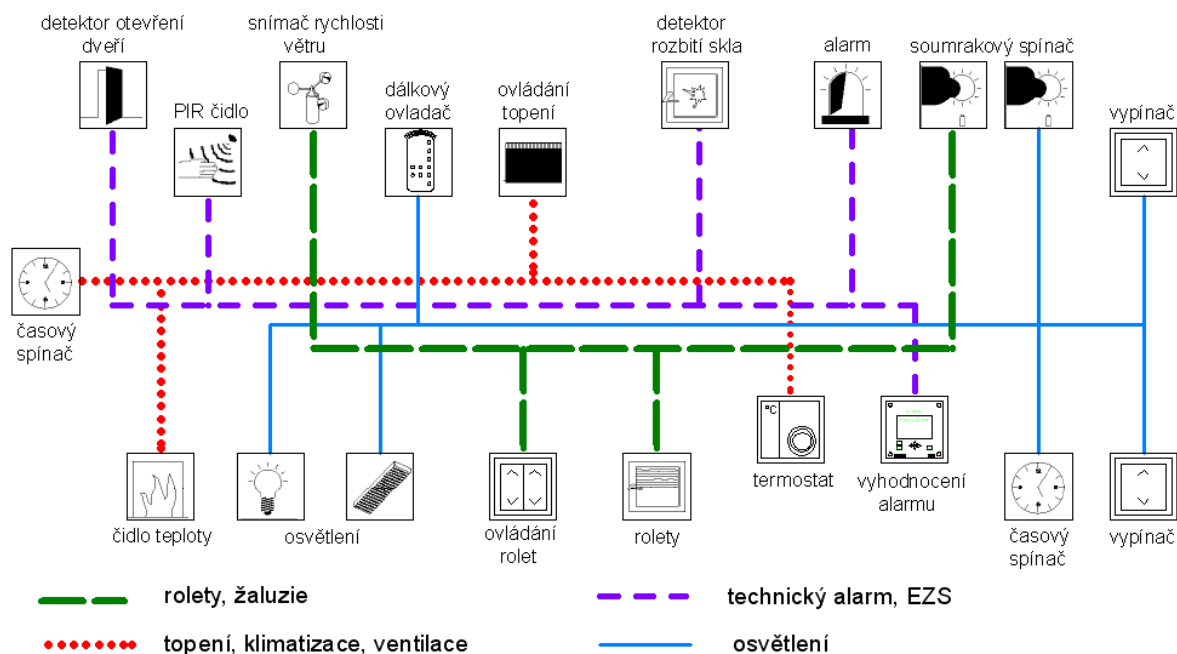
Klasická elektroinstalace se skládá z různých samostatných obvodů (ovládání osvětlení, ovládání topení, ovládání rolet, žaluzií apod.). Všechna zapojení jsou v klasické elektroinstalaci pevná – neměnná. Neposílají se žádné informace nadřazeným systémům, ale spíná se přímo obvod příslušného spotřebiče. [1]

Pro dosažení požadovaných funkcí je tedy nutné vzájemně propojovat spínací přístroje a jimi ovládané spotřebiče silovým vedením ve stejných silových obvodech. V budově se samostatně spínanými svítidly nebo skupinami svítidel za použití klasických technik můžeme dokonce vytvořit jednu společnou centrální funkci pro vypínání. Při správné činnosti se centrálním vypnutím nesmí zabránit případnému opětovnému lokálnímu zapnutí kteréhokoliv z nich. [2]

Již při použití klasické elektroinstalace se objevovaly požadavky na předávání informací mezi jednotlivými obvody. Jako příklad můžeme uvést komunikaci mezi žaluziemi, systémem zabezpečení objektu, povětrnostní stanicí a centrálním ovládáním. Podobně se vyskytovaly požadavky na ovládání pohonů vrat a dveří, vytápění, větrání nebo klimatizaci

v závislosti na měnících se podmínkách. Klasická elektroinstalace tyto funkce umožňovala, ale jen v omezené míře a velmi komplikovaným způsobem. [10]

Je tedy zřejmé, že klasickou instalací nemusíme rozumět pouze použití elektromechanických spínačů pro ovládání osvětlení a několik zásuvkových okruhů. Pod tímto pojmem bychom měli rozumět také využití celé škály různých řídicích systémů, z nichž každý je určen pro řízení konkrétního oboru funkcí. I v případě použití těch nejmodernějších lokálních řídicích systémů nedosáhneme na vrchol možných úspor provozních nákladů. Je to hlavně z důvodu nemožnosti spolupráce jednotlivých dílčích systémů. Příklad možného zapojení je uveden na následujícím obrázku. [2], [10]



Obr. 1 Blokové schéma propojení zařízení u klasické elektroinstalace [10]

Jedna z nevýhod konvenční elektroinstalace je, že projektování je komplexní a jakákoliv změna funkce, počtu spotřebičů nebo ovládání je spojena s velkými investicemi a zpravidla i se značnými stavebními zásahy. Většinou se nevyhne vysekání drážek do zdí, provrtání či prosekání prostupů apod. Kabeláž je často také poněkud nepřehledná a většinu poruch na vedení elektrické energie je celkem složité nalézt. Rovněž skupinová (centrální) ovládání naráží na jasná omezení a limity. [1]

Hlavní a základní funkcí klasické elektroinstalace je zajistit spolehlivý a bezporuchový provoz elektrických zařízení, který nebude ohrožovat zdraví osob ani majetek svým provozem. Tato podmínka musí platit i obráceně, tedy prostředí, ve kterém je elektroinstalace umístěna a ani osoby či zvířata v tomto prostředí se pohybující, nesmí mít

negativní vliv na samotnou elektrickou instalaci. To znamená, že základem každé elektroinstalace jsou jistící a ochranné prvky, správně navržené typy, provedení, uložení a průřezy vodičů, spínací a ovládací prvky a v neposlední řadě také spotřebiče. Tato funkce elektroinstalace se nemění od počátků a bude stejně důležitá i v budoucnosti. To vše bez ohledu na použití modulů automatizace, regulace nebo zabezpečení.

Základním pravidlem pro správně zhotovené elektrické instalace je tedy dodržení bezpečnostních a předpisových norem, mezi něž patří především soubor norem řady ČSN 33 2000. Samozřejmostí je i zpracování projektu elektroinstalace a její montáže odborníky s platnými ověřeními způsobilosti pro projektování a montáž elektrických zařízení podle vyhlášky č 50/1978 Sb. „O odborné způsobilosti v elektrotechnice“. [11]

## 1.2 Inteligentní elektroinstalace

Na úvod této kapitoly bych si dovolil opět jeden citát, který nám nastíní problematiku elektroinstalace v dnešní domácnosti, ale hlavně nám naznačí budoucí trendy v této oblasti. „V moderním domě jde zejména o úspory, pohodlí a komfort, dům je místem odpočinku a příjemných chvil strávených s rodinou nebo přáteli.“ [5]

Přibyla spousta nových systémů pro zabezpečení, řízení a pohodlí domova, což v klasické elektroinstalaci představuje problém s velkým množstvím vodičů, ovládacích míst a složitou elektroinstalací pro dosažení požadovaných funkcí. Tyto problémy se začaly řešit teprve před několika lety, čímž vznikl nový standard pro provádění elektroinstalací, tzv. automatizace budov. Automatizované domy řízené po sběrnici přinesly jednoduchost instalace, rozmanitější možnosti ovládání a možnost změny funkčnosti instalace. Světelné scény, nastavování vytápění v závislostech na měnících se podmínkách a potřebách uživatele, jsou ve sběrnicovém systému samozřejmostí. [5], [14]

Tady bych si dovolil další citát, který nám fakticky definuje automatizaci budov. „Automatizovaný systém řízení je systém, který samočinně vyhodnocuje okamžitý stav snímaných fyzikálních veličin a při jejich změně nad stanovenou mez zpravidla provádí regulační zásah. Někdy může být zpráva o překročení provozních parametrů pouze předána obsluze (opticky - alfanumerická hlášení, akusticky - siréna apod.) a samotný zásah ponechán na rozhodnutí obsluhy.“ [12]

Sběrníková elektroinstalace tedy umožňuje zvýšení komfortu a variability elektroinstalací. Základním rozdílem proti klasické elektroinstalaci je způsob vedení kabeláže, který postup montáže velmi zjednodušuje. Elektroinstalatér dostává možnost elektroinstalaci snadno rozšířit, změnit funkce ovladačů, ovládat spotřebiče nebo celý systém na dálku a další funkce, které by byly v klasické elektroinstalaci jen obtížně realizovatelné. [3]

V systémových instalacích bude tedy zajištěna nejen vysoká úroveň komfortu ovládání všech funkcí, ale hlavně vzájemné propojení řízení všech funkcí. To má za následek, že se tyto systémy a obvody mohou podporovat, mohou spolupracovat a tím dosáhnout menšího počtu ovládacích prvků, návaznost jednotlivých úkonů a v neposlední řadě maximální míru optimalizace a úspor. [2]

Výrobci těchto systémů většinou udávají hodnoty úspor provozních nákladů kolem 30%. Samozřejmě při srovnání sběrníkové elektroinstalace oproti instalaci, která je vybavena na sobě nezávislými řídicími systémy, které dovedou řídit jednotlivé funkce obdobným způsobem. Tyto systémy pouze nedovedou vzájemně spolupracovat. Nelze porovnávat inteligentní systémy a systémy bez jakékoliv regulace. [2]

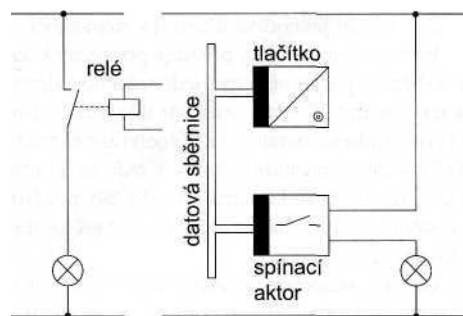
Nejvýznamnější funkcí inteligentních systémů je tedy řízení všech funkcí jediným společným systémem nebo zabezpečení spolupráce všech použitých dílčích systémů tak, aby se mohly vzájemně podporovat. Z toho pramení eliminace zbytečné spotřeby energie, omezení plýtvání energií a současně zabezpečení maximálního komfortu při užívání objektů. [2]

Systémová elektroinstalace nenachází své uplatnění jen při regulaci osvětlení, vytápění, chlazení, větrání, ovládání žaluzií a dalších technologických souborů, ale i pokud je třeba získat informace o energeticko-provozní situaci v budově a při požadavcích zachytit historii a průběh této situace nebo její vizualizace přes různá média (displej, televizní obrazovka, osobní počítač, telefonní síť, síť ISDN, Internet atd.). [12]

Co je to vlastně inteligentní nebo systémová elektroinstalace? Je třeba si uvědomit, že základem těchto instalací je stále klasická elektroinstalace. Myslíme tím jištění, chrániče, přepěťové ochrany, správně navržené, dimenzované a uložené kabely, správně a kvalitně provedené ochrany před nebezpečným dotykem živých a neživých částí, dodržení všech souvisejících elektrotechnických norem a vyhlášek nebo dodržení zásad ochrany zdraví a životního prostředí. Samotná inteligence je pouze „nadstavba“ klasické elektroinstalace.

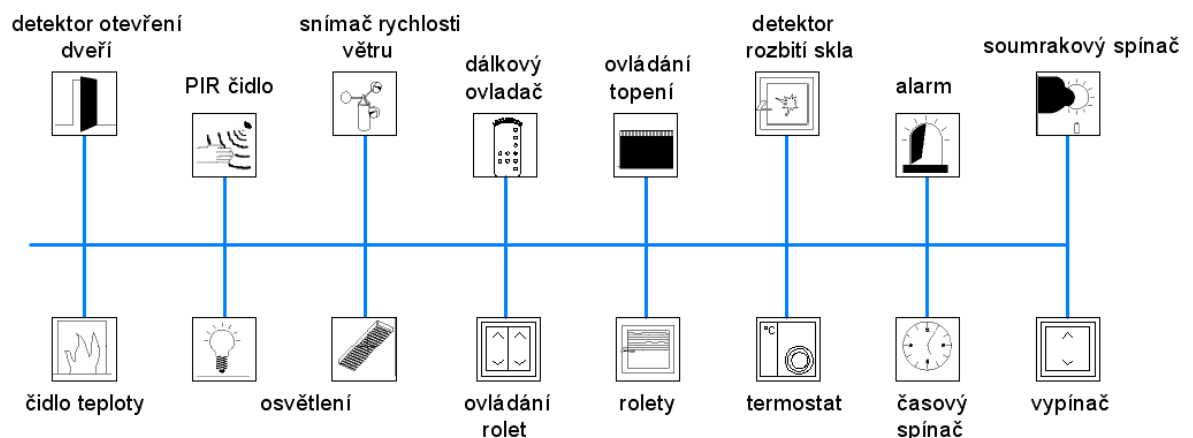


Inteligentní elektroinstalace rovněž neznamená, že je to nějaká samostatně myslící a uvažující elektroinstalace, ale pouze trendové označení pro automatizaci, regulaci, měření a následnou optimalizaci elektrických instalací bytů, rodinných domů nebo průmyslových objektů. Na následujícím obrázku je ukázka porovnání ovládání žárovky klasickým způsobem a systémovou elektroinstalací.



Obr. 2 Spínání žárovky pomocí sběrnicové elektroinstalace [12]

Princip činnosti tohoto druhu instalace je odlišný od klasické elektroinstalace (Obr. 2). Zatímco u klasického řešení slouží k přenosu informace (zapnuto/vypnuto) silové vedení, u techniky domovní automatizace je informační část oddělena od silové. Informace pro řídicí, spínací a snímací moduly je přenášena po samostatném dvojvodičovém vedení - datové sběrnici. Tato sběrnice je většinou provedena sdělovacími kabely menšího průřezu. Výrobce každého systému zpravidla doporučuje použít ověřený nebo typizovaný kabel. To znamená úsporu nejen materiálu, ale hlavně pracnosti při chystání kabelových tras, časové náročnosti na montáž a také zajímavé snížení rozsahu hrubých stavebních prací a tím i prašnosti při rekonstrukci. [12]



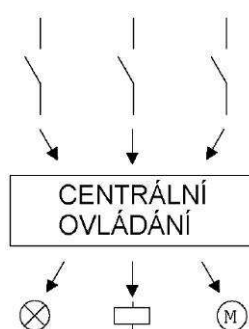
Obr. 3 Blokové schéma zapojení sběrnicového systému [1]

Prvky, které ovládají spotřebiče, jsou umístěné v tomto rozvaděči nebo přímo v elektroinstalační krabici u spotřebiče. Těmto prvkům říkáme akční členy nebo zkráceně aktory. Tyto prvky provádí akční zásahy do elektrické instalace na základě dat, která získávají snímací prvky (zkráceně snímače). Jako příklad si můžeme uvést povětrnostní stanici, tepelné senzory, senzory vlhkosti, kvality ovzduší, pohybová čidla, různé druhy kontaktů, průtokoměry a podobně. [12]

Pod pojmem sběrnice je myšleno přenosové médium, k němuž jsou připojeni různí účastníci, kteří si po této sběrnici vyměňují informace. V závislosti na použitém systému mohou sloužit pro přenos informací a zároveň pro napájení připojených účastníků - senzorů. Tato sběrnice je napájena malým bezpečným napětím – SELV (1 – 50V) [1], [10]

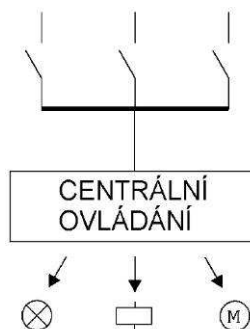
Existují v podstatě tři systémy těchto instalací:

**Centralizované systémy** – vstupní obvody (spínače, senzory atd.) a výstupní obvody (svítidla, spotřebiče atd.) jsou propojeny s centrálním řízením hvězdicově. Každý účastník (senzor, případně spotřebič) má vlastní spojení s centrálním řízením. Účastníci nemohou vzájemně komunikovat přímo, ale jen prostřednictvím této centrály. Tento způsob se používá často například u programovatelných automatů (PLC – Mitsubishi, Honeywell, Siemens) nebo u mikrosystémů firmy Siemens (PLC Simantec S7 – 200, LOGO). Nevýhodou tohoto způsobu řízení je, že při poruše řídicí jednotky se celý systém stává nefunkčním. [1], [10]



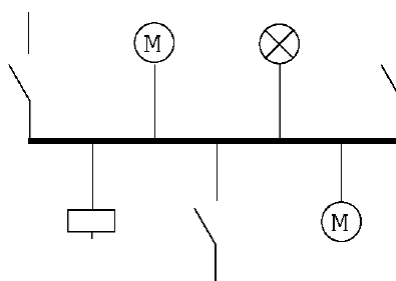
Obr. 4 Funkční schéma  
centralizovaných systémů [1]

**Částečně decentralizované systémy** – mohou být také označovány jako hybridní systémy. U tohoto druhu zapojení jsou vstupní obvody zapojeny na sběrnici, zatímco výstupní obvody jsou hvězdicově připojeny na řídicí jednotku. [1]



Obr. 5 Funkční schéma  
hybridních systémů [1]

**Decentralizované systémy** - každý účastník (senzory i aktory) má svůj vlastní mikroprocesor s pamětí. Každý účastník je připojen na sběrnici systému a mluvíme tedy o „decentralizované inteligenci“. Zde neexistuje žádné centrální řízení, každý z účastníků je stále připraven přijímat a zároveň odesílat data potřebná pro správnou činnost dané funkce obvodu. Všichni účastníci mají rovnocennou pozici při přístupu na sběrnici. Nevýhodou může být nižší rychlost komunikace, ale velkou výhodou je, že při selhání některého účastníka ostatní pracují stále. Tím je zajištěna poměrně vysoká provozní spolehlivost. (příklad: EIB, KNX/EIB, sběrnice LON apod.). [1], [12], [10]

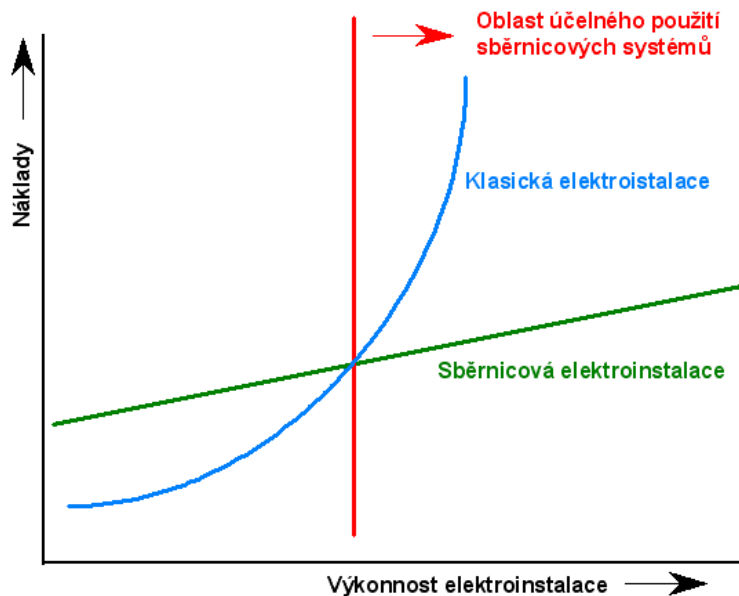


Obr. 6 Funkční schéma  
decentralizovaného ovládání [1]

Do této chvíle jsme si popisovali pouze sběrnice systémy. Je důležité si uvědomit, že komunikace mezi jednotlivými prvky automatizačních systémů může být realizována pomocí metalických kabelů nebo také bezdrátově. Oba tyto systémy jsou na stejné úrovni spolehlivosti, ale bezdrátové systémy nabízí větší volnost při zadávání zakázky investorem, projektování elektroinstalace i následném rozšiřování nebo změnách v elektroinstalaci. Neméně zajímavé jsou úspory času při dodatečné montáži prvků do stávajícího systému, minimalizace všech zednických prací jako jsou sekání drážek, zahlubování elektroinstalačních krabic, kladení kabelových rozvodů a podobně. To platí

samozřejmě pouze pro propojení systémových jednotek navzájem. Silové přívody ke spotřebičům musíme provést i při využití bezdrátového způsobu ovládaní.

Nasazení těchto systémů reprezentuje i vyšší investiční náklady. K posuzování efektivity nasazení domovní automatizace je třeba nahlížet na tento problém v celé šíři. Tato instalace nepřinese výrazný efekt v aplikacích, kde potřebujeme pouze zapnout a vypnout osvětlení, naopak v aplikacích s mnoha vazbami je nasazení tohoto systému nanejvýš žádoucí. Obr. 7 ukazuje závislost mezi náklady a výkonností klasické elektroinstalace a inteligentních systémů. Pod pojmem výkonnost je myšlena schopnost elektroinstalace plnit požadovanou funkci v daných podmínkách.



Obr. 7 Závislost ceny na výkonnosti elektroinstalace

## 2 PŘEHLED NABÍZENÝCH SYSTÉMŮ INTELIGENTNÍCH ELEKTROINSTALACÍ

V této kapitole zmíním přehled produktů hlavních výrobců dostupných na trhu. Nejedná se o detailní seznam všech systémů a řešení, ale pouze o výčet těch nejrozšířenějších a nejdostupnějších, které jsme reálně schopni použít ve výuce. Tento výběr byl omezen prostorovými možnostmi našich učeben, finančním omezením a také schopnostmi našich studentů. Cílem této části bylo vytvoření stručné rešerše řešení, ze které následně vyberu vhodná řešení pro naši výuku. Popisovaná řešení budu třídit dle výrobců a následně dělit na jednotlivé produkty.

### 2.1 ELKO EP

Jedná se o tuzemského výrobce, který sídlí v Holešově, ve Zlínském kraji. Tato firma v poslední době značně expanduje a má své zastoupení již i na Slovensku, v Polsku, Maďarsku, Rumunsku, Ukrajině, Rusku i USA.

#### 2.1.1 INELS

Sběrniceový systém tohoto výrobce se nazývá INELS a jedná se o systém inteligentní elektroinstalace určený zejména pro spínání, stmívání, měření, regulaci a sledování stavů v objektech.

Srdcem tohoto systému je centrální jednotka (CU), která je vybavena dvou vodičovou datovou sběrnici s volnou topologií. Po této sběrnici, která prochází celou budovou, se uskutečňuje výměna informací. Všichni účastníci na sběrnici, tj. aktory (vysílače povelů) a senzory (přijímače povelů), jsou připojeni na tutéž sběrnici a vyměňují si navzájem informace prostřednictvím datových paketů, s nimiž je možné dosáhnout i podmíněných vazeb (např. při otevřeném okně je datový paket zapínající topení neúčinný). [13], [14]

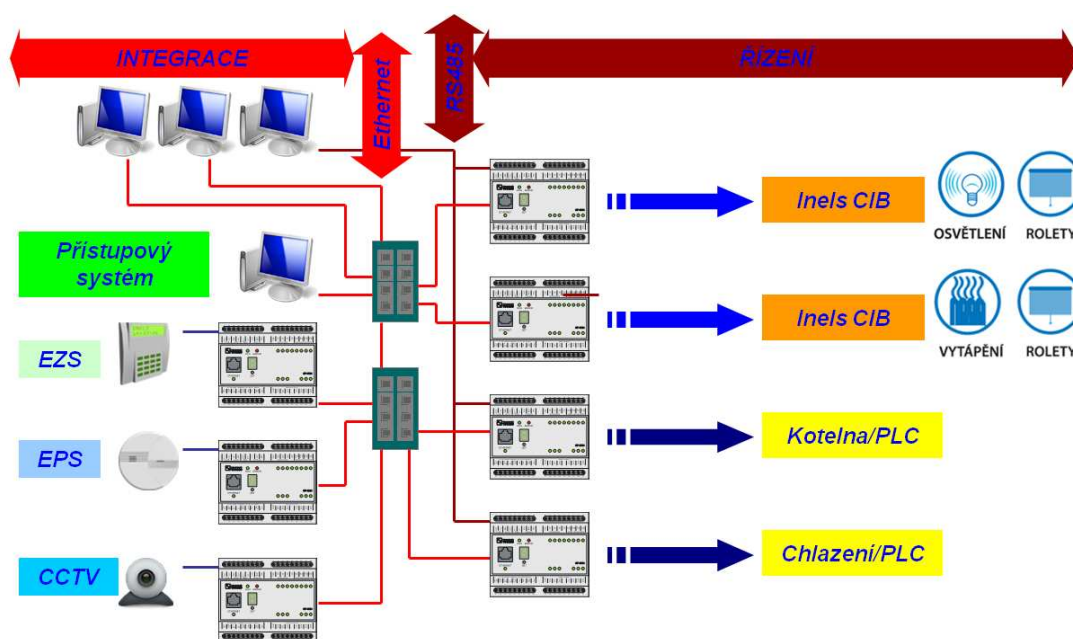
Jednotlivým účastníkům lze přiřazovat funkce (osvětlení zapnout/vypnout, osvětlení stmívat, rolety nahoru/dolů/natočit atd.) a nastavovat jejich provozní parametry. [14]

Pro napájení elektronických obvodů v aktorech a senzorech je nezbytné ke sběrnici připojit zdroj stejnosměrného napětí 24V (27V se zálohováním). Maximální počet prvků připojených na primární sběrnici je 64, maximální délka celé sběrnice je 550 m. Primární

sběrnici lze v případě potřeby rozšířit o další externí sběrnici, která může být osazena celkově až 128 moduly. [13], [14]

Centrální jednotka je vybavena také komunikačními rozhraními, která slouží pro spojení s jinými systémy jako např. RS232, RS485, MOD BUS, LON Works atd. Tento systém umožňuje také vizualizaci pro monitorování a ovládání v reálném čase. Pro tuto funkci je využíván software SCADA Reliance, který umožňuje vytvoření grafického uživatelského rozhraní pro snadnější ovládání technologií operátorem. OPC server je také standardní součástí systému INELS a umožňuje výměnu informací mezi INELS a dalšími systémy v budově – tzv. OPC klienty. INELS obsahuje také své vlastní systémy EZS a EPS jakož i přístupový systém. [13] [14]

Pro rozlehlejší průmyslové aplikace lze použít INELS & BMS (Building Management System) s řídicí jednotkou Tecomat Foxtrot. Jedná se vlastně o rozšíření standardního systému INELS o další možnosti a funkce. Tato varianta umožňuje připojit na datové sběrnice až 544 jednotek, ale s použitím protokolu TCP/IP a komunikace 100/10 Ethernet je v podstatě počet jednotek neomezen. Vzdálenost pomocí převodníků a optických vláken narůstá na 1500 m. Samozřejmostí je i obvod reálného času, slot pro rozšiřující MMC kartu, OPC server, webový server a on-line programování. Tato verze nabízí mnohé velmi užitečné funkce a rozšíření, ale její programování a nastavení je mnohem složitější a pro běžné elektrotechniky méně přístupné oproti klasickému systému INELS. [13], [14]



Obr. 8 Blokové schéma INELS & BMS systému od firmy ELKO EP [14]

## 2.2 Möeller

Společnost Eaton Elektrotechnika s.r.o. je dceřinou společností koncernu Moeller patřícího do skupiny Eaton. Kromě obchodu v České republice je odpovědná za obchodní aktivity koncernu v zemích bývalého SSSR a bývalé Jugoslávie. Tyto realizuje buď prostřednictvím dceřiných společností (Slovensko 1998, Ukrajina 2002, Rusko 2004, Lotyšsko 2008), obchodních zastoupení (Kazachstán 2008) nebo prostřednictvím partnerských firem.

### 2.2.1 Nikobus

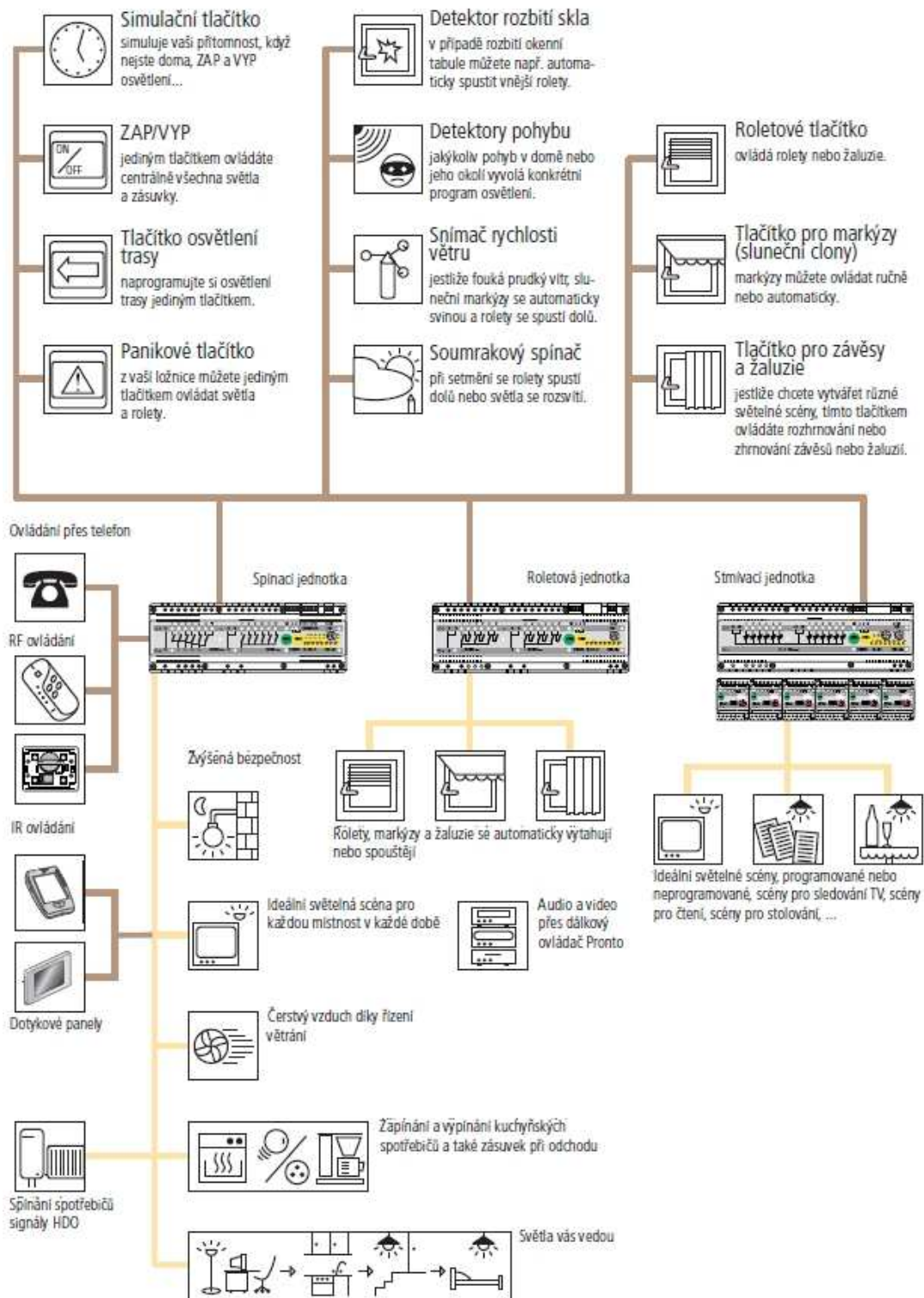
Sběrníkový systém Nikobus je speciálně vyvinutý pro automatizaci bytů a rodinných domů. Jeho funkce se tedy omezují pouze na tuto cílovou oblast. Umožňuje individuální a skupinové spínání osvětlení, stmívání žárovkových a zářivkových těles, ovládání rolet a žaluzií, garážových vrat a brán, regulaci vytápění a klimatizace a další funkce. Komunikace mezi senzory a aktory je zajištěna pomocí sběrníkového vedení s napětím 9 VDC, které je galvanicky odděleno od napájecí sítě 230 V 50Hz. Všem sběrníkovým tlačítkům se jednoduše přiřadí požadovaná funkce v systému. [1], [8], [9]

Na jednu řídicí jednotku je možné připojit maximálně 256 senzorů – tlačítek nebo sběrníkových převodníků. Na jeden systém sběrnice může být připojeno 20 až 25 řídicích jednotek. Tyto jednotky ovládají spotřebiče svými reléovými kontakty a externími stmívači v modulovém provedení nebo převodníky pro regulaci intenzity osvětlení pomocí elektronických předřadníků zářivek. [1], [8], [9]

Jmenovité napětí sběrnice je tedy 9 DCV, což je bezpečné malé napětí – SELV. Topologie sběrnice může být liniová, hvězdicová nebo stromová. Řídicí jednotky systému Nikobus je možné instalovat centralizovaně nebo také decentralizovaně do jednotlivých rozvaděčů. Maximální vzdálenost mezi jednotkou a senzorem by neměla přesáhnout 350 m a celková délka sběrnice by měla být kratší než 1000 m. V případě nutnosti je možný i souběh se silovým vedením 230 ACV. [1], [8], [9]

Pro vytvoření sběrnice doporučuje výrobce použít sběrníkový vícežilový kabel NIKOBUS, typ 16-39X s barevným značením vodičů. Lze použít ekvivalenty J-Y(St)-Y (2,5 kV) nebo YCYM (2,5 kV) minimálně se 2 páry s průměrem vodičů 0,8 mm. Použití jednotlivých vodičů je následující:

- 2 vodiče pro přenos dat a rovněž pro napájení sběrnicových tlačítek a převodníků
- 2 vodiče pro externí napájení signalizačních LED tlačítek, pro napájení tlačítek s IR přijímači nebo aktorů pro připojení termostatů či PIR. [1], [8], [9]



Obr. 9 Schéma zapojení systému Nikobus [8]



Nastavení požadovaných funkcí je možné dvěma variantami. První je bez použití PC, pouhým stiskem potřebných tlačítek na jednotce (pomocí šroubováku). Druhý a komfortní způsob je nastavení pomocí počítače se softwarem Nikobus připojeným k jednomu z komunikačních rozhraní PC-Logic nebo PC-Link. [1], [8], [9]

Do systému můžeme aplikovat i detektory pohybu, dveřní nebo okenní spínače, soumrakové spínače, spínací hodiny, snímače teploty či rychlosti větru, detektory rozbití skla, ústředny EZS, EPS a další. Dálkové ovládání spotřebičů pomocí mobilního telefonu je realizováno použitím GSM-SMS komunikátoru připojeného k jednotce PC-Logic. Toto komunikační rozhraní umožňuje také širší možnosti využití logických podmínek a filtrů. Simulaci přítomnosti osob, časové a kalendářní funkce zajišťuje rozhraní PC-Link. [1], [8], [9]

Maximálního komfortu ovládání a přehledu o celé elektroinstalaci objektu můžeme dosáhnout použitím dotykového panelu. Tímto způsobem můžeme ovládat až 60 obvodů z jednoho místa včetně nastavení světelných scén a skupinového ovládání. Kromě komfortního ovládání slouží především k vizualizaci stavů jednotlivých komponent systému. [1], [8], [9]

Pohodlné ovládání audiotechniky přes společnou sběrnici Nikobus v jednotlivých místnostech lze zajistit použitím audio distribučního systému Allegretto, který nabízí zónové ozvučení domu. Ovládání všech těchto funkcí může být dálkovými ručními ovladači RF nebo IR, např. Pronto. [1], [8], [9]

Velkou výhodou tohoto systému je, že pro ovládací prvky umístěné ve vícenásobném rámečku stačí pouze jedna montážní krabice zapuštěná pod omítku. Na tuto krabici se instaluje montážní deska se sběrníčovými tlačítky. Konečný počet ovládacích tlačítek si tedy může investor definovat až na úplný závěr celé realizace. V případě potřeby je velmi snadné změnit počet tlačítek nebo způsob ovládání z jednotlivých míst. [1], [8], [9]

Je tedy patrné, že se jedná o velmi komplexní systém, který nabízí moderním domácnostem ucelenou škálu služeb pro maximální pohodlí, komfort a hlavně optimalizaci nákladů na provoz domácnosti.

### 2.2.2 Xcomfort

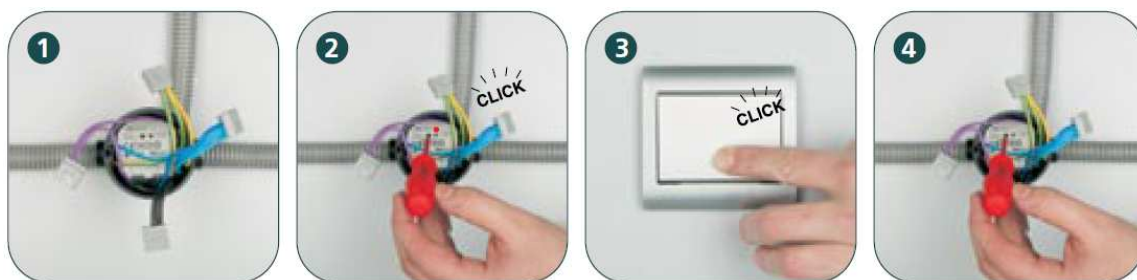
Jedná se o bezdrátový (RF) systém domovní automatizace. S výhodou jej lze využít pro modernizaci elektroinstalací, ale i při rekonstrukcích a v novostavbách s minimalizací požadavků na kladení kabelů. Je určen pro bezdrátové spínání a stmívání osvětlení, řízení provozu žaluzií a rolet, kontrolu a regulaci vytápění nebo klimatizace a pro další nadstandardní funkce. [6]

Montáž toho systému vyniká jednoduchostí, rychlostí a eliminací stavebních činností. Systém Xcomfort používá pro přenos dat mezi jednotkami rádiový signál, takže odpadá instalace kabeláže mezi jednotkami. Nástěnná tlačítka, bezdrátové termostaty, PIR čidla, teplotní senzory apod. se mohou instalovat pouhým lepením v podstatě kdekoli a to i v místech se zvýšenými požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem (koupelny, prostory kolem umývacích van, sklepy apod.). Akční prvky se mohou instalovat přímo do svítidel, rolet, elektroinstalačních krabic. Z těchto důvodů je velmi snadné instalaci rozšířit o další moduly nebo funkce. Dosah signálu je závislý na prostředí, ve kterém je systém instalován. V budově je přibližně 30 až 50 m, ve volném terénu činí dosah 100 m. V případě potřeby je možné navýšit dosah signálu u přístrojů napájených ze sítě 230ACV směrováním signálu (tzv. routingem). Životnost baterií v tlačítkách je až 10 let. [6], [7]

Xcomfort nabízí možnosti vizualizace a ovládání na PC nebo Touch Screenu, propojení s dalšími systémy automatizace nebo audio (video) systémy v budově pomocí komunikačního rozhraní RS 232. [6], [7]

Xcomfort obsahuje Room Manager, což je lokální zobrazovací jednotka s displejem, která umožňuje řízení vytápění a klimatizace až pro 3 nezávislé zóny, časové spínání spotřebičů, logické funkce, funkce scén, simulace přítomnosti osob apod. [6], [7]

Home Manager je dokonalejší verze manager jednotky – centrální řídicí a zobrazovací jednotky, která umožňuje také komunikaci pomocí GSM-SMS modemu. Zpřístupňuje systému funkce spínacích hodin, čítačů, souhrnných hlášení, světelných scén apod. Umožňuje ekvitermní regulaci vytápění a klimatizace, regulaci solárních panelů a další nadstandardní funkce domovní automatizace. [6], [7]



Obr. 10 Postup při standardním nastavení jednotek [7]

Standardní funkce se nastavují v základním režimu tzv. „naklikáním“ pomocí šroubováku. Jde tedy o proces bez použití PC, který zpřístupňuje nastavení systému i řemeslníkům bez počítačových znalostí. Ukázka tohoto způsobu nastavení je na Obr. 10.

Rozšířené funkce se nastavují pomocí PC připojeného komunikačním rozhraním RS 232 a nainstalovaného software Moeller RF systém. Software umožňuje kompletní parametrizaci jednotek, nastavení logických a časových funkcí, provázání akcí atd. [6], [7]

Standardní funkce přístrojů se v základním režimu nastavují pomocí malého šroubováku. Komfortní rozšířené funkce s detailním nastavením systému se provedou přes RS-232 interface připojeným k PC (doporučená je maximální velikost instalace s 200 až 250 RF komponenty). [6], [7]

## 2.3 ABB

ABB je předním světovým výrobcem produktů pro elektrotechniku a automatizaci. Firma ABB má své pobočky ve více než 100 zemích na celém světě a v České republice působí od roku 1970. V oblasti domovní automatizace vyrábí systém Ego-n, ale má také své zastoupení v rozlehlých průmyslových aplikacích systémem ABB/KNX. V následujících kapitolách si popíšeme oba tyto produkty. [18], [19]

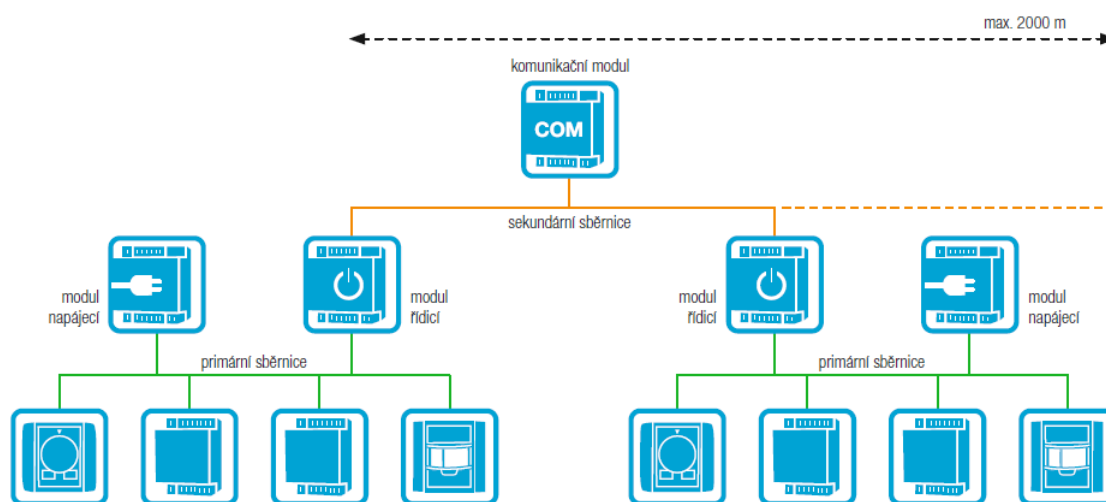
### 2.3.1 Ego-n

Systém Ego-n umožňuje spínání a stmívání osvětlení, nastavení světelných scén, řízení provozu žaluzií, zásuvkových a motorových obvodů, vytápění a klimatizace. Nabízí možnosti vizualizace a podporuje vzdálené ovládání přes Internet, kapesní počítač nebo mobilní telefon. [3]

Jedná se o centralizovaný systém s řídicí jednotkou, který umožňuje vzájemné propojení až 512 systémových jednotek. Propojení jednotek je realizováno pomocí čtyřvodičové

sběrnice. Sběrnice je tvořena speciálním čtyřvodičovým kabelem, ve kterém jsou dva vodiče použity pro přenos dat a dva vodiče pro napájení systémových prvků na sběrnici. Z důvodu organizace komunikace na sběrnici má každý prvek systému své jedinečné registrační číslo, které je uloženo na vyjímatelné paměťové kartě. Po naprogramování je veškeré nastavení uloženo právě na tuto kartu. Při poruše prvku lze kartu jednoduše vyjmout a vložit do nového prvku. Ten pak pracuje s původním nastavením bez dalšího zásahu. [3]

V tomto systému se vyskytují dva druhy sběrnic. Primární sběrnice a sekundární sběrnice. Primární sběrnice používá pouze topologii lineární s odbočkami, její délka je maximálně 700 m, odbočky nesmějí být delší než 30 m. Počet prvků je omezen na 64, ale pro každou instalaci je limitující velikost napájecího proudu zdroje, která nesmí být překročena. Na sekundární sběrnici jsou připojeny vstupně výstupní jednotky (komunikační modul, GSM modul, RF vysílací modul, modul logických funkcí). Tato sběrnice tedy propojuje řídicí členy primárních sběrnic, počet řídicích členů je omezen maximálně na 8 a vyskytuje se zpravidla pouze v rozvaděči. Délka této sběrnice je nejvýše 2000 m. Po instalaci je nutné u prvního a posledního modulu aktivovat zakončovací odpory. Na Obr. 11 je příklad sběrnice tohoto systému. [3]



Obr. 11 Instalační sběrnice systému Ego-n [3]

Pro instalaci sběrnice výrobce důrazně doporučuje kabel KSE224 ( $2 \times 2 \times 0,8 \text{ mm}^2$ ), který umožňuje také souběh se silovým vedením. Sběrniceový kabel se zapojuje do bezšroubových svorek, které jsou barevně odlišeny a hlavně sladěny s barvou žil sběrniceového kabelu. To v podstatě eliminuje chybu při zapojování prvků. [3]



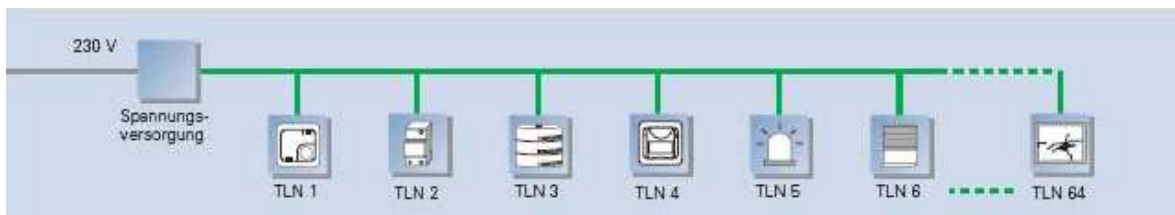
Obr. 12 Kabel KSE224 [3]

Senzory a snímače jsou vyráběny v provedení do instalační krabice v designech ABB. Akční členy a ostatní systémové prvky jsou vyráběny v provedení na lištu DIN. Systém umožňuje i integraci bezdrátových komponent. [18]

Základní nastavení umožňují tlačítka na jednotkách, takže odpadá nutnost použití PC. Vyšší úroveň nastavení umožňuje PC s nainstalovaným softwarem Ego-n Asistent. [18]

### 2.3.2 ABB/KNX

ABB/KNX je v Evropě nejrozšířenější decentralizovaný systém, který vyrábí společnost ABB. Decentralizovaný znamená, že pro uvedení do provozu nepotřebuje PC ani jinou řídicí jednotku. Veškeré automatizační funkce jsou uloženy přímo v jednotkách tohoto systému. Na následujícím obrázku je schematicky znázorněna sběrnice systému, kde US je účastník na sběrnici. [16]



Obr. 13 Ukázka sběrnice systému ABB/KNX [16]

Účastníci na sběrnici si mohou vyměňovat data pomocí telegramů po instalační sběrnici. K této sběrnici jsou připojeny snímače a také akční členy. Výrobce doporučuje použít certifikovaný kabel KNX/EIB, který nabízí kromě požadovaných elektrických vlastností i možnost barevného odlišení od jiných obvodů nízkého napětí v budově. Na Obr. 14 je příklad sběrníkového kabelu se zeleným pláštěm. [16], [17]



Obr. 14 Sběrníkový kabel J-Y(St)Y 2 x 2 x 0,8) [15]

Kabel sběrnice je stíněný, což zvyšuje odolnost proti rušivým vlivům. Obvody snímačů i akčních prvků jsou napájeny pomocí této sběrnice z pomocných zdrojů malého napětí. Celá instalace je rozdělena do tzv. linií, které umožňují lépe organizovat komunikaci na sběrnici. Na jednu linii lze připojit maximálně 256 jednotek. Reálný počet jednotek závisí na použitém zdroji a příkonu jednotlivých účastníků. Používané přístroje dělíme do čtyř skupin: [16], [17]

- Systémové přístroje – do této skupiny bychom mohli zařadit napájecí zdroje, sběrníkový vodič, komunikační rozhraní RS 232 nebo USB
- Snímače – mezi ně patří tlačítka, snímače fyzikálních hodnot (rychlost větru, teplota, intenzita osvětlení, vlhkost apod.)
- Akční členy – spínací jednotky, stmívací jednotky, žaluziové jednotky, jednotky pro ovládání termohlavic a analogové jednotky
- Kontroléry – u složitějších funkcí mohou být akční členy se snímači propojovány logickými obvody (řídícími jednotkami)

Nejmenší realizovatelná velikost sběrnice jsou 2 účastníci a napájecí zdroj. Maximální velikost instalace obsahuje 45.000 účastníků. [16], [17]

Topologie sběrnice je v podstatě volná. Je povoleno kombinovat různé typy topologií (kruh, hvězda, strom, linie). Jen v případě kruhu se nesmí uzavřít (spojit). Délka vedení jedné linie je maximálně 1000 m, vzdálenost mezi zdrojem a nejvzdálenějším účastníkem nesmí být větší než 350 m a mezi dvěma účastníky nemá být větší než 700 m. Dva zdroje by neměly být k sobě blíže než 200 m. [16], [17]

Pro programování se používá PC se softwarem Windows Power-Project, který je připojen ke sběrnici komunikačním rozhraním RS 232 nebo USB. [16], [17]

Tento systém je tedy vhodný spíše pro rozlehlé instalace a průmyslovou automatizaci než pro domácnosti. Jeho variabilita je značná, rozsah sběrnice i spolehlivost na vysoké úrovni. [16], [17]

## 2.4 Shrnutí

Pro získání úplného přehledu jsem nastudoval řadu dalších materiálů o obdobných produktech nabízených na trhu. Tyto produkty jsou pro naše použití méně vhodné než systémy výše uvedené. Proto je již nezmiňuji. Dále bylo nezbytné, abych prostudoval i EIB standard, ale s jeho výukou rovněž nepočítáme. Napájení systémů a další konkrétní specifikace každého systému zmíním jen u těch, které jsem pro výuku vybral. Tyto informace uvádím v kapitole 5.

## **PRAKTICKÁ ČÁST**



### 3 NÁVRH SYSTÉMU LABORATOŘE

V této kapitole objasním plánovaný systém výuky domovní automatizace v odborných dílnách silnoproudých oborů. Vize výuky inteligentních obvodů je taková, že elektroinstalace celé odborné učebny bude pojata jako ukázkový systém inteligentních obvodů. Na něm bude možné studentům demonstrovat funkce systému, jednotlivá nastavení a využití komponent a studentům bude také umožněno vyzkoušet si přeprogramování části nebo celého systému. Poté si studenti budou moci během výuky za měnících se fyzikálních a klimatických podmínek ověřit a otestovat funkčnost jejich nastavení a porovnat s originálním nastavením.

Následně zmíním podrobnou definici cvičných panelů a trenažérů pro výuku návrhů, zapojování a oživení systémů pro inteligentní elektroinstalaci objektů.

V této kapitole se nebudu detailně zabývat jednotlivými částmi návrhu a realizací, ale pouze vizí výuky, principy jednotlivých aplikací, přínosy pro studenty a filozofií celé výuky. Popisu návrhu výukových trenažérů je věnována kapitola 4, detailním projektem nové učebny se zabývá kapitola 7.

#### 3.1 Silnoproudá elektroinstalace učebny odborného výcviku

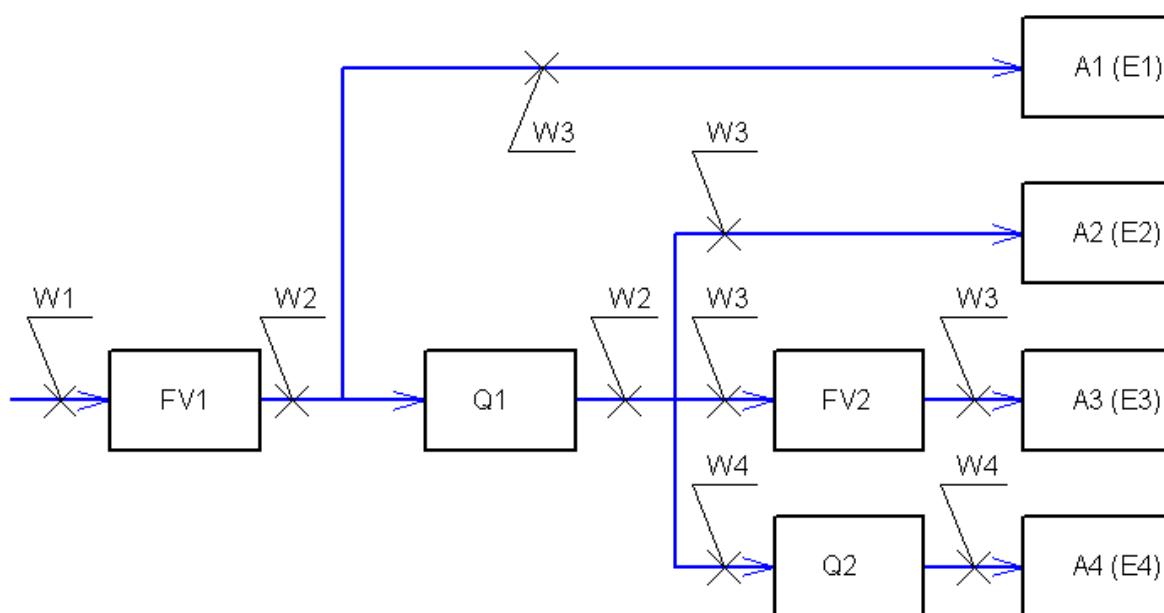
Elektroinstalaci v odborné učebně bude nezbytné kompletně zrenovovat. Důvodem není zastaralost stávající instalace, ale jiný způsob rozvodů silnoproudého vedení. Rozvody napájecích částí 230 V 50Hz rozvedeme přímo ke spotřebičům. Například bude nutné demontovat veškeré rozvody do světelných vypínačů a provést přívody přímo ke svítidlům. Ke všem spotřebičům se instalují přívody napájecího napětí přímo z rozvaděče.

Jelikož se jedná o elektrickou instalaci v učebně odborného výcviku silnoproudých oborů, je třeba dodržet některé zásady bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem. Kromě samozřejmé instalace přepětových ochran a proudového chrániče je dále potřeba implementovat do silnoproudých rozvodů bezpečnostní funkci Central STOP. Je nutné zajistit naprostou bezpečnost studentů při jejich práci na cvičných panelech, instalační stěně nebo při práci na zařízeních silnoproudé elektrotechniky v lavicích.

Celá elektroinstalace bude rozdělena na čtyři části:

- První část elektroinstalace bude v provozu nepřetržitě – osvětlení, switch, NAS, EZS, EPS.

- Druhá část bude vždy při odchodu osob a aktivaci zabezpečovacího systému vypnuta. Tyto obvody systém nepotřebuje, když učebna není využívána – zásuvkové obvody, klimatizace, stropní ventilátor, žaluzie.
- Třetí část elektroinstalace budou tvořit okruhy výpočetní techniky – zásuvky pro PC, projektor, elektricky ovládané plátno.
- Čtvrtá část bude tvořena obvody, které budou za normálního provozu učebny rovněž vypnuty. Tyto okruhy se budou zapínat pouze pro provoz trenažerů a cvičných panelů. Tato část bude zapojena přes bezpečnostní funkci Central STOP.



Obr. 15 Blokové schéma silnoproudé elektroinstalace učebny

FV1 – Přepět'ové ochrany třídy B /C

A3 – Obvody výpočetní techniky

Q1 – Zabezpečovací systém

A4 – Silnoproudé obvody pro cvičné panely

FV2 – Přepět'ové ochrany třídy D

W1 – Přívodní vedení do učebny TN-S

Q2 – Bezpečnostní obvod – Central STOP

W2 – Propojovací vedení uvnitř PR1

A1 – Obvody nepřetržitého provozu

W3 – Přívod k zásuvkám – CYKY-J 3x2,5

A2 – Obvody aktivované při odkódování  
zabezpečení – provoz učebny

W4 – Přívody ke cvičným panelům –  
CYKY-J 5x2,5

### 3.1.1 Silnoproudé obvody nepřetržitého provozu

Tyto obvody jsou nutné pro chod učebny za všech okolností. Je třeba, aby byly aktivní i v době nepřítomnosti osob v místnosti. Jsou to obvody potřebné pro vstup do místnosti, pro zajištění chodu obvodů regulace, pro chod počítačové sítě LAN v učebně (switch), napájení souborového serveru, EZS.

Je nezbytné, aby v každém okamžiku byly funkční obvody protipožárního zabezpečení. Rovněž monitoring hořlavých plynů a systém CCTV musí být aktivní nepřetržitě z důvodu zabezpečení objektu. Ostatní obvody budou vypínány při odchodu personálu a zadání bezpečnostního kódu na zabezpečovací klávesnici.

### 3.1.2 Silnoproudé obvody pro provoz učebny

Do této skupiny patří obvody, které se aktivují při odkódování zabezpečovacího systému. V této chvíli se zapnou zásuvkové obvody na učitelském stole, zásuvkové obvody pro zařízení v učebně, žaluziové obvody, klimatizace, stropní ventilátor. Tyto obvody jsou potřebné pro běžný provoz učebny.

### 3.1.3 Silové obvody pro napájení výpočetní techniky

Tyto obvody budou zapínány při odkódování zabezpečovacího systému a navíc budou zapojeny přes ochrany proti přepětí třídy D. Do těchto obvodů spadají žákovské PC, učitelský PC, projektor, elektricky ovládané plátно a také napájení souborového serveru, WiFi routeru, switche a vizualizační jednotky. Jediný rozdíl ve funkci těchto obvodů je, že switch, WiFi router a NAS nebudou vypínány při aktivaci zabezpečení.

### 3.1.4 Obvody zapojené přes bezpečnostní funkci Central STOP

Sem patří všechny obvody, které využívají žáci pro svou práci, zapojování, měření apod. Tyto okruhy budou zapojeny přes silové kontakty stykače a ovládány zapínacími tlačítky a tlačítky Central STOP. Tato tlačítka bezpečnostní funkce budou umístěna v každém rohu místnosti tak, aby byla snadno dosažitelná z jakéhokoliv místa v učebně. Je třeba si uvědomit, že se jedná o učebnu pro výuku silnoproudé elektroinstalace, ve které jsou zvýšené požadavky na bezpečnost. Tato tlačítka slouží k nouzovému vypnutí všech obvodů, ke kterým mohou mít žáci přístup. V případě zpozorování nepatřičných jevů jako je kouř, zápach pálící se elektroinstalace nebo zasažení elektrickým proudem mají osoby

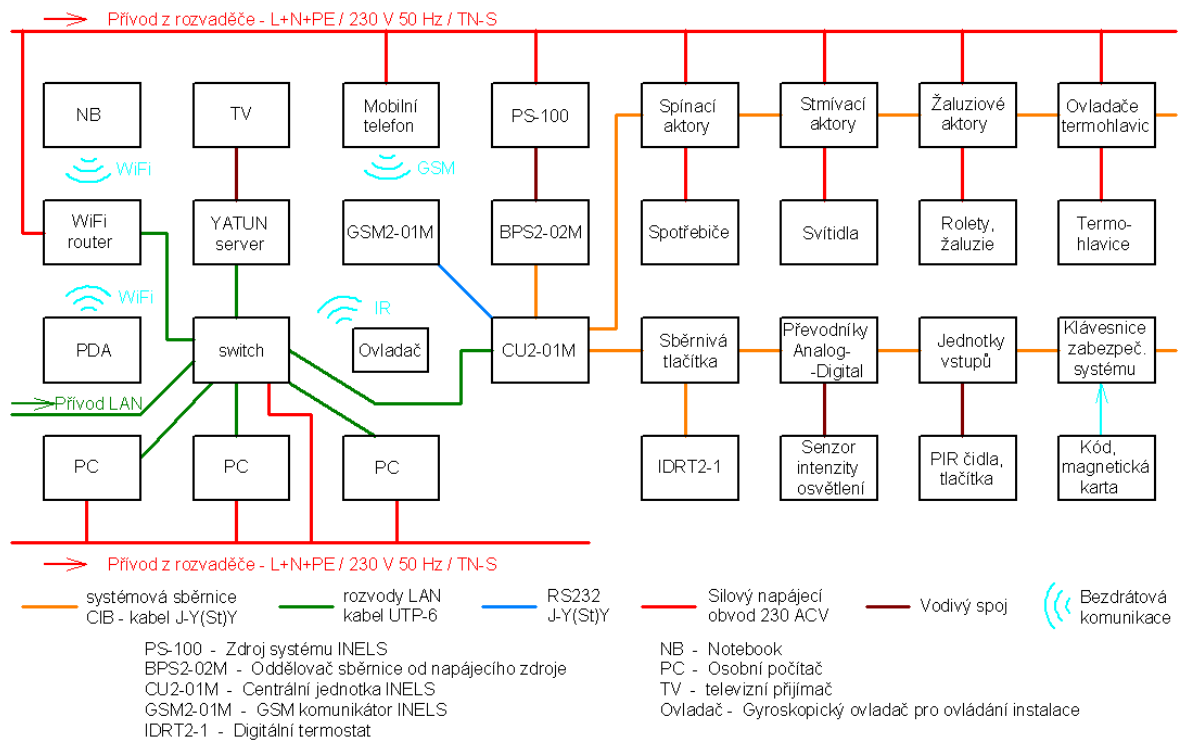
přítomné v místnosti povinnost použít tlačítko Central STOP a tyto obvody vypnout. Z toho ale vyplývá, že přes tuto funkci nemohou být napojeny žádné obvody důležité pro chod učebny, bezpečné opuštění prostoru nebo výpočetní technika. Podrobný popis a nákres těchto obvodů a schéma zapojení následuje v kapitole 7.

### 3.2 Obvody inteligentní elektroinstalace v učebně odborného výcviku

Celá učebna odborného výcviku bude pojata jako předváděcí a ukázková instalace sběrnicevého systému domovní automatizace (inteligentní elektroinstalace). Z tohoto důvodu budeme usilovat o co nejrozsáhlejší aplikaci všech dostupných funkcí systému. Samozřejmě, že tyto komponenty musí mít praktický význam, na kterém bude možné demonstrovat důvod a účel té či oné funkce a zapojení. Budeme se snažit o propojení slaboproudých rozvodů, obvodů inteligentní elektroinstalace, zabezpečovacích obvodů a také vizualizačních a zobrazovacích zařízení.

Hlavní myšlenkou je vytvořit opravdu „inteligentní místnost“, která automaticky reaguje na měnící se podmínky uvnitř i vně místnosti.

Napojení na informatiku – funkční zobrazení systému INELS v učebně včetně jednotlivých komponent a jejich propojení je na Obr. 16.



Obr. 16 Blokové schéma zapojení systému INELS v učebně

### 3.2.1 Instalační sběrnice CIB

Po této sběrnici probíhá komunikace mezi všemi prvky systému INELS. Topologie je libovolná a instalovaná má být ve vzdálenosti 30 cm od silových vedení. Výrobce uvádí, že ani případný souběh se silovým vedením není vyloučen. Pro instalační sběrnici použijeme výrobcem doporučený kabel J-Y(St) Y 2x2x08 mm<sup>2</sup> a trasa tohoto vedení bude probíhat po obvodu celé učebny. Instalační trasy sběrnice jsou zobrazeny v příloze P V.

### 3.2.2 Osvětlení

Při vstupu osob do místnosti systém aktivuje osvětlení v závislosti na denní době, intenzitě osvětlení uvnitř místnosti a pohybu osob v místnosti. Pokud se bude intenzita osvětlení např. vlivem slunečního záření měnit, systém bude reagovat na tyto změny a regulovat intenzitu jasu svítidel. Při odchodu osob z místnosti, pokud bude zřejmé trvalé opuštění místnosti, automaticky osvětlení deaktivuje a vypne nepotřebné obvody z důvodu úspory nákladů a bezpečnosti.

### 3.2.3 Žaluzie

Žaluzie budou rovněž reagovat na intenzitu vnitřního, ale i venkovního osvětlení. Pokud při vstupu osob do místnosti bude venku dostatečné osvětlení, žaluzie se automaticky vytáhnou nahoru. Pokud bude během dne prostor učebny příliš exponován slunečním svitem, žaluzie se automaticky spustí a naklopí tak, aby do místnosti nedopadaly přímé sluneční paprsky, ale aby byla dostatečně osvětlená. U otevřených oken budou žaluzie vyřazeny z provozu. Důvodem je skutečnost, že budou instalovány vnitřní elektrické žaluzie přes celé trojkřídlé okno, a pokud by při otevřeném okně byly žaluzie spuštěny, došlo by k jejich poškození.

Také v případě rozbití okna sjedou žaluzie automaticky dolů a zavřou se, aby nedošlo k poškození zařízení učebny silným větrem, deštěm apod.

Při odchodu z učebny systém žaluzie automaticky spustí a sklopí je. Z venku nebude do místnosti vidět, čímž se sníží riziko možného vloupání.

### 3.2.4 Klimatizace, stropní ventilátor

Klimatizace i stropní ventilátor budou při nevyužívané učebně vyřazeny z provozu. Při vstupu osob do učebny se aktivují a pomocí snímačů teploty je bude systém automaticky

regulovat k dosažení požadované teploty. Na termoregulátoru nesmí chybět možnost manuálně (krátkodobě) zvýšit teplotu v místnosti, snížit ji nebo vypnout celý systém regulace teploty. Při zavřených oknech bude obvod klimatizace aktivní. V případě otevření oken a větrání se klimatizace deaktivuje a zapne se obvod stropního ventilátoru. Při otevřených oknech by byl provoz klimatizace značně energeticky nákladný a neefektivní. V tomto případě se o tepelnou pohodu v učebně postará ventilátor. Nesmí chybět možnost regulace rychlosti ventilátoru a také směru jeho otáčení.

V létě, při potřebě ochlazovat místnost se používá směr otáčení doleva, aby se zvedal chladný vzduch od země a ochlazoval místnost. V zimě se používá opačný chod, aby hnul dolů teplý vzduch, který je pod stropem, a tak pomáhal rychleji a s menšími náklady místnost vyhřát.

Pokud budou okna opět zavřená, deaktivuje se ventilátor a spustí se provoz klimatizace. Samozřejmostí je také možnost manuálně zapnout ventilátor včetně jeho regulace.

### **3.2.5 Regulace topných těles ústředního vytápění**

Systém bude rovněž regulovat obvody radiátorů. Teplota topného okruhu je již regulována systémem kotelny školy, proto není efektivní ani žádoucí regulovat teplotu vody. Budeme tedy regulovat polohu ventilů radiátorů termoelektrickými pohony a tím samozřejmě průtok vody radiátory. V době nepřítomnosti bude teplota regulována na nižší teplotu (cca 18 °C), v době dovolených pouze na udržovací teplotu (cca 10°C). Pokud bude místnost využívána, systém bude udržovat teplotu 22 °C. Tato teplota je pro prostory určené pro vzdělávání dětí a mladistvých dána vyhláškou 410/2005 Sb. vydanou Ministerstvem zdravotnictví ČR. V případě pravidelného využívání místnosti je možné využít také časové funkce, kdy 90 minut před příchodem do učebny začne systém topit na zvýšenou teplotu, aby při příchodu studentů byla teplota již stabilizovaná na požadované hodnotě.

V případě otevření oken systém automaticky uzavře patřičné termoelektrické pohony ventilů topného systému, aby se předešlo zbytečnému plýtvání energií. Tato funkce je potřebná i v případě rozbití oken. Obvody klimatizace a topení musí být blokovány, aby se předešlo možnému provozu obou obvodů. Důležité je také nastavení patřičné hystereze v topné křivce.

### 3.2.6 Kontrola kvality napájecího napětí

Jak je patrné z Obr. 15 budou v elektroinstalaci učebny instalovány přepětíové ochrany. Na vstupu energie do učebny se bude jednat o hrubou ochranu třídy B (C) a u počítačových okruhů o ochranu jemnou - třídy D. Tyto ochrany bude sledovat inteligentní systém, který v případě zareagování ochrany informuje obsluhu o této události textovou zprávou, e-mailem nebo jiným způsobem.

### 3.2.7 Nadstandardní funkce

Do této kategorie bychom mohli zařadit funkce jako GSM komunikaci a ovládání systému, ovládání přes Internet, informování uživatelů o narušení prostoru nebo kritických stavech e-mailem nebo možnost sledování učebny pomocí instalovaných kamer.

Do GSM komunikace můžeme zařadit ovládání systému pomocí SMS, zasílání SMS systémem automatizace s chybovým hlášením nebo zasílání MMS s fotkou narušitele. Ovládání elektroinstalace pomocí SMS – zaslání předem nadefinované zprávy pro aktivaci žádané funkce (např. spuštění komfortního režimu vytápění, spuštění klimatizace, spuštění varovného blikání svítidel v případě nutnosti, aktivaci nebo deaktivaci zabezpečovacího systému, odemknutí nebo zamknutí vstupních dveří a další).

Systém by také mohl zasílat SMS s předem definovaným tvarem zprávy v těchto případech – narušení prostoru po aktivaci zabezpečení, klesnutí teploty pod danou hodnotu, překročení nastavené teploty v místnosti, rozbití okna, otevření oken nebo dveří, aktivaci přepětíové ochrany, aktivaci kouřových senzorů (současné zaslání MMS s fotografií místnosti), aktivaci detektorů hořlavých plynů a podobně.

V případech, kdy je to považováno za žádoucí, bude souběžně s SMS zprávou zaslána MMS nebo e-mail s fotografiemi v nadefinovaných časových intervalech. Možné je i zaslání e-mailu s video sekvencí místnosti.

Za samozřejmé je považováno sledování stavů jednotlivých senzorů a spotřebičů, případně jejich ovládání pomocí webového prohlížeče. Dostupná by měla být i funkce sledování CCTV v místnosti a jejím okolí.

### 3.3 Slaboproudé rozvody

Učebnu vybavíme učitelským počítačem, 12 ks studentských PC, síťovým datovým úložištěm (NAS), switchem a WiFi routerem. Pro tyto okruhy bude nutné realizovat místní počítačovou síť. Tato síť by měla poskytnout přístup do LAN sítě celé školy všem PC v učebně, systému regulace učebny i cvičným panelům na výuku inteligentních obvodů. Celkem se bude jednat o vytvoření 14 ks zásuvek RJ-45 pro PC v učebně, 10 ks zásuvek RJ-45 pro cvičné panely, 1 ks zásuvky pro systém automatizace učebny, 2 ks zásuvek pro IP kamery a připojení WiFi routeru, zařízení NAS a vizualizační jednotky do této sítě.

NAS bude využíván pro zálohování PC v učebně, jako databázový server, pro ukládání dat studentů, pro řízení přístupů k těmto datům a jejich zálohování, pro ukládání a správu dat z IP kamer. Schéma rozvodů strukturované kabeláže je v příloze P IV.

### 3.4 Přístupový systém, EZS a EPS

Do systému automatizace bude implementován také zabezpečovací systém. Tento systém bude využíván pro řízení přístupu uživatelů, pro zabezpečení místnosti proti nepovolanému vniknutí, pro signalizaci přítomnosti hořlavých plynů, pro signalizaci požáru, rozbití nebo otevření oken v době nepřítomnosti.

Zabezpečovací systém se tedy bude skládat s PIR čidel, kouřových senzorů, senzorů hořlavých plynů, senzorů rozbití oken, magnetických kontaktů umístěných v oknech i dveřích a z přístupového systému.

Pokud vyučující zadá číselný kód na zabezpečovací klávesnici nebo přiloží svou magnetickou kartu ke čtečce karet, systém zabezpečení se deaktivuje a odemknou se dveře učebny. Následně se automaticky sepne osvětlení na požadovanou intenzitu a aktivují se potřebné obvody pro chod učebny. Při deaktivovaném zabezpečení umožní systém studentům přístup do učebny po použití jejich magnetické karty. Pokud bude systém zabezpečení aktivován, systém studentům přístup odepře (oprávnění přístupu). Při odchodu vyučujícího a aktivaci zabezpečení zadáním číselného kódu nebo užitím magnetické karty budou dveře uzamčeny, osvětlení vypnuto a všechny nepotřebné okruhy deaktivovány.

Součástí zabezpečení bude i CCTV, kterou budou moci povolané osoby sledovat online přes webový prohlížeč i ze sítě Internet, záběry se budou archivovat na zařízení NAS. Také



budou zasílány e-maily nebo varovné MMS se záběry z kamer tohoto systému. Využita bude i pro přístupový systém. Pokud přijde osoba bez oprávnění přístupu, stiskne zvonkové tlačítko a obsluha v učebně s ní bude moci prostřednictvím CCTV komunikovat. Uvidí obraz a může využít obousměrnou audio komunikaci. Poté může návštěvníka vpustit.

### **3.5 Vizualizace systému automatizace**

Celý automatizovaný systém učebny včetně zabezpečení, monitoringu a CCTV bude zastřešen vizualizačním systémem. Tento systém umožní sledovat provoz a všechny komponenty inteligentního systému na PC v místní síti LAN, na televizi (včetně ovládání celého systému pomocí TV) a také by měl zahrnovat multimediální systém „domu“. Tento vizualizační systém bude obsahovat běžné funkce vyžadované od „inteligentního domu“. Jako příklad si můžeme uvést video archiv přístupný z jakéhokoliv PC nebo televize, hudební archiv, fotografický archiv, rádia, televize, telefonní ústřednu apod. Pomocí tohoto vizualizačního systému bude uživatel využívat Internet a psát e-maily pomocí TV, používat domovní interkom a instalované IP kamery opět na TV. Také bude schopen využívat jedno centrální ovládání pro všechny spotřebiče v domě – klimatizace, ventilátory, televize, rádia, DVD přehrávače a podobně.

### **3.6 Shrnutí**

V předešlých kapitolách jsem nadefinoval obecné principy, které aplikujeme v instalaci učebny a následně je použijeme pro výuku této technologie. V kapitole 5 definuji hlavní kritéria určující výběr adekvátního systému, který použijeme, a také v této kapitole tento systém podrobněji popíši. V kapitole 7 rozvedu detailně technické řešení, konkrétní komponenty použité při realizaci a také uvedu výkresovou dokumentaci projektového řešení výstavby učebny.

## 4 NÁVRH TRENAŽÉRŮ

Z předchozího textu vyplývá, že trenažéry je nutné vybavit širší škálou inteligentních technologií. Cvičné trenažéry mají studentům umožnit dostatečný přehled, znalosti a dovednosti z oblasti domovní automatizace a zabezpečení pro jejich další odbornou praxi a rozvoj. Výuka v projektované učebně poskytne studentům dostatečný základ pro to, aby byli schopni instalovat jakýkoliv systém včetně takových, které vyučovat nebudeme. Výuka zkrátka musí obsáhnout různé druhy koncepcí a způsobů správy a nastavení systémů. Cvičné trenažéry se dotknou i problematiky zabezpečení objektů realizované pomocí certifikovaných systémů.

Tréninkové trenažéry vytvoříme ve dvou variantách jako cvičné panely a elektroinstalační stěnu.

Cvičné panely jsou v podstatě přenosné trenažéry, na kterých je vyučována jedna konkrétní technologie. Jsou snadno demontovatelné a vyměnitelné za jiný panel. Tento druh trenažeru je určen pro výcvik jednoho, maximálně dvou studentů.

Elektroinstalační stěna je navržena tak, aby simulovala celou elektroinstalaci domu nebo bytu. Začíná rozvaděčem silnoproudé elektroinstalace, pokračuje rozvaděčem domovní automatizace a největší částí jsou domovní rozvody silnoproudu, regulace a řízení i slaboproudu. Jedná se o zásuvkové obvody, světelnou elektroinstalaci, motorové obvody atd. Na stěně může současně pracovat 6 studentů, v extrémním případě až 8 studentů (pokud započítáme i práci na rozvaděčích).

Největším problémem je prostorové řešení těchto trenažerů, protože ve většině škol, kde jsou tyto technologie vyučovány, mají pro každou aplikaci speciální prostory či místnost. V naší škole jsme velmi silně limitováni prostorem. Konkrétně to znamená, že pro všechny tyto aplikace a trenažéry máme k dispozici pouze jednu místnost o rozloze 68 m<sup>2</sup>. Z toho plyne, že veškerá výuka musí být extrémně modulová. Je potřeba, aby jeden prostor byl využitelný pokaždé pro jinou úlohu, pro jinou technologii a jiné praktické cvičení.

### 4.1 Trenažéry pro výuku sběrnicových systémů

Sběrnice řešení domovní automatizace je ve výuce řešeno minimálně dvěma druhy technologií nebo výrobců. Tato technologie je zastoupena většinou, jelikož má zatím největší podíl na realizacích provedených montážními firmami v praxi. Z tohoto důvodu

preferují elektroinstalační firmy tento trend ve výuce budoucích elektrikářů. Je důležité umožnit studentům snadné a přehledné procvičení všech možností systému, alespoň co se základů týče. První tři panely navrhuji osadit komponenty jednoho výrobce.

První panel doporučuji vybavit jednotkami pro ovládání spínání a stmívání osvětlení, ať už klasických světelných zdrojů nebo pro regulaci zářivkových svítidel. Navrhuji použít klasické předřadníky (tlumivky), standardní elektronické předřadníky, ale také stmívatelné elektronické předřadníky. Podle mého názoru je velmi důležité, aby si studenti prakticky procvičili, k jaké aplikaci je který předřadník a světelný zdroj vhodný. Další úloha, kterou mohou studenti procvičovat na tomto panelu, je ovládání zásuvkových obvodů. Základní typy světelných zdrojů je nejlépe instalovat přímo na panely, ale pro dokonalejší orientaci v této problematice je potřebné zpřístupnit větší množství světelné techniky pomocí propojovacích vedení např. na instalační stěně, která svými rozměry tento postup umožňuje.

Druhý panel navrhuji osadit prvky pro regulaci vytápění a klimatizace a také pro automatizaci žaluzií, rolet nebo markýz. Do prvků pro vybavení panelu začlením čidla pro snímání intenzity venkovního i vnitřního osvětlení, tepelné senzory a pohybové senzory. Studenti musí být schopni ověřit si svá zapojení na termostatických ventilech topných těles umístěných v učebně. Rovněž je pro vyzkoušení studentských zapojení a nastavení jejich obvodů zpřístupněna klimatizace a stropní ventilátor. Pro počáteční zkoušení ovládání žaluzií je vhodnější instalovat malé modely žaluzií přímo na panely, ale s postupným zdokonalováním studentů je žádoucí, aby mohli regulovat i zařízení instalovaná v učebně.

Třetí panel navrhuji vybavit komponenty pro zabezpečení objektů, protipožární signalizace a také přístupových systémů. Do těchto zapojení je nezbytné začlenit také elektricky ovládané dveřní zámky, různé typy pohybových čidel, protipožární čidla a ostatní čidla patřící do systémů EZS a EPS. Napojení na systém učebny je nežádoucí z důvodu zajištění oprávněných přístupů do učebny a zajištění bezpečnosti v učebně (včasněmu zjištění a hlášení požáru nebo jiné závažné skutečnosti).

Poslední panel se sběrnicovým systémem je na rozdíl od předchozích osazen komponenty jiného výrobce. Protože se bude jednat o jediný panel této technologie, bude osazen maximálním počtem jednotek. Nebude tedy specializovaným panelem pro výuku dílčích úloh, ale univerzálním panelem pro zapojení jakékoliv automatizační nebo vizualizační

úlohy. Z důvodu absence zabezpečovacích modulů a přístupového systému má toto řešení umožnit propojení s certifikovaným zabezpečovacím systémem.

## 4.2 Trenažéry pro výuku bezdrátových systémů

Také u panelů na výuku RF systémů doporučuji použít dva systémy od dvou výrobců. Od prvního výrobce se bude jednat o dva panely s přibližně stejným vybavením. Umožní nácvik ovládání světelné instalace, zásuvkové instalace, žaluzií, vytápění, klimatizace s použitím tlačítek, senzorů i PIR čidel. Tyto panely nebudou umožňovat maximální automatizaci budovy, ale budou sloužit převážně pro bezdrátové ovládání a základní automatizační úkony. Je však vhodné, aby použitý systém podporoval spolupráci s dalšími, rozšiřujícími produkty jiných výrobců, které jej vhodně doplní. Je totiž důležité zařadit do výuky i jednodušší systémy, které jsou ekonomicky méně nákladné a rovněž nastavení a správa komponent je mnohem příznivější. Je zbytečné, aby jednodušší funkce a činnosti prováděli studenti ve velmi sofistikovaných, ale také složitých a nákladných systémech. V praxi by pak inklinovali ke stejnému chování. Při výuce jim musíme ukázat vhodnost každého řešení, jeho uplatnění a také možnost levnější a jednodušší náhrady tohoto řešení. Samozřejmostí je vysvětlení limitů systémů a jejich výhod případně nevýhod.

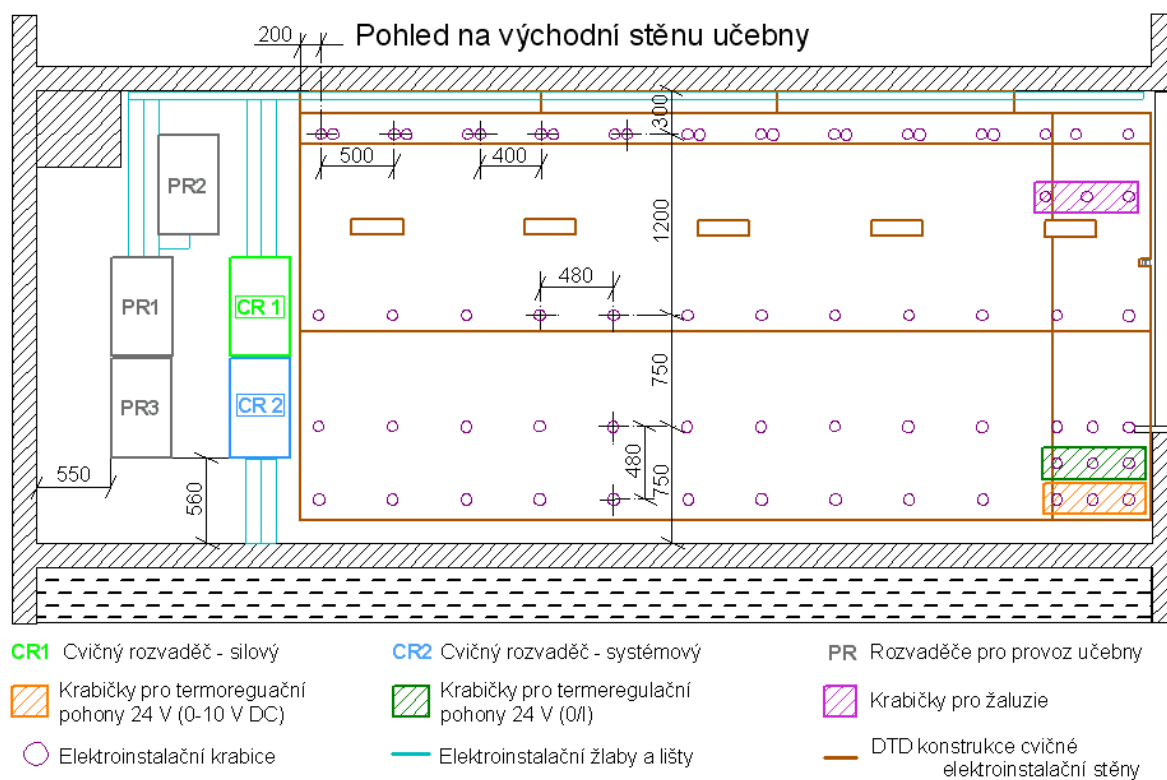
Od dalšího výrobce použiji také dva panely s tím, že se bude jednat o plnohodnotný systém domovní automatizace. Oba panely osadím základními typy spínacích, stmívacích jednotek a také základními typy senzorů. Tyto panely rovněž osadím žárovkovými a zářivkovými svítidly v různých provedeních. Úlohy jako je monitoring elektrické energie, zabezpečení objektů, přístupové systémy nebo regulace teploty rozdělím mezi tyto dva panely. Podrobnější specifikaci je nutné realizovat až po výběru daného systému, protože rozdíly mezi bezdrátovými systémy a jejich možnostmi jsou zatím příliš značné.

## 4.3 Trenažéry pro výuku zabezpečení objektů

Pro nácvik zabezpečení objektů a požární signalizace plánuji vyrobit pouze jeden panel. Je to z důvodu, že EZS i EPS je součástí již použitých řešení sběrníkových nebo bezdrátových systémů. Tento panel je certifikovaným zabezpečovacím systémem. Obsahuje všechny komponenty zabezpečení, přístupového systému s dálkovou správou, ovládání a monitoringu přístupů a také dálkového ovládání obvodů nebo monitoringu prostor. Výhodné je použití systému, který spolupracuje s jiným již použitým řešením.

## 4.4 Elektroinstalační stěna

Tato stěna je dominantním tréninkovým prostředkem v učebně. Je základem a nosnou konstrukcí pro další trenažéry. Z důvodu značného prostorového omezení je třeba zvolit modulovou stavbu výuky. Stěna je určena k výcviku elektroinstalační dovednosti – protahování silnoproudých vodičů, slaboproudých vedení i sběrnice, zapojování přístrojů a komponent ve spojovacích a ukončovacích místech, zapojování rozvaděčů, svítidel apod. Tato stěna demonstruje rodinný dům nebo byt a je možné na ní trénovat klasická silnoproudá a slaboproudá zapojení, ale také kompletní automatizaci objektů. Pro lepší čitelnost používám v nákresech cvičné stěny kótování šikmými čarami.

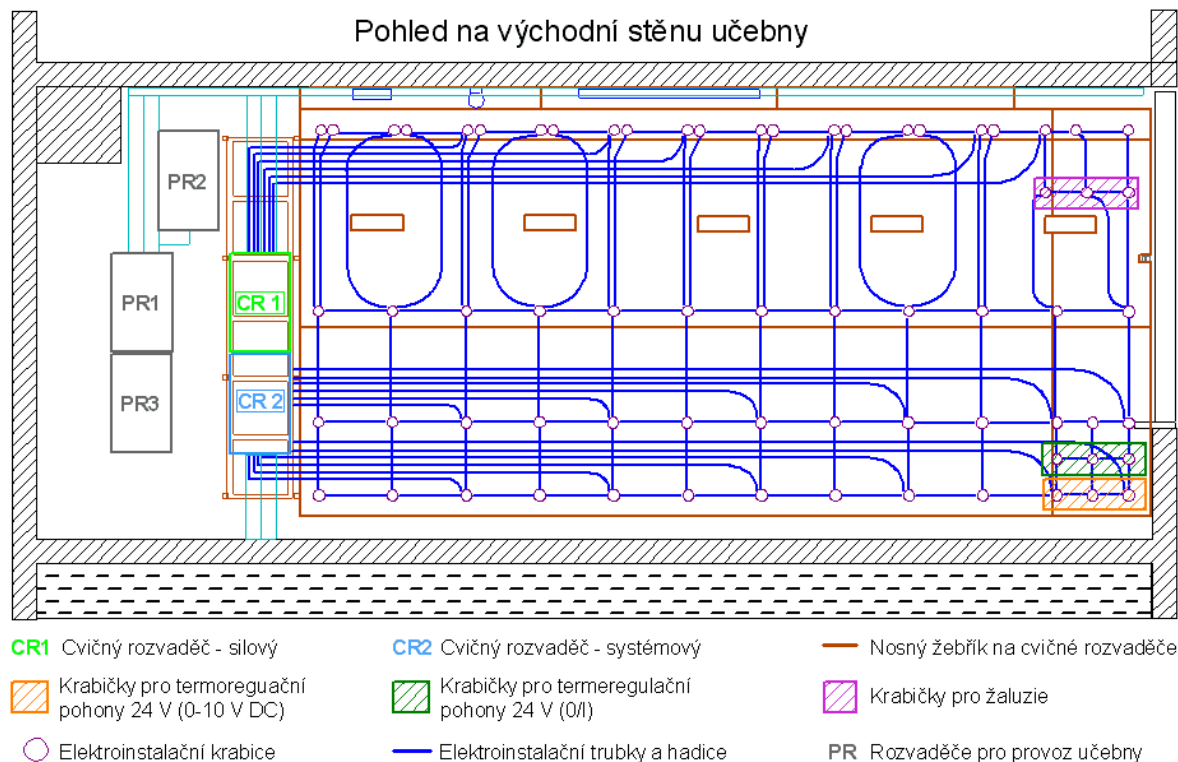


Obr. 17 Rozmístění elektroinstalačních krabic na cvičné stěně

### 4.4.1 Konstrukce

Základem je obložení východní stěny místnosti mezi dvěma nosnými sloupy konstrukcí z dřevotřísky. Na konstrukci jsou v pravidelných rozstupech nainstalovány elektroinstalační krabičky, které jsou propojeny elektroinstalačními trubkami a hadicemi tak, aby bylo možné dostat se z jakékoliv krabičky do jakékoliv jiné. Mezi krabičkami je tedy vytvořena mříž elektroinstalačních hadic, která spojuje všechny krabice a rovněž cvičné rozvaděče. Tato síť propojovacích elementů je zakryta horní dřevotřískovou vrstvou s kvalitní

povrchovou úpravou odolnou proti poškození. Krabice jsou ve výškách používaných v praxi nebo upravených pro použití v této konkrétní učebně. Zásuvkové krabičky jsou umístěny do výšky 30 cm, motorové 76 cm, krabice pro vypínač 150 cm a světelné 15 cm od stropu (podhledu). Konstrukce cvičné stěny je znázorněna na Obr. 17 a Obr. 18.

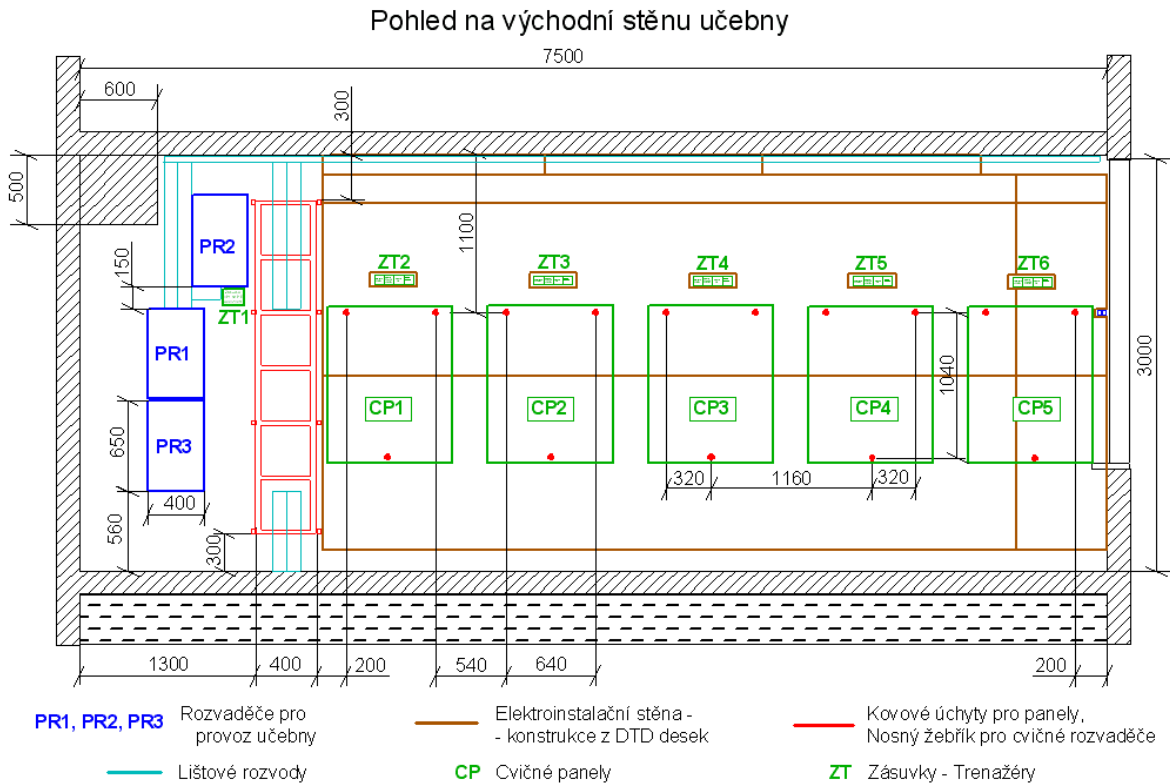


Obr. 18 Přehled rozvržení elektroinstalační stěny

Stěna musí být dostatečně rozměrná, aby mohla simulovat alespoň čtyři místnosti v domě. U stropu je podhled s různými druhy svítidel, ventilátorů, senzorů a dalších přístrojů. Podhled je spojen elektroinstalačními hadicemi se stěnou. Každé svítidlo má svůj vlastní přívod z krabice na zdi. Podhled musí mít dostatečně robustní konstrukci, která unese zatížení při opětovných zapojeních studentů. Nejvhodnější je podhled sklopný, a to především z důvodů snadné údržby, montáže a výměny svítidel a elektroinstalačních prvků (krabic, hadic apod.). Jeho základem je konstrukce svařená z ocelových profilů a následně opláštěná OSB deskami opatřenými povrchovou úpravou.

Na elektroinstalační stěnu budou následně uchyceny jednotlivé cvičné panely popsané dříve. Jedná se vždy o sadu pěti kusů panelů, na kterých budou studenti pracovat při tréninku jiných aplikací, než nabízí elektroinstalační stěna. Jednotlivé panely bude možné velmi jednoduše odstranit a použít část elektroinstalační stěny a současně část panelů nebo celou stěnu pro elektrické instalace. Pro tento účel jsou v konstrukci této stěny vyrobena

kotvící místa pro uchycení cvičných panelů. Kotvící místa musí být jednotná pro všechny panely a dostatečně nosná pro montáž všech druhů zamýšlených cvičných i prezentačních panelů. Ukázka umístění kotvících bodů je na Obr. 19.



Obr. 19 Přehled umístění cvičných panelů a kotvících bodů

Na levé straně cvičné stěny je uchycena ocelová konstrukce, na kterou mohou studenti zavěsit dva cvičné rozvaděče. První pro silnoproudé rozvody (přepět'ové ochrany, proudové chrániče, jištění a stykače nebo spínací relé) a druhý rozvaděč pro systémové obvody. K těmto dvěma rozvaděčům jsou vyvedeny všechny přívodní elektroinstalační hadice z elektroinstalační stěny. Jedná se tedy o centrální místo, ze kterého jsou rozváděny všechny obvody do elektroinstalačních krabic na stěně i v pohledu.

#### 4.4.2 Vybavení

Pro cvičnou stěnu použijeme elektroinstalační krabice pro montáž pod omítku o  $\text{Ø}73 \times 66$  mm (KPR 68). Jde o krabice se zvětšenou hloubkou, které je výhodné použít pro možnost instalace sběrnice modulu i přístroje do jedné krabice, a navíc bude zapojování ve větším prostoru pro studenty pohodlnější. Do vrchní řady krabic doporučuji vždy jako jednu ze sousedící dvojice instalovat krabici KUH 1, případně KAISER 1068-02. Tyto

krabice mají velký vnitřní prostor pro osazení moduly sběrných systémů regulace, KAISER je navíc dvouprostorová – pro oddělení elektroniky a silových částí.

Do podhledu je potřeba instalovat zářivková svítidla s klasickým předřadníkem, s elektronickým předřadníkem, ale i se stmívatelným předřadníkem. Dále svítidla se světelnými zdroji s různými paticemi (např. E33, E27, E14, GU10, G9) – klasické žárovky, kryptonové a reflektorové žárovky i kompaktní zářivky. Protože tato svítidla instalujeme na dřevěnou konstrukci podhledu, musejí být přisazená svítidla vhodná pro montáž na hořlavé povrchy. Důležitým doplněním jsou i vestavná bodová svítidla s napájecím napětím 230 ACV i 12 ACV (patice GU8.3, GU4, G4), včetně zdrojů LED osvětlení. Dle mého názoru je důležité studenty důkladně a prakticky obeznámit s používanými typy svítidel a světelných zdrojů a naučit je správně určit potřebný typ, provedení a napájecí napětí svítidel pro konkrétní aplikace. K tomuto účelu je tato učební pomůcka zcela ideální.

Jako další přístroje použijí elektrický ventilátor, PIR čidla, kouřové detektory, detektory hořlavých plynů, detektory rozbití oken apod.

Všechny přístroje (svítidla, ventilátory, čidla, detektory apod.) jsou vyvedeny do elektroinstalačních krabic, ve kterých je zapojí studenti. K tomuto opatření přistupují po zkušenostech s nedostatečnou životností komponent při nácviku studentů. Je nutné zajistit, aby potencionálně nejvíce mechanicky namáhanými místy (v našem případě svorkovnice a bezšroubové svorky) byly co možná nejlevnější a nejsnáze vyměnitelné součásti elektrické instalace. V případě poškození bude provedena výměna součástky v hodnotě korun a komponenty v ceně stovek nebo tisíců zůstanou nepoškozeny (svítidlo, čidlo, ventilátor apod.). Všechny elektroinstalační hadice, trubky a krabice jsou v provedení pro střední až vysoké mechanické zatížení. Tato volba je opět ovlivněna mechanickou trvanlivostí trenažérů při nácviku studentů.

#### **4.4.3 Modulárnost provedení**

Svítidla, panely i rozvaděče mají jednotná upevňovací místa, aby bylo možné je kombinovat a vyměňovat. To znamená, že v praxi bude snadné vyměnit cvičný panel pro výuku bezdrátových technologií za panel pro nácvik sběrnice metalické, panel pro nácvik bezpečnostních technologií, rozjezdů motorů nebo panel pro nácvik zapojení měření



spotřeby energie. Na totožné úchyty je možné připevnit propagační panely výrobců s uceleným přehledem prvků pro jednotlivé aplikace.

Modulovou skladbu výuky je možné realizovat díky univerzálnosti napájecích míst u každého pracoviště. U každého pracoviště bude umístěna zásuvka 3+N+PE 400/230V, signalizace napětí v této zásuvce, zásuvka pro napětí 24 V 50Hz, zásuvka RJ-45. Díky této bohaté výbavě mohou studenti zapojovat a procvičovat vlastně jakýkoliv obvod. Mohou zapojovat ovládání motorů (24 V AC), rozjezdy motorů a transformátorů (400/230V AC), sběrnice ovládání elektroinstalace (230 V 50 Hz, RJ-45), zapojení domovní elektroinstalace apod. Popisem ovládání napětí v zásuvkách u cvičných panelů se zabývám v kapitole 7.2.2. Rozmístění zásuvek pro cvičné panely je vyobrazeno na Obr. 19.

#### 4.5 Výuka regulace vytápění

Výuku této oblasti domovní regulace plánuji provést dvěma způsoby. První z nich je regulace elektrických přímotopných přístrojů připojených do zásuvek 230 ACV a druhý je regulace topných těles ústředního vytápění.

První způsob budou studenti realizovat pomocí spínacích akčních členů sběrnice systémů instalovaných v rozvaděčích nebo přímo v elektroinstalačních krabicích u spotřebičů.

U druhého způsobu regulace je třeba studentům zpřístupnit radiátory topného systému učebny. Prakticky je totiž nemožné instalovat na trenažéry tréninkové topné okruhy. Napojení cvičných trenažérů na vytápěcí systém učebny provedu co nejjednodušším způsobem, aby tato provázanost byla pro studenty snadno pochopitelná. Propojení musí bezpodmínečně eliminovat možnost chybného zapojení a riziko úrazu elektrickým proudem vlivem chybného zapojení.

Bezpečnost a ochranu před nebezpečným dotykem neživých částí zajistím tak, že všechny termoelektrické pohony ventilů používané v provozu nebo pro trénink studentů realizuji na napájecí napětí 24 ACV. Pro trénink regulace použiji dva druhy termoelektrických hlavic. První jsou dvoustavové (0/I) a druhý typ je pro řízení zdvihu ventilu ovládacím napětím 0 – 10 V DC. Oba dva typy doporučuji poříditi ve variantě NO (bez napětí otevřen). Umístění jednotlivých prvků a jejich propojení je znázorněno v příloze P II. Na elektroinstalační stěně jsou vyhrazené instalační krabice pro zapojení ovládání termostatických hlavic

ventilů topení. Pro ovládání hlavice napájených napětím 24 V (0/I) vyhradím 3 ks krabic (topení č. 1, 2, 3) a pro ovládání a regulaci hlavice napájených napětím 24 V s regulací 0-10V DC určím další 3 ks instalačních krabic. Studenti na svých trenažérech zapojí ovládání a regulaci topného systému a k těmto krabicím přivedou už jen napájecí vedení pro termoelektrické pohony. Z těchto vyhrazených elektroinstalačních krabic jsou pevně instalované propojovací vodiče do zásuvek umístěných vždy u daného topného tělesa. U každého radiátoru tedy umístím 3 ks zásuvek. Konkrétně se jedná o následující zásuvky:

- Zásuvka pro ovládání termoelektrických hlavice sběrnice systémem učebny
- Zásuvka pro regulaci ventilů radiátorů ze cvičných trenažerů pro napájecí napětí 24 V s regulací 0/I
- Zásuvka pro regulaci ventilů radiátorů ze cvičných trenažerů pro napájecí napětí 24 V s regulací 0-10V DC

Každá zásuvka musí být náležitě popsána stejně jako každá vyhrazená elektroinstalační krabice pro tyto regulační obvody. Jelikož se jedná o zásuvky určené pro napětí 24 V, budou v provedení s nezaměnitelnými kontakty, aby se zabránilo zasunutí pohonu hlavice do zásuvky s jinou velikostí napájecího napětí. Zásuvky volím v krytí IP 65, protože se nachází pod okny a při silných deštích hrozí reálné riziko zatečení dešťové vody. Umístění vyhrazených elektroinstalačních krabic je zřejmé z Obr. 17 a také z Obr. 18.

#### 4.6 Výuka ovládání žaluzí

Výuku ovládání žaluzí navrhuji provádět rovněž ve dvou krocích. V počáteční fázi výuky budou studenti ovládat žaluzie umístěné na cvičných panelech. Žaluzie doporučuji vyrobit v rozměru potřebném pro osazení panelů, tj. 50x50 cm. V této velikosti ovšem není technicky možné vyrobit žaluzie pro síťové napájecí napětí 230 ACV, proto na panely umístíme žaluzie napájené 24 DCV. V počátcích nácviku zapojení je napájení bezpečným napětím SELV vhodnější také z důvodů bezpečnosti studentů. Jakmile si studenti dostatečně procvičí zapojení a nastavení systému, můžeme jim pro účely nácviku zpřístupnit i okenní žaluzie na napětí 230 ACV, které budou zapojeny v inteligentním systému učebny.

Znovu využijí vyhrazených elektroinstalačních krabic umístěných na cvičné elektroinstalační stěně, ze kterých vedou pevně zapojené kabely přímo k žaluziím. Studenti

opět zapojí celou regulaci na cvičných trenažérech a k žaluziím povedou pouze napájecí vedení. Cvičnou stěnu osadím 3 ks krabic pro žaluzie v obvodu učebny (žaluzie č. 1, 2, 3). Kde se budou nacházet tyto vyhrazené krabice je znázorněno na Obr. 17. Všechny vyhrazené elektroinstalační krabice musí mít jasný popis, aby nedošlo k jejich záměně.

Přepínání přívodů pro žaluzie v obvodu učebny navrhuji realizovat pomocí vačkových spínačů umístěných v elektroinstalačních pilířích u studentských stolů. Jde o přepínače OBZOR VSN16 2203C4-V-ANZ-S-810-NMR-BZZ1Y01 vybavené blokovými zámky pro uzamčení spínače v poloze – provoz učebny. Spínače doporučuji volit s přepínacími polohami po 90° - z důvodu přehlednosti. Spínače mají tři polohy. Poloha vlevo je určena pro provoz učebny, poloha svisle znamená vypnuto, poloha vpravo je využívána pro cvičná zapojení studentů. Schéma zapojení těchto přepínacích přístrojů je v příloze P XIV. Umístění a vzhled přepínačů je znázorněn na Obr. 26.

## 5 VÝBĚR VHODNÉHO ŘEŠENÍ

V následující kapitole zvolím vhodné řešení ze souhrnu, který byl uveden v kapitole 2. V první řadě se bude jednat o systém inteligentních obvodů učebny odborného výcviku. Navážu výběrem komponent pro jednotlivé cvičné trenažéry. Uvedu hlavní důvody, které ovlivnily výběr, jejich důležitost a nakonec podrobněji popíši vybraný systém.

### 5.1 Hlavní kritéria výběru

V předcházejících kapitolách jsem poukázal na skutečnost, že nabídka systémů domovní automatizace je velmi široká. Jelikož vybíráme komponenty pro výuku v učebních oborech, je zejména nutné, aby byl systém jednoduchý na návrh (topologie), montáž i nastavení. Jednotlivé komponenty musí mít robustní základ, aby při manipulaci nezkušenými uční nedocházelo k destrukci komponent. Rovněž označení jednotlivých svorek, jejich rozložení a umístění na modulech musí zamezit záměně datových nebo slaboproudých svorek se silovými. Za samozřejmost je brána i široká škála nastavení systému, provázanost jednotlivých automatizovaných okruhů a činností a také možnost zabezpečení objektů a napojení přístupových systémů.

Při výběru výukových systémů je nezbytné počítat s náhradou zničených či poškozených komponent novými, aktualizací daných sestav a pořizováním nově vyvinutých a nabízených komponent, které poskytnou větší rozmanitost funkcí, nastavení nebo spolehlivosti dané koncepce. Z těchto podmínek vyplývá také důležitost hlediska cenové relace pořizovaných komponent.

### 5.2 Výběr systému a zdůvodnění výběru

#### 5.2.1 Sběrníkový systém učebny odborného výcviku silnoproudých oborů

Pro inteligentní elektroinstalaci celé učebny jsem vybral systém INELS, který je vyráběn společností ELKO EP Holešov. K tomuto řešení mne vedly následující důvody.

**Cenová relace** – je hlavním důvodem pro výběr. Škola hradí kompletní modernizaci výuky silnoproudých oborů ze svých provozních prostředků a investic a potřebuje minimalizovat náklady. ELKO EP nabízí školám pro výukové potřeby slevu na komponenty INELS až ve výši 50 % z prodejních cen. Již základní ceny komponent jsou

nižší než konkurenční a se slevou pro školy se dostáváme na úroveň hluboko pod konkurencí.

**Ucelenost nabídky** – systém INELS zahrnuje všechny komponenty, které požadujeme. Jedná se hlavně o spínací jednotky na zásuvkové a světelné okruhy do 16 A, stmívací jednotky pro obvody R, L, C, stmívací jednotky pro zářivky osazené elektronickými předřadníky, ovládání žaluzií a termoelektrických hlavic topení, integrace snímačů teploty, vlhkosti, kvality ovzduší, požárních a pohybových čidel. Tento systém rovněž obsahuje přístupový a zabezpečovací systém s monitorováním vstupů jednotlivých uživatelů. Součástí je i ovládání a komunikace se systémem přes mobilní telefon, PC nebo PDA.

**Podpora** – neméně důležitá je i skutečnost, že ELKO EP sídlí v Holešově. Blízkost školy umožňuje i nadstandardní podporu jako jsou exkurze do výroby, pomoc při tvorbě koncepce výuky nebo při samotné montáži systému a jeho ladění. Samozřejmostí jsou i osobní návštěvy pracovníků a konzultace.

**Reference** – k výběru tohoto řešení napomohly i kladné reference od firem z praxe, které tento systém instalují, spravují a monitorují jeho stabilitu a spolehlivost.

### 5.2.2 Materiál pro cvičné trenažéry

Po prozkoumání nabídky na trhu, praktických realizací firem v regionu a srovnání s obecnou filozofií systému a naší výuky jsem se rozhodl zavést do výuky většinou systém INELS. Většina cvičných panelů bude tedy obsahovat komponenty INELS. Je to také z důvodu, že tento systém bude instalován v elektroinstalaci samotné učebny. Žáci si tak budou moci předem prohlédnout prvky systému v provozu a změnit nastavení systému, který poté budou sami navrhovat, zapojovat a programovat. Důvody pro výběr komponent do učebny platí také pro výběr prvků pro cvičné trenažéry.

Protože je nabídka těchto systémů široká a každý systém má poněkud jinou koncepci řízení, zapojení sběrnice, akčních členů a senzorů, napájení ale hlavně nastavení systému, bylo by nerozumné upnout se pouze na jeden z těchto systémů. Z toho důvodu jsem se rozhodl vybavit cvičné panely několika typy inteligentních systémů. Různorodost je potřebná při výuce topologií i přenosových médií. Zastoupeny tak budou systémy metalické, ale i bezdrátové od různých výrobců.

Navrhuji osadit tři panely systémem INELS, dva panely bezdrátovým systémem RF Control, další dva bezdrátovým systémem Xcomfort a jeden panel metalickým systémem Nikobus. Pro rozšíření a doplnění inteligentních obvodů navrhuji vyrobit alespoň jeden cvičný trenažér pro zabezpečovací moduly Jablotron OASIS, které jsou kompatibilní s prvky RF Control.

**RF Control** vyrábí rovněž ELKO EP a kromě výrazně nižší ceny má tento systém následující přednosti:

- široká nabídka prvků
- snadné nastavení jednotlivých modulů
- dlouhá životnost použitých baterií
- vysílací frekvence 800MHz – spolehlivost, dosah
- kompatibilita se zabezpečovacími moduly Jablotron OASIS

**Xcomfort** – vyrábí firma Möeller, jedná se o bezdrátový systém domovní automatizace. Jeho největší výhodou je naprostá univerzálnost, neobvykle bohatá nabídka nastavení jednotlivých částí systému i celé instalace, nadstandardní spolehlivost, systém montáže jednotlivých prvků i podpora od partnera výrobce – firmy Moderní elektroinstalace s.r.o., která je nám nápomocna od výběru komponent, návrhu trenažérů až po návrhy instalačních schémát a tvorbu dokumentace. Zřejmě největší výhodou je možnost vícenásobných podmínek, veškeré funkce Home managera, ale také ucelenost této výrobní řady.

**Nikobus** – je metalický (sběrníkový) systém firmy Möeller. Tento systém je na trhu již delší dobu, je tedy prověřen velkou řadou aplikací a je už značně zdokonalený. Nabízí spolehlivost metalického propojení, možnost nastavení jednotlivých prvků pouze šroubovákem bez připojení počítače – tedy i pro počítačově méně zdatné elektrikáře. Jedná se o robustní systém, který se uplatňuje zejména v rozsáhlých aplikacích. Jeho zastoupení je vlastně nutností s ohledem na zachování ucelenosti naší výuky.

**Zabezpečovací systém** – vybral jsem systém OASIS od firmy Jablotron a.s., kterým bude osazen jeden, případně dva cvičné trenažéry. Tento systém předního českého výrobce je kompatibilní se systémem RF Control a můžeme tedy oba systémy kombinovat a spojovat, ale lze s nimi pracovat i samostatně, což je značná výhoda obou zmíněných systémů. Navíc i Jablotron nabízí pro výukové potřeby škol výraznou slevu, která činí 40 %. Také

system OASIS je relativně snadný na montáž i nastavení, je robustní a hlavně se jedná o certifikovaný zabezpečovací systém. Umožňuje komunikaci a ovládání pomocí mobilního telefonu (SMS, MMS, calling), PC, PDA a dalších. Komunikace je obousměrná a pro jednotlivé SMS zprávy můžeme navolit různé akční povely. Pro jednotlivé poplachové stavy nebo události v systému můžeme navolit formát zasílané SMS, MMS, e-mailu s fotografií narušitele, bezpečnostního rizika nebo havarijní situace.

### 5.3 Popis vybraného systému - INELS

V této části podrobněji popíši systém INELS, který bude ve výuce převážně zastoupen. Zaměřím se na technický popis topologie sběrnice, akční členy, snímače, nastavení systému a komunikaci s okolím.

V systému jsou integrovány dva typy sběrnic:

- instalační sběrnice CIB – maximální délka je 550 m, ale přesná délka v jednotlivých případech je závislá hlavně na úbytku napětí ve sběrnici. Jako přenosové médium výrobce doporučuje kabel s označením J-Y(St)Y 1x2x0.8, J-Y(St)Y 2x2x0.8 a podobné kabely [5], [13], [14]
- systémová sběrnice TCL2 – maximální délka je 300 m, přenosové médium je kabel vhodný pro přenos RS 485 zakončený odporem 120  $\Omega$ . Tato sběrnice slouží pro rozšíření základní sběrnice CIB o další sběrnice pomocí modulů MI2-02M [5], [13], [14]

Jednotlivé prvky systému dělíme:

**Systémové prvky:** [5], [13], [14]

- centrální řídicí jednotka CU2-01M, oddělovač sběrnice od napájecího zdroje BPS2-02M, rozšiřující prvky sběrnice CIB - externí master MI2-02M.
- vstupní prvky (senzory), výstupní prvky (aktory).

**Příslušenství:** [5], [13], [14]

- napájecí zdroje
- senzory elektrické zabezpečovací signalizace (EZS) a senzory elektrické požární signalizace (EPS)

- teplotní senzory
- dotykové displeje

### 5.3.1 Možnosti uplatnění a nasazení systému INELS: [5], [14]

- řízení klasických nebo zářivkových zdrojů světla – spínání a stmívání
- detekce pohybu uvnitř i vně budovy, snímání intenzity osvětlení a regulace svítidel v závislosti na intenzitě osvětlení
- ovládání pohonu žaluzií, rolet a markýz – uživatelsky nebo v závislosti na měnících se fyzikálních podmínkách
- regulace vytápěcích, chladících nebo klimatizačních systémů
- ovládání zvolených spotřebičů s možnostmi dalších podmíněných vazeb
- centrální ovládání a možnost definování logických vazeb a funkcí
- vlastní systémová EZS
- provázanost s EZS přes binární vstupy a výstupy
- možnosti vizualizace a dálkového ovládání
- vzdálená správa a ovládání pomocí GSM (SMS, calling, MMS) a Internetu (PC, notebook, iPod)

### 5.3.2 Instalační sběrnice

Sběrnice CIB je tvořena dvěma vodiči a umožňuje použití libovolné topologie. Vlastní komunikace je modulována na stejnosměrném napájecím napětí. Organizace komunikace na sběrnici probíhá podle pravidel Master/Slave. Informace se po sběrnici pohybují jako kompaktní zprávy od senzoru k aktoru (i k více aktorům). Sběrnice je napájena stabilizovaným zdrojem 24 DCV, při zálohování akumulátory je systém napájen 27 DCV z důvodu dobíjení akumulátorů. Zdroj je ke sběrnici připojen přes oddělovač sběrnice BPS2-02M (případně BPS2-01M). BPS2-02M zabezpečuje korektní napájení sběrnice a odděluje vlastní komunikaci od zdroje napětí a také obsahuje svorky pro připojení zálohovacího akumulátoru pro napájení systému při výpadku napětí. Sběrnice je využívána i k napájení periferních jednotek (senzory, ovladače termoelektrických pohonů, napájení



komponent EZS a EPS). Při tomto způsobu využití sběrnice je nutné brát zřetel na úbytky napětí a hlavně na proudové zatížení sběrnice. Ve všech částech sběrnice by měly být dodrženy následující hodnoty napájecího napětí: [5], [14]

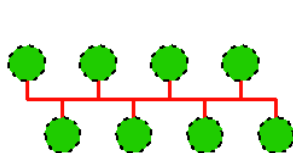
Jmenovité napětí napájecí sběrnice (se zálohováním) -	27,2 V DC	(+ 10%, - 25%)
Jmenovité napětí napájecí sběrnice (bez zálohování) -	24 V DC	(+ 25%, - 15%)
Max. vzdálenost mastera od nejvzdálenější jednotky -	550 m	

### Topologie instalační sběrnice

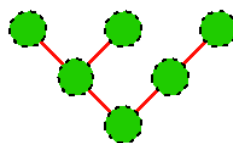
Celkově lze na jednu centrální jednotku připojit 64 systémové prvky (aktory, senzory). Při potřebě instalace vyššího počtu jednotek je možné systém rozšířit o další sběrnice CIB pomocí externích master modulů MI2-02M. S jejich použitím vzroste maximální počet jednotek v systému na 192. Pro organizaci komunikace na sběrnici je nutné každé jednotce přiřadit adresu. Systém INELS využívá hardwarové adresy, které jsou jednotkám pevně přiřazeny při výrobě (16-ti bitové číslo v hexadecimálním tvaru). [5], [14]

Topologii sběrnice systému INELS je možno definovat jako volnou a neexistuje tedy přesně daný formát sběrnice, jednotlivé druhy topologií lze libovolně kombinovat. V praxi existují následující topologie využívané v automatizačních systémech budov: [5], [14]

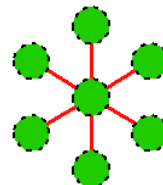
- liniová topologie – účastníci jsou připojeni na odbočkách sběrnice
- stromová topologie – rozvinutá liniová topologie, využití u velkých ploch
- topologie hvězdy – komunikační kanály jsou připojeny k jednomu centrálnímu uzlu
- kruhová topologie – postupné propojení jednotek, přehlednější, snadné projektování, jen jedno sběrnicevé vedení (konce sběrnice se nesmí uzavřít)



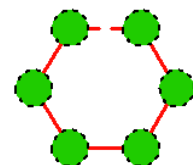
a) Liniová topologie



b) Stromová topologie



c) Topologie hvězdy



c) Kruhová topologie

Obr. 20 Možnosti provedení instalační sběrnice

### 5.3.3 Systémová sběrnice TCL 2

Centrální jednotku s jednotkami externí sběrnice (MI2-02M) propojujeme liniovou topologií. Výrobce pro toto spojení doporučuje stíněný kabel o průřezu minimálně 0,8 mm<sup>2</sup> (např. J-Y(St)Y 2x2x0,8 nebo YCYM 2x2x0,8). Tato sběrnice musí být vždy zakončena odpory 120 Ω. Délka sběrnice TCL 2 je maximálně 300 m. [5], [14]

### Externí sběrnice MI2-02M

Tento modul obsahuje dvě větve sběrnice CIB, každá větev může obsahovat maximálně 32 jednotek. Na centrální jednotku je možné instalovat nejvýše dva moduly MI2-02M. Základní sběrnici CIB je tedy možné rozšířit o maximální počet 128 jednotek na externích sběrnících. Modul je napájen přímo ze sběrnice CIB1. [5], [14]

### 5.3.4 Centrální jednotka CU2-01M

Centrální jednotka je v podstatě „srdcem“ celého systému. Jedná se o PLC s integrovanou pamětí 4MB, webovým serverem, Ethernet rozhraním, dvěma sběrnici CIB, sběrnici TCL2 a také rozhraním RS 232 pro připojení GSM brány. Plní v podstatě funkci rozhraní mezi uživatelským prostředím a účastníky na sběrnici (aktory a senzory). Vybavení CU2-02M je následující:

**Vstupy/výstupy:** [5], [13], [14]

- 4x bezpotenciálový vstup pro připojení ovladačů – tlačítek, vypínačů, detektorů
- 1x reléový výstup NC/GND
- 2x PSM vstupy pro monitorování síťového napájení a stavu záložních akumulátorů

**Komunikační prostředky:** [5], [13], [14]

- OPC server – pro komunikaci s dalšími systémy v budově (OPC klienty)
- Webový server – pro kontrolu stavu systému, jednotlivých jednotek a senzorů a pro ovládání spotřebičů, zabezpečení a kamer přes internetový prohlížeč (PC, PDA)
- Ethernet 10/100 Mbps – pro komunikaci s nadřizovanými systémy protokolem EPSNET UDP v sítích TCP/IP, pro programování systému pomocí dodávaného software Inels Design Manager (IDM)

- 1x rozhraní RS232 pro připojení jednotky pro komunikaci v síti GSM (GSM2-01)
- Displej – pro zobrazení stavu jednotky a síťového nastavení jednotky

### 5.3.5 Akční členy systému INELS [5], [13], [14]

- Spínací jednotky – pro montáž na lištu DIN nebo do elektroinstalační krabice v provedení s jedním, dvěma, čtyřmi nebo dvanácti spínacími (přepínacími) bezpotenciálovými kontakty
- Stmívací jednotky pro stmívání R, L, C zátěže
- Stmívací jednotky pro zářivky – pro stmívání zářivek osazených elektronickými předřadníky pro ovládání intenzity osvětlení napětím 0 (1) – 10 DCV
- Ovladače termoelektrických pohonů ventilů topení
- Žaluziové aktory – pro ovládání žaluzií 24 DCV nebo 230 ACV s blokováním současného sepnutí obou kontaktů

### 5.3.6 Převodníky [5], [13], [14]

- Analogově digitální převodníky – pro připojení analogových snímačů, které produkují napěťový nebo proudový signál a také pasivních odporových senzorů
- Digitálně analogové převodníky – pro regulaci a ovládání zařízení řízených analogovým napěťovým signálem 0 – 10 DCV nebo 1 – 10 DCV

### 5.3.7 Jednotky vstupů [5], [13], [14]

- Jednotky binárních vstupů pro montáž na lištu DIN nebo do elektroinstalační krabice v provedení pro připojení dvou, čtyř, osmi nebo čtrnácti zařízení s bezpotenciálovým kontaktem. Vstupy je možné využít i jako vyvážené. Jednotky produkují napětí 12 DCV pro napájení komponent EZS a EPS
- Jednotky pro připojení vstupů z teplotních senzorů

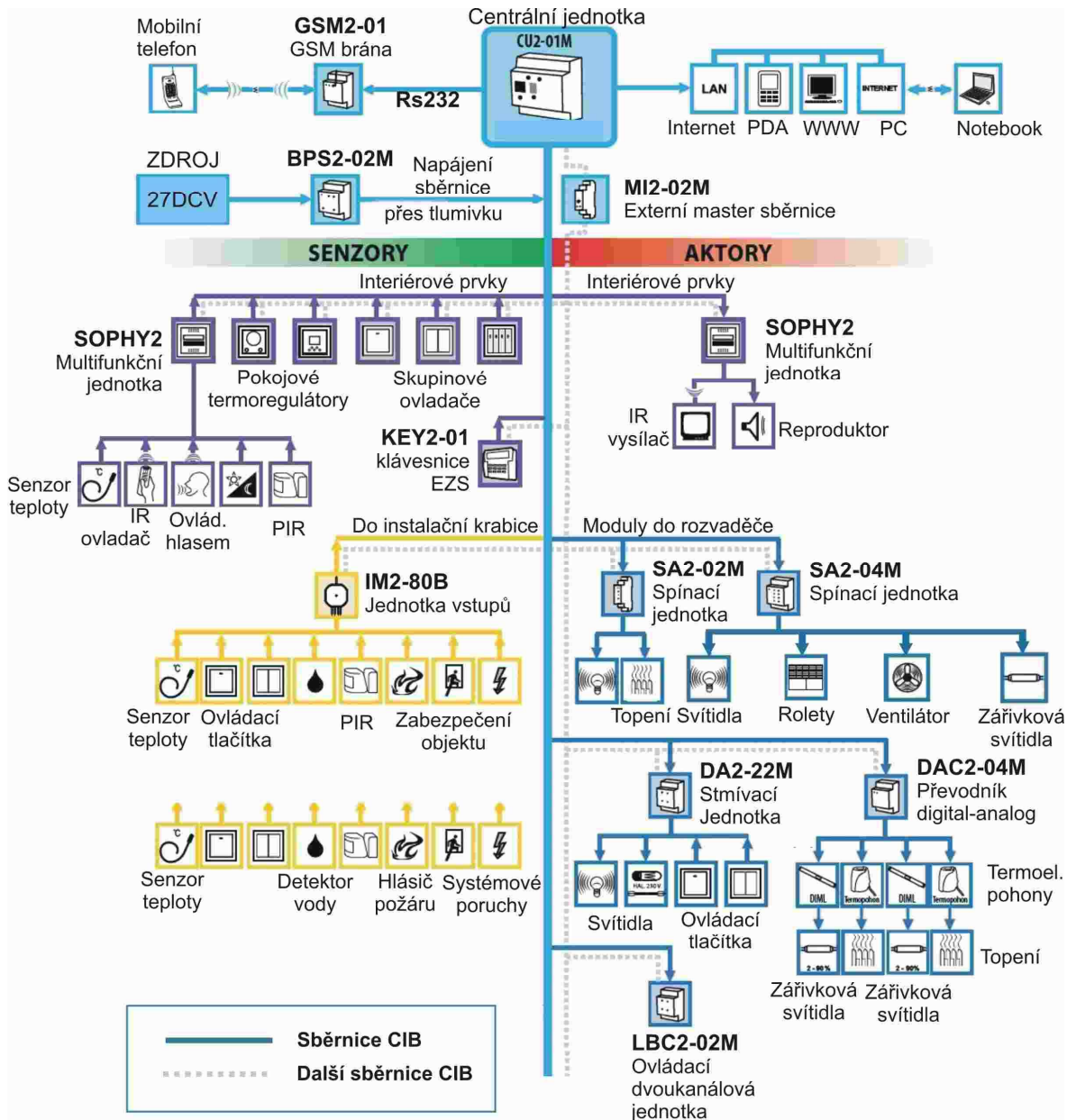
### 5.3.8 Tlačítka, termostaty a ostatní jednotky [5], [13], [14]

- Sběrníková tlačítka – v provedení se dvěma, čtyřmi nebo osmi tlačítky se světelnou signalizační diodou a teplotním senzorem

- Multifunkční jednotka – vybavená senzorem hlasu, senzorem intenzity osvětlení, IR senzorem, dvěma tlačítky, teplotním senzorem, reproduktorem, vysílačem IR signálu a čtyřmi binárními vstupy
- Termoregulátory – v digitálním nebo analogovém provedení
- Zabezpečovací klávesnice – v provedení se čtečkou paměťových karet nebo bez této čtečky
- Nástěnná čtečka magnetických karet – pro čtení bezkontaktních médií (RFID media s nosnou frekvencí 125 kHz a s IC type Unique 64 bits Ask Manchester), vybavena také spínacím kontaktem pro spínání ovládaného zařízení (dveře, turnikety atd.)
- Multifunkční teplotní ovladač – vybaven teplotním senzorem, vstupem pro externí teplotní senzor (např. podlahový) a reléovým spínacím kontaktem (16 A)
- Dotykové panely – zobrazovací a ovládací jednotky vybavené TFT displejem, rozhraním Ethernet 1Gb/s, procesorem AMD GEODE LX800, 256 MB RAM, CompactFlash 512 MB, VGA, 2× RS232, 4× USB, 1×LPT, 1× PS2 (klávesnice a myš), 1× IRDA 115 kb/s, 1× audio

### 5.3.9 Komponenty EZS

PIR senzory, kouřové senzory, senzory hořlavých plynů, senzory rozbití skla, magnetické kontakty, senzory zaplavení, sirény, houkačky, světelná signalizace.



Obr. 21 Pohled na celou topologii systému INELS [13]

## 6 ZAČLENĚNÍ DO VÝUKOVÝCH OSNOV

Tuto kapitolu věnuji vhodnému začlenění problematiky inteligentních obvodů do výuky a hrubému odhadu časových dotací potřebných pro zvládnutí jednotlivých činností. V současné době si střední odborné školství vytváří vlastní školní vzdělávací plány (dále jen ŠVP), proto je poměrně jednoduché definovat potřebné kvantum výuky, náplň, výstupy a kompetence, které si studenti mají osvojit. Je zřejmé, že pro zavedení nové látky do funkční výuky je nutné vyřazení jiných témat. V našem případě je situace o něco jednodušší, protože jsme zavedli nový učební obor Elektrikář s novými výukovými plány.

V předešlém učebním oboru bylo v 1. ročníku věnováno odbornému výcviku elektro pouze 30 % doby (současné učební plány počítají s 80 %), takže u studentů byla nízká progresse vědomostí a ve 2. ročníku jsme v podstatě začínali výuku od začátku. Třetí ročník je tvůrci rámcových vzdělávacích plánů (RVP) projektován pro praxi studentů u našich sociálních partnerů. Bohužel v dnešní době poptávka školy po práci převyšuje nabídku. Důsledkem je velmi malý zájem o praxi našich studentů. Na druhou stranu vzrůstá zájem ze strany firem o vyučené studenty se speciálním zaměřením. Této skutečnosti využíváme a z výuky 3. ročníku jsme 50 % vyčlenili na výuku inteligentních obvodů.

Základy výuky inteligentních obvodů navrhuji realizovat ve 2. ročníku oboru Elektrikář a převážnou část výuky této technologie doporučuji směřovat až do 3. ročníku.

Popis podrobných ŠVP je dle mého názoru nadbytečný. Uvedu jen tematický záběr výuky v každém ročníku, časovou dotaci potřebnou pro zvládnutí tématu a kompetence, které by si studenti měli během výuky osvojit.

### 6.1 Druhý roční učebního oboru Elektrikář

Ve druhém ročníku připravuji pouze obecné seznámení studentů s danou tematikou. Hlavní zřetel bude kladen na následující oblasti a témata.

#### 6.1.1 Obecný popis a charakteristika inteligentních obvodů

Náplní je vysvětlení pojmu inteligentní elektroinstalace, jejích možností, výhod, uplatnění, limitů a efektivnosti nasazení. Studenti mají být schopni vysvětlit, co se za pojmem inteligentní elektroinstalace skrývá, kdy a kde má smysl její použití, co všechno dovede a

jaké technologie se používají. Součástí tohoto učebního bloku bude i přehled výrobců a jejich řešení. Časovou dotaci pro tento blok stanovuji na 48 hodin.

## **6.2 Třetí ročník učebního oboru Elektrikář**

V tomto ročníku již budou podrobně probírány všechny vyučované technologie, jejich návrh, zapojení a nastavení. Celková dotace na celý ročník čítá 653 hodiny odborného výcviku, z tohoto rozsahu věnujeme výuce inteligentních obvodů cca 325 hodin v následujícím členění.

### **6.2.1 Obecné dělení a uplatnění systémů domovní automatizace**

V tomto bloku se studenti naučí, pomocí kterých přenosových médií mohou jednotky systémů komunikovat, výhody a uplatnění jednotlivých zástupců. Dále dělení systémů na centralizované, hybridní a decentralizované a jaké jsou dostupné produkty na trhu z jednotlivých oblastí.

Následně budou probrány možnosti a uplatnění jednotlivých systémů, jejich omezení a realizace, kde má jejich nasazení smysl. Časovou dotaci určuji 7 hodin.

### **6.2.2 Konkrétní systémy inteligentní elektroinstalace**

#### **INELS, Nikobus, RF Control, Xcomfort a Jablotron OASIS**

Základní charakteristika jednotlivých systémů, jejich topologie, jednotky a funkce. Studenti se naučí navrhovat každý systém jednotlivě a pro konkrétní zadání. Následovat bude výuka nákresů schémat zapojení s použitím patřičného software na PC a samotné zapojení na trenažérech. Konečnou dovedností každého studenta bude nastavení systému a jeho správa.

Časovou dotaci na každý ze systémů predikuji na 35 hodin. Celkem tedy 175 hodin.

### **6.2.3 Vizualizace**

Pro účely výuky navrhuji technologii YATUN. Studenti si nejdříve osvojí funkce tohoto vizualizačního systému, naučí se oblasti využití a uplatnění, stavbu systému a také cenové rozpětí a návrh systému. V neposlední řadě si procvičí nastavení systému a jeho ovládání. Časovou dotaci na zvládnutí a procvičení těchto dovedností určuji na 21 hodin.

## 7 PROJEKT SYSTÉMU LABORATOŘE

V této kapitole popíši projekt systému elektroinstalace učebny pro výuku prvků inteligentních obvodů. Celý projekt se zabývá pouze návrhem a specifikací řešení. Pokud jsou v textu uváděny fotografie, jedná se pouze o dokumentaci z přípravných prací. Praktická realizace začne ve školním roce 2010/2011. Provádět ji budou studenti školy v rámci odborného výcviku, což umožní procvičit se studenty dovednosti, které za normálních okolností v učebně simulovat nelze. Díky tomu bude uspořena část finančních prostředků a tím umožněno pořízení dalšího elektrotechnického materiálu a komponent. Z těchto důvodů se dále zaměřím pouze na část projektovou.

Projekt se ukázal být mnohem komplikovanější a rozsáhlejší, než jsme na počátku ve spolupráci s vedoucím mé diplomové práce byli schopni odhadnout, což mělo za následek nárůst rozsahu této práce. Nejsložitější bylo vytvoření podrobné a korektní výkresové dokumentace, specifikace obvodů, délek vodičů, úbytků napětí, impedancí obvodů a rozpočtu včetně konkrétních specifikací typů, počtů a cen jednotlivých komponent. V této části práce jsem vycházel z norem pro tvorbu elektrotechnické dokumentace a kreslení, z norem a předpisů platných pro návrh osvětlení a další literatury [21], [23], [24], [25].

Další poměrně obtížnou částí bylo navržení provázání instalace učebny se cvičnými trenažéry studentů, přepínání jednotlivých okruhů pro provoz učebny a nácvik studentů, rozvržení jednotlivých trenažérů a prostorové řešení celého projektu.

Z důvodů velkého počtu příloh (výkresová dokumentace, seznam obvodů, rozpočet, kontrolní výpočty a další) je část příloh v tištěné formě a ostatní přílohy jsem uvedl v elektronické formě na přiloženém CD.

### 7.1 Popis projektu

V této kapitole obecně definuji realizovaný projekt, jeho vyřešené části, použité normy a způsob realizace ochrany před nebezpečným dotykem.

#### 7.1.1 Účel a rozsah projektu

V projektu jsem zpracoval světelnou, zásuvkovou a motorickou silovou elektroinstalaci, dispozice a rozvody inteligentních obvodů, elektrickou zabezpečovací signalizaci (EZS), elektrickou požární signalizaci (EPS) a slaboproudou elektroinstalaci.



V části zabývající se silovou elektroinstalací jsem provedl návrh umístění a zapojení rozvaděčů a jejich osazení instalačními prvky, provedení napájecích obvodů silové části, rozmístění spotřebičů, kladení kabelových tras a jejich provedení a také propojení elektroinstalace učebny s cvičnými trenažéry pro studenty.

V části, která řeší inteligentní elektroinstalaci, popisují výběr a umístění jednotlivých prvků, instalační sběrnici a také doporučené nastavení systému.

V části zabývající se slaboproudou elektroinstalací jsem navrhl kamerový systém (CCTV) a také rozvod místní počítačové sítě LAN a Wireless LAN.

### **7.1.2 Projekt nezahrnuje**

Protože se jedná o projekt odborné učebny a nikoliv celého objektu, nezabývám se provedením hromosvodu, hlavním domovním pospojováním, kompenzací účinníku ani provedením přípojky z distribuční rozvodné sítě.

### **7.1.3 Výchozí podklady**

Při zpracování projektu jsem vycházel z dispozic budovy a místností, z podkladů od spolupracujících firem, definovaných požadavků na výuku, stanovených finančních limitů, platných ČSN a katalogů výrobců. Stavební výkresová dokumentace nebyla k dispozici, byl jsem nucen zpracovat si ji sám.

### **7.1.4 Výchozí závazné normativní dokumenty**

- ČSN 33 2000-1:2003 Elektrické instalace budov. Část 1: Rozsah platnosti, účel a základní hlediska
- ČSN 33 2000-3:1995 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 3: Stanovení základních charakteristik
- ČSN 33 2000-4-41:2000 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost - Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- ČSN 33 2000-4-47:1997 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 470: Všeobecně. Oddíl 471: Opatření k zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem

- ČSN 33 2000-4-473:1994 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům
- ČSN 33 2000-4-443:2001 Elektrické instalace budov. Část 4: Použití prostředků ochrany proti přepětí a snížení rizika
- ČSN 33 2000-5-51 ed. 2:2006 Elektrická instalace budov. Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení. Všeobecné předpisy
- ČSN 33 2000-5-54:1996 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče
- ČSN 33 0165:1992 Elektrotechnické předpisy. Značení vodičů barvami nebo číslicemi. Prováděcí ustanovení
- ČSN 33 2030:2004 Elektrostatika. Směrnice pro vyloučení nebezpečí od statické elektřiny
- ČSN 33 2130:1985 Elektrotechnické předpisy. Vnitřní elektrické rozvody
- ČSN 33 2180:1980 Elektrotechnické předpisy ČSN. Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů
- ČSN EN 60865-1:2007 Zkratové proudy. Výpočet účinků. Část 1: Definice a výpočetní metody
- ČSN EN 50110-1 ed.2:2005 Obsluha a práce na elektrických zařízeních
- ČSN 35 9700:1995 Dielektrické ochranné a pracovní pomůcky pro elektrotechniku
- ČSN 73 0580-1:1999 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky
- ČSN EN 12464-1:2004 Světlo a osvětlení. Osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- ČSN 38 0810:1987 Použití ochrany před přepětím v silových zařízeních
- ČSN 33 1500:1991 Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení
- ČSN EN 62305:2006 Ochrana před bleskem

### 7.1.5 Určení vnějších vlivů

„Vnější vlivy definuje ČSN 33 2000-3, kap. 32“. [20] V prostorách, kterých se projekt týká, můžeme definovat prostředí jako jednoduché a základní. Dle původní ČSN 33 0300 (zrušena) jsou vnitřní prostory považovány za prostory normální, bez nebezpečí výbuchu a agresivních vlivů. Dle ČSN 33 2000-3 jsou vnější vlivy definovány následovně: [20]

- Prostor AA5 - teplota +5 až +40°C
- Využití BD2 - školy (obtížné podmínky úniku v případě nebezpečí - výškové domy)
- Konstrukce budovy CA1 - nehořlavá

### 7.1.6 Elektrické napájení, požadavky na kvalitu napájecí energie

Celá elektroinstalace bude provedena sítí TN-S. Pro světelné a zásuvkové obvody se bude jednat o 1+N+PE AC 230V 50 Hz. Kabely pro světelné obvody jsem navrhl CYKY-J 3x1,5 mm<sup>2</sup>, pro zásuvkové obvody CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup>.

Pro silové obvody bude platit 3+N+PE AC 400/230V 50Hz (případně 1+N+PE AC 230 V 50Hz). U jednotlivých silových obvodů definuji kabely později při popisu konkrétních obvodů. Určení kabelů bude záviset hlavně na proudovém zatížení a uložení kabelů.

Protože se jedná o obvody vybavené prvky PLC, senzory, čidly a výpočetní technikou je důležité chránit celou instalaci před transienčními vlivy tzv. koordinovanou ochranou pomocí SPD (ČSN EN 62305-4).

### 7.1.7 Požadavky na spolehlivost dodávky elektrické energie

Elektrický obvod učebny, stejně jako celá elektroinstalace školy, je napájen podle 3. stupně dodávky elektrické energie. To znamená, že při výpadku elektrické energie nedochází k ohrožení života ani ke značným materiálním škodám. Tuto dodávku elektrické energie není třeba tedy nijak zvlášť zabezpečovat.

### 7.1.8 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Dle normy ČSN 332000-4-41:2000 jsem ochranu před úrazem elektrickým proudem řešil následovně:

**Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí:**

- Článek 412.1 – izolací
- Článek 412.2 – kryty

**Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí – základní ochrana:**

- Článek 413.1.3 – samočinným odpojením od zdroje

**Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí – zvýšená ochrana:**

- Článek 413.5 – proudovým chráničem
- Článek 413.1.2.2 – doplňujícím pospojováním

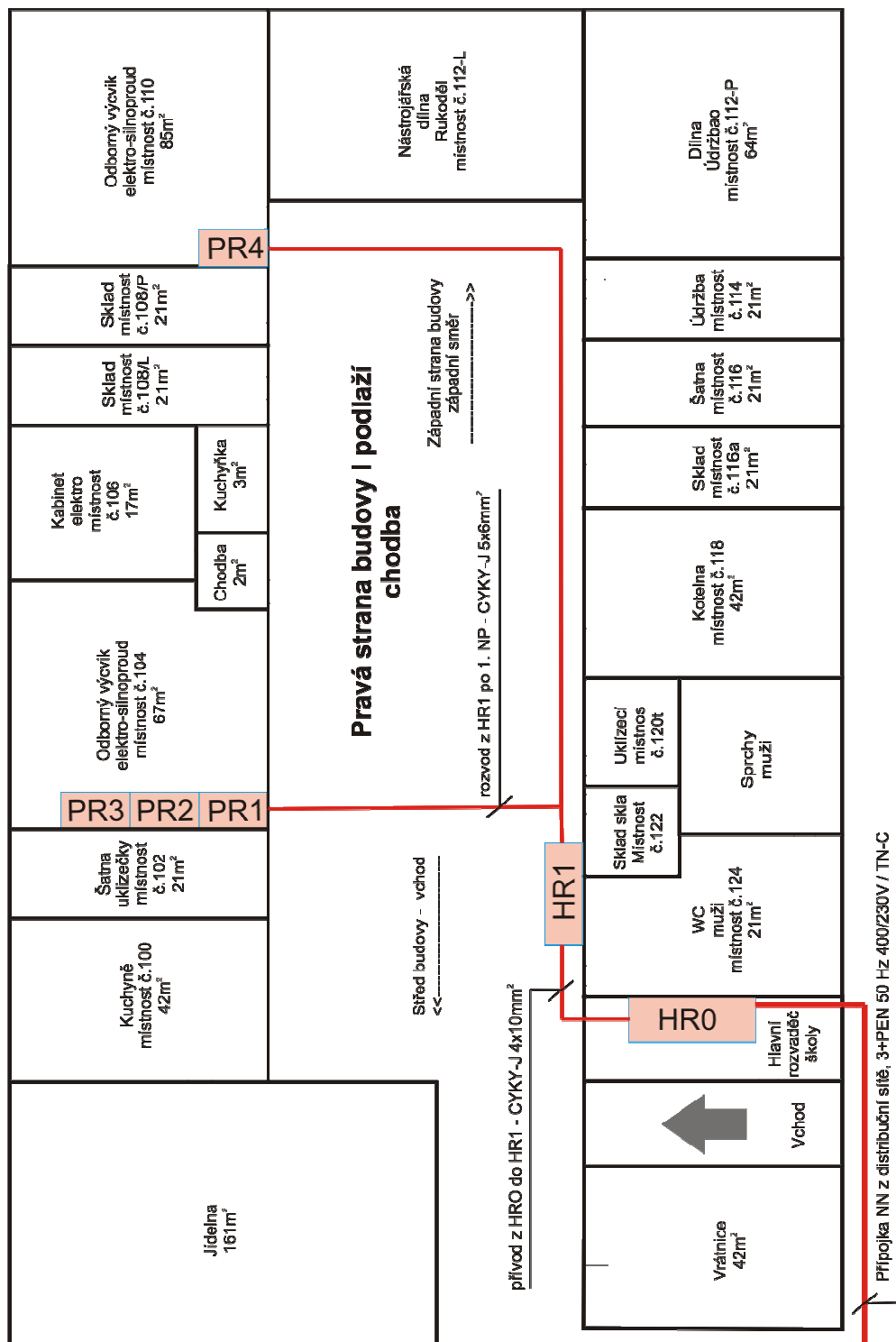
## 7.2 Technické řešení

V této části práce podrobně popíši a definuji jednotlivé části projektu. Na úvod celého řešení uvedu situační umístění rekonstruované učebny v budově školy. Ukážu umístění rozvaděčů, přívod energie a přístupy do místnosti. Podrobně definuji jednotlivé části elektroinstalace učebny, jejich význam a na závěr uvedu kompletní výkresovou dokumentaci.

### 7.2.1 Připojení ke zdroji elektrické energie

Učebna bude připojena k rozvodům elektrické energie v budově z rozvaděče HR1 v 1. nadzemním podlaží. V tomto rozvaděči umístíme předřazenou ochranu trojpólovým jističem 32A s vypínací charakteristikou B. Přívod do učebny realizujeme kabelem CYKY-J 5x6,0mm<sup>2</sup>. V rozvaděči HR1 budeme taktéž řešit 2. stupeň SPD ochrany. Kompletní přehled řešení „koordinované ochrany“ pomocí SPD je patrný z Obr. 22. V hlavním rozvaděči budovy HR0 navrhuji použít svodič přepětí s uzavřeným jiskřištěm a řízenou ionizací Möeller SPI-35/440/3. Tato ochrana 1. stupně (třídy B) je určena pro síť TN-C (TN-C-S).

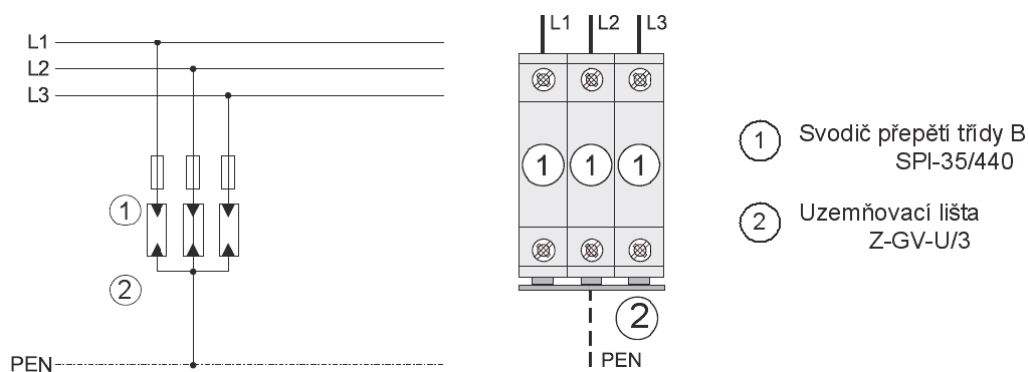
V hlavním rozvaděči pro 1.NP HR1 jsem naplánoval umístění kombinované ochrany třídy B+C – Möeller SPB-12/280, která tvoří další stupeň koordinované ochrany pomocí SPD. Tuto ochranu je možné rozšířit o pomocné kontakty, které můžeme následně použít pro signalizaci stavu této ochrany v inteligentním systému učebny.



Obr. 22 Situační plán umístění učebny v budově

Poslední 3. stupeň ochrany (třída D) jsem umístil přímo do podružného rozvaděče PR1 v učebně. Přes tuto ochranu budou připojeny inteligentní obvody INELS, EZS a EPS. Popis, specifikace a zapojení této ochrany je v kapitole 7.2.2. Pro obvody výpočetní techniky a ostatní citlivá zařízení bude instalován 3. stupeň ochrany přímo do zásuvek 230

ACV u spotřebičů. Umístění a specifikace jednotlivých typů ochran třídy D jsou znázorněny v příloze P I.



Obr. 23 Schéma zapojení ochrany třídy B [22]

### 7.2.2 Provedení rozvaděčů

V učebně osadíme podružné rozvaděče PR1, PR2, PR3. Všechny rozvaděče jsem zvolil pro montáž na omítku, a to z důvodu použití instalačních žlabů pro rozvody kabeláže. Zvolil jsem celoplastové modulové rozvodnice LUME 400x650 mm. Umístění jednotlivých rozvaděčů v učebně je zřejmé z přílohy PI a také z Obr.19.

**PR1 – rozvaděč silové elektroinstalace.** Tento rozvaděč jsem definoval v provedení s plnými dvířky LUME 12918 IMPERIA, ve kterých provedeme ovládání bezpečnostního obvodu Central STOP a signalizaci stavů jednotlivých obvodů.

Funkcí PR1 bude kromě jištění světelných, zásuvkových a motorických okruhů 230 ACV 50 Hz, zásuvkových okruhů 3x400 ACV 50 Hz, přívodů pro rozvaděče PR2 (INELS) a PR3 (transformátory) také zajištění zvýšené ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí proudovým chráničem a posledního stupně koordinované ochrany pomocí SPD (třídy D) pro obvody INELS, poskytnutí bezpečnostní funkce Central STOP a zajištění centrálního ovládání přívodů pro cvičné trenažéry.

Ovládání přívodů pro cvičné trenažéry navrhuji pomocí vačkových spínačů následovně:

- Vačkový spínač SA1 přepíná přívod ke cvičnému rozvaděči elektroinstalační stěny 3x400 ACV / Vypnuto / 3x24 ACV
- Vačkové spínače SA2 až SA6 zapínají přívody 3x400 ACV pro panely 1 až 5

- Vačkový spínač SA7 přepíná přívod ke klimatizaci Zapnuto provoz učebny / Vypnuto / Zapnuto cvičné trenažéry
- Vačkový spínač SA8 přepíná přívod ke stropnímu ventilátoru Zapnuto provoz učebny / Vypnuto / Zapnuto cvičné trenažéry

Přepínač SA1 bude používán při nácviu zapojení na elektroinstalační stěně. Napájení 3x24 ACV použijeme při zapojování svítidel a spotřebičů na 24 V 50 Hz hlavně v počátcích nácviu ovládání domovní elektroinstalace. Napětí zdroje SELV zajistí dostatečnou bezpečnost studentů při zapojování, zkoušení i odstraňování závad v obvodech. K použití napájení 3x400 AC přistoupíme později, až si studenti dostatečně procvičí všechna zapojení a nabudou jistoty pro složitější obvody, kde již napětí 24 ACV není možné použít. Jmenovitý proud přepínače SA1 je 16 A, jmenovité napětí 400V, přepínací polohy po 90° a dále je opatřen blokovým zámekem pro možnost uzamčení polohy 24 ACV, aby se předešlo výskytu vyššího napětí při práci se spotřebiči na napětí SELV. Je to důležité hlavně z hlediska zajištění bezpečnosti studentů při práci s malým bezpečným napětím.

Přepínače SA2 až SA6 pouze zapínají napětí 3x400 V 50Hz pro silové zásuvky cvičných panelů. Tyto zásuvky jsou v příloze P II označeny 1.60, 1.62, 1.63, 1.65, 1.66. Přepínače jsou definovány pro jmenovitý proud 16 A, napětí 400V, přepínací polohy po 90° - svislá poloha - vypnuto.

Přepínače SA7 a SA8 použijeme pro poskytnutí klimatizace a stropního ventilátoru pro ověření zapojení na studentských cvičných panelech. Levá poloha sepne obvod řízený systémem INELS pro regulaci učebny. Prostřední poloha znamená vypnuto a pravá poloha je pro spojení obvodů cvičných trenažérů a obvodů klimatizace nebo ventilátoru. Pomocí těchto přepínačů mohou studenti prověřit svá zapojení na zmíněných zařízeních instalovaných v obvodu učebny. Vybral jsem spínače pro jmenovitý proud 16 A s polohami ovládací páčky po 90°. Je velmi důležité, aby byly opatřeny blokovými zámky pro uzamčení polohy „provoz učebny“. Zámky zabrání neočekávanému přepnutí za strany studentů a zajistí dostatečnou úroveň bezpečnosti.

Ovládání na dvířkách PR1 – zapínací tlačítko stykače bezpečnostního obvodu (SB1) – zelené s popisem „I“, vypínací tlačítko Central STOP (SB2) – červená hřibová hlavice o průměru 40 mm se samočinným návratem a umístěná na kontrastním pozadí (žlutý terčík o

průměru 90 mm s nápisem Central STOP), signalizace zapnutých obvodů – červená signálka LED (HL1), signalizace vypnutých obvodů připojených přes tuto bezpečnostní funkci – zelená signálka LED (HL2). Obvody napájené tímto obvodem byly podrobně vyjmenovány v kapitole 3.1.4. Napájecí napětí stykače a také signalizace je 230 V 50 Hz. Přístroje v tomto obvodu musejí být dimenzovány na toto napětí. Ve dvířkách je dále umístěna signalizace provozu klimatizace a stropního ventilátoru. Bílé světelné návěstí (HL3, HL5) signalizuje provoz systému učebny a modrá světelná návěstí (HL4, HL6) signalizují provoz zařízení ze cvičných trenažérů. Podrobná specifikace jednotlivých přístrojů pro tuto funkci je znázorněna v příloze P VI. Zapojení rozvaděče PR1 i bezpečnostní funkce Central STOP je uvedeno v příloze P VIII.

Všechny modulové prvky pro tento rozvaděč jsem specifikoval od společnosti HAGER. Konkrétně se jedná o řadu jističů s vypínací schopností 6kA. Jde o dostatečně dimenzovanou řadu pro účely provozu a simulací v učebně, která je ekonomicky výhodná. Její předností je také možnost snadného popisu jednotlivých přístrojů a snadná manipulace. Specifikace komponent pro osazení PR1 jsem uvedl v příloze P VIII a P XVI.

Hlavní jistič MCN325, 3. stupeň ochrany proti přepětí (třída D) pro napájení rozvodů INELS Möeller SPD-S-1+1 doplněný o pomocný kontakt, který bude napojen do inteligentní elektroinstalace pro informování obsluhy o zareagování SPD ochrany. Dále bude obsahovat čtyřpólový proudový chránič s citlivostí 30mA a jmenovitým proudem 40A (CD441J), jistící prvky pro obvody v učebně, stykač (ES320A 3S 20A) s ovládním 230V, pomocné kontakty pro stykač (EP 071) a zásuvku 230 ACV. Dále navrhuji tento rozvaděč osadit vačkovými spínači OBZOR pro zapínání okruhů pro cvičné trenažéry studentů. Přívod do rozvaděče provedeme vrchem a vývody spodem a vrchem rozvaděče.

Světelné okruhy budeme jistit jističi MBN106 a MBN110, zásuvkové okruhy 230 ACV 50 Hz navrhuji jistit jističi MBN116, obvod klimatizace jističem MCN116 Jištění zásuvkových okruhů 3x400 ACV 50 Hz provedeme jističi MBN316, obvody žaluzií, elektricky ovládaného plátna připojíme přes jistič MBN110, přívody pro transformátor 3x400 ACV / 3x24 ACV 50 Hz jističem MBN310, přívod pro transformátor 230 ACV / 24 ACV jističem MBN110 a obvod ovládní stykače jističem MCN102.

**PR2 – rozvaděč pro komponenty INELS.** Do tohoto rozvaděče umístíme všechny modulové prvky inteligentní elektroinstalace INELS. Jelikož každý z těchto prvků má



světelnou signalizaci, doporučuji použít rozvaděč LUME 12908 IMPERIA s průhlednými dvířky, aby měla obsluha přehled o stavu jednotlivých prvků. Kromě zdroje napětí pro tento systém a prvků INELS osadíme rozvaděč 3 ks pomocných relé VS316/230. Tato relé použijeme pro spínání a vypínání obvodů při aktivaci zabezpečení místnosti (opuštění místnosti). Relé mají napájecí napětí 230 ACV a jmenovitý proud každého kontaktu 16 A. Každé relé je vybaveno třemi kontakty, které využijeme pro tři různé obvody. Konkrétně se jedná o tyto obvody: 3 okruhy pro studentské PC, 1 okruh PC učitel a obvod projektoru, 3 zásuvkové okruhy – celkem tedy 7 silových obvodů. Dva kontakty ponecháme jako rezervní pro případné rozšíření aplikace.

Další pomocné relé VS116K slouží pro kontrolu napájecího napětí a stavu zálohovacích akumulátorů (pokud by byly instalovány).

Přívod do rozvaděče provedeme spodní stranou z rozvaděče PR1, odvod elektrických obvodů realizujeme vrchní stranou PR2. Pro přívod použijeme kabel CYKY-J 3x2,5mm<sup>2</sup> a jištění umístíme také do rozvaděče PR1. Rozmístění prvků v PR2 je znázorněno v příloze P IX. Vybavení rozvaděče, jeho zapojení a funkce jednotlivých prvků jsou v příloze P X.

**PR3 – rozvaděč pro transformátory.** Do tohoto rozvaděče umístíme všechny transformátory nutné pro napájení cvičných trenažérů pro studenty, transformátorů pro otevírání dveří, napájení termoelektrických pohonů ventilů topných těles v učebně a také akustickou signalizaci požadavku o vstup od vstupních dveří.

U každého cvičného panelu umístíme kromě silových zásuvek (3+N+PE 400/230V 50Hz) také zásuvky pro bezpečné napětí. Tyto zásuvky jsou označeny v příloze P II jako zásuvky 1.49, 1.50, 1.51, 1.53, 1.54. V zásuvkách 1.49 až 1.51 bude možno přepínat napájecí napětí 24 ACV – vypnuto – 27 ACV. Napětí 24 V 50Hz budeme využívat pro ovládání motorů a transformátorů a napětí 27 V 50 Hz budou studenti používat pro napájení sběrníkových systémů INELS při svých cvičných zapojeních. Pro přepínání aktivních zdrojů napětí pro tyto zásuvky slouží SA10 umístěný na boku PR3. V levé poloze bude aktivní transformátor 230V/24V 50 Hz (ELTEK CSTN 250), ve střední poloze přepínače budou zmíněné zásuvky bez napětí a v pravé poloze bude aktivní transformátor 230V/27V 50 Hz (ELKO PS-50/27).

Pro zbývající zásuvky 1.53 a 1.54 bude sloužit transformátor 230V/24V 50Hz (ELTEK CSTN 250) a k ovládání napětí v zásuvkách použijeme SA11.

Jak již bylo podrobně popsáno v kapitolách 4.4 a 7.2.2 (v části PR1) v zásuvce pro cvičné trenažéry (1.59) budeme přepínat napájecí napětí 3x400 ACV – vypnuto – 3x24 ACV. Toto přepínání je řešeno v PR1. Zdroj pro bezpečné napětí 3x24 V 50 Hz je ovšem umístěn v PR3 a v příloze P XII je tento transformátor označen jako T3. Aktivaci tohoto transformátoru řeším pomocí SA9.

Transformátor pro napájení přístupového systému jsem zvolil ELKO DR-60-12, který má stabilizované výstupní napětí 12 DCV/54W a umožní připojení všech tří plánovaných elektromagnetických otvíračů dveří s dostatečnou rezervou. Pro napájení termoelektrických pohonů doporučuji zdroj Weidmüller CP SNT s výstupním napětím 24 DCV a jmenovitým proudem 1 A.

Na dvířkách rozvaděče PR3 doporučuji umístit kompletní signalizaci stavů jednotlivých obvodů. Návrh signalizace i umístění a druh ovládní jsou zobrazeny v příloze P XI, v příloze P XII je znázorněno rozmístění a specifikace vybavení rozvaděče PR3.

Přívodní vedení ke všem transformátorům jistíme v rozvaděči PR1 a výstupní vedení z transformátorů jistíme v rozvaděči PR3. Kompletní schéma zapojení PR3 je uvedeno v příloze P XIII.

### 7.2.3 Kabelové trasy

Kladení kabelových tras provedeme lištovými rozvody. Hlavní (páteřní) rozvody a rozvody na elektroinstalačních sloupech provedeme instalačními žlaby MAK 50x100 mm. Zbývající rozvody na stropěch a stěnách realizujeme pomocí lišt potřebných světlostí. Při realizaci využijeme tyto rozměry elektroinstalačních lišt: 11x10 mm, 40x16,5 mm a 40x40 mm. MAK žlaby mají dostatečně pevnou a robustní konstrukci pro použití v učebnách a také je k těmto žlabům vyráběno velké množství doplňků – přístrojové vestavné krabice (se spojkami nebo bez spojky), odbočovací, spojovací nebo rohové díly, koncové díly, příchytky kabeláže a další.

Pro rozvody elektrické instalace na žákovských stolech použijeme rovněž kabelové MAK žlaby. K vedení kabelů k magnetickým kontaktům na rámech oken využijeme oblé lišty 34x10,5 mm.



*Obr. 24 Konstrukce elektroinstalačních sloupů*

Rozvody instalace v elektroinstalačních pilířích u žákovských stolů provedeme s využitím MAK žlabů, do kterých na střed přichytíme ocelový profil 50x50 mm s tloušťkou materiálu 2 mm. Tyto profily ukotvíme do stropu a do podlahy, následně uchytkáme dva MAK žlaby. V jednom ze žlabů je uchycen ocelový profil, druhý žlab je k této konstrukci pouze přichycen. Vznikne konstrukce se čtvercovým průřezem, na kterou budeme instalovat další komponenty. Takto vyrobený elektroinstalační pilíř je dostatečně pevný a s jeho použitím můžeme vést kabelové trasy ze stropů ke stolům a zařízením umístěným u podlahy. Z levé strany ocelového profilu ukládáme slaboproudé rozvody a z pravé strany profilu vložíme silové rozvody. Z důvodu dodržení ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí musíme ocelový profil vodivě spojit s ochranným vodičem. Vše je znázorněno na Obr. 24. Na spodní část sloupů umístíme 65 cm dlouhý MAK žlab osazený zásuvkami 230 ACV. Takto bude plnit funkci tzv. elektroinstalačního sloupku (nebo také rozvodnice). Ukázka konstrukce zásuvek u studentských stolů je na Obr. 25.



*Obr. 25 Ukázka zásuvkových rozvodů na elektroinstalačních sloupech*

Elektroinstalační pilíře budeme využívat i na uchycení bezpečnostních tlačítek Central STOP u učitelského stolu a bočních PC pracovišť a u učitelského stolu také pro uchycení zapínacího tlačítka pro tuto bezpečnostní funkci. Rozmístění těchto tlačítek v učebně je zřejmé z přílohy P II.

U učitelského stolu ještě umístíme na pilíř všechna sběrníková tlačítka pro ovládání žaluzií, elektrického plátna, světelné elektroinstalace a otevírání dveří, multifunkční jednotku SOPHY2, ale také zásuvky RJ-45 sítě LAN a zásuvky RJ-45 pro telefonní rozvody. Výška umístění jednotlivých přístrojů je popsána v příslušných přílohách.

U studentských stolů umístíme na pilíře pouze zásuvky 230 ACV a ethernetové zásuvky RJ-45 pro LAN síť v učebně. Na druhém, třetím a čtvrtém pilíři instalujeme vačkové spínače pro přepínání obvodů žaluzií z provozu učebny na testovací provoz pro studenty. Rovněž zde umístíme do instalačních krabic spínací aktory pro žaluziové pohony JA2-01B. V příloze P II jsou tato ovládací místa označena jako bloky 10, 11, 12. Schéma zapojení těchto bloků je v legendě přílohy P II, praktická realizace řešení ovládání žaluzií je znázorněna na Obr. 26.



*Obr. 26 Umístění ovládání žaluzií na elektroinstalačních pilířích*

#### **7.2.4 Světelná instalace**

Světelnou instalaci napojíme z rozvaděče PR1 a obvody ovládané systémem INELS z rozvaděče PR2. Vodiče použijeme CYKY-J 3x1,5 mm<sup>2</sup> (jistící prvky 10A) nebo CYKY-J 3x1,0 mm<sup>2</sup> (jistící prvky 6A). Všechny kabely uložíme do kabelových žlabů MAK 50x100 mm a elektroinstalačních lišt potřebných rozměrů. Pro hlavní osvětlení prostoru učebny využijeme zářivková tělesa se dvěma zářivkovými trubicemi s výkonem 58 W. V zářivkových svítidlech použijeme elektronické stmívatelné předřadníky pro regulaci jasu pomocí inteligentní elektroinstalace INELS. Doporučuji předřadníky QUICKTRONIC Intelligent QT<sub>i</sub> 2x58 DIM, ve kterých se reguluje intenzita osvětlení ovládacím napětím 0(1)-10V. Tlačítka pro ovládání osvětlení umístíme na elektroinstalační pilíř u učitelského stolu, kde rovněž připojíme multifunkční jednotku SOPHY2, která snímá intenzitu osvětlení. Je ovládána hlasem, vysílá i přijímá IR signál, má teplotní senzor (NTC termistor) a je vybavena dvěma tlačítky. Další ovládací místo vytvoříme u vstupních dveří

pro ovládání pouze první řady svítidel. U bočních PC stolů instalujeme tlačítka pro ovládání svítidel nad těmito stoly.

Pro ovládání svítidel u učitelského stolu použijí 2 ks sběrných jednotek WSB2-80. Každá z nich je vybavena čtyřmi dvojtlačítky, každé tlačítko může mít definovány různé funkce pro krátké stisknutí a dlouhé stisknutí. Tlačítka jsou doplněna také o světelnou signalizaci. V učebně instalujeme pět řad hlavních svítidel, asymetrická zářivková svítidla pro osvětlení tabule a klasická zářivková svítidla s elektronickým předřadníkem pro osvětlení bočních PC stolů. Každou řadu hlavních svítidel, svítidla nad tabulí nebo nad bočními stoly budeme ovládat zvlášť. Máme možnost snižovat nebo zvyšovat jas svítidel, úplně vypnout nebo zapnout osvětlení. Využijeme také možnost nastavit světelné scény pro zapnutý projektor, pro práci na trezorech, práci s jemnou mechanikou apod. Pro ovládání hlavních svítidel použijeme pět dvojtlačítek. Vrchní tlačítko – krátký stisk pro zapnutí a dlouhý stisk pro zvýšení intenzity osvětlení. Spodní tlačítko – krátký stisk pro zhasnutí a dlouhý stisk pro stmívání osvětlení. Další dvě dvojtlačítka použijeme pro ovládání osvětlení nad dvěma bočními PC stoly a zbývající dvojtlačítko pro ovládání osvětlení tabule.

Pro ovládání osvětlení na chodbičce použijeme klasické tlačítko, které do systému INELS připojíme pomocí jednotky vstupů IM2-40B. Je to hlavně z důvodu zvýšeného a problematicky dozorovaného pohybu studentů i z jiných tříd a tedy i možného poškození tlačítka. Náhrada klasického tlačítka je mnohem levnější než pořízení nového sběrného tlačítka. Jednotku vstupů využijeme také pro připojení bezpotenciálového kontaktu PIR čidla a magnetických kontaktů ve vstupních dveřích.

System bude nastaven na automatickou regulaci jasu svítidel na požadovanou hodnotu dle nastavené světelné scény. Např. při zapnutí projektoru se osvětlení první řady svítidel sníží o 50 %, druhé řady o 40 %, třetí řady o 20 %, čtvrté řady o 10 % a pátá řada zůstane svítit na plný výkon. Svítidla pro osvětlení tabule systém deaktivuje zcela. Další možná scéna je pro práci s jemnou mechanikou, kdy se všechna svítidla rozsvítí na maximální úroveň. Svítidla při aktivaci zabezpečení budou automaticky vypnuta a při vstupu do místnosti se automaticky aktivují.

Z důvodu dodržení požadovaného zřakového výkonu i zřakové pohody je nutné zajistit dostatečnou hodnotu umělého osvětlení definovanou ČSN EN 12464-1 (CIE 117:1995). Tato norma definuje nejen potřebnou osvětlenost prostor podle způsobu jejich využití, ale

také výšku, ve které se tato osvětlenost zkoumá. Důležitý je rovněž faktor oslnění osob v prostoru pracujících. Pro účely klasické výuky v lavicích je definována minimální horizontální osvětlenost 300 lx ve výšce 850 mm nad podlahou. Pro účely učebních dílen je minimální osvětlenost 500 lx, pro účely technického kreslení jsou hodnoty osvětlenosti minimálně 750 lx, pro prostory, ve kterých se vykonávají činnosti s jemnou mechanikou nebo mikromechanikou, jsou tyto minimální hodnoty osvětlenosti 1000 lx. Zvláštní kritéria platí také pro vertikální osvětlenost tabule, kde se ovšem nesmí světlo odrážet (zrcadlit) do očí přednášejícím ani posluchačům. Minimální hodnoty osvětlenosti pro tabuli jsou 500 lx a zkoumají se ve výšce 1200 mm. Důležitý je také aspekt oslnění studentů od svítidel vlivem odrazů. Dle ČSN 12464-1 nemá hodnota oslnění URG přesáhnout 19. Výše zmíněné hodnoty jsem prověřil ve specializovaném software s názvem Wils od společnosti Astra 92. Námi navržené osvětlení uvedené normě vyhovuje. Hodnoty vypočítané tímto softwarem i grafy průběhu osvětlenosti prostor a vizualizace osvětlení učebny jsou v příloze P XVII.

Jelikož naše učebna bude užívána pro různé účely (od přednášek, prezentací, učebních dílen silnoproudých oborů až po práci s jemnou mechanikou), je vhodné využít výše definované stmívatelné předřadníky, a tím regulovat osvětlenost prostor podle právě vykonávané činnosti. Nastavíme různé světelné scény, s různým osvětlením pracovních prostor a tyto pak podle potřeby aktivujeme pomocí systému INELS. Stmívání zářivkových svítidel provedeme pomocí prvků INELS s označením LBC2-02M umístěnými v rozvaděči PR2. Ke spínání ostatních svítidel použijeme spínací aktory SA2-01M (případně SA4-02M) taktéž umístěné v rozvaděči PR2, pro snímání intenzity osvětlení v místnosti využijeme jednotku SOPHY2.

Přehledné schéma světelné instalace včetně specifikace jednotlivých přístrojů je v příloze P II.

### **7.2.5 Silová instalace – zásuvková**

Zásuvkovou elektroinstalaci rozvedeme po učebně z rozvaděče PR1 a obvody regulované sběrníkovým systémem z rozvaděče PR2. Pro zásuvkové okruhy použijeme kabely CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup> a použijeme jistící prvky s vypínací charakteristikou B a jmenovitým proudem 16 A. Všechny kabely povedeme kabelovými trasami, které jsem popsal v kapitole 7.2.3, a ukončíme je standardními jednonásobnými nebo dvojnásobnými

zásuvkami. V místech, kde je to nezbytné, doplníme zásuvku o přepěťovou ochranu třídy D (SALTEC CZ-275S).

Jak již bylo popsáno v kapitole 3.1, navrhl jsem v učebně tři druhy zásuvkových okruhů. Zásuvkový okruh pro výpočetní techniku je napojen mimo proudový chránič. Je to hlavně z důvodu ochrany IT zařízení v případě časté reakce této zvýšené ochrany před nebezpečným dotykem. Je třeba mít na zřeteli, že v učebně bude probíhat praktická výuka silnoproudých oborů. Pokud vlivem chyby ve cvičném zapojení dojde k vybavení proudového chrániče, vypne se také napájení všech obvodů za proudovým chráničem. Je třeba zabránit případným častým výpadkům napájení IT techniky a také svodové proudy u IT zařízení jsou větší a mohly by způsobovat častější vybavení ochrany. Z těchto důvodů povedeme přívodní vodiče mimo proudový chránič, ale instalujeme do zásuvek 3. stupeň koordinované ochrany pomocí SPD SALTEC CZ-275S. Tato ochrana působí v rozsahu 5 m, takže ji musíme instalovat do každého elektroinstalačního pilíře v učebně. V každém pilíři umístíme 1 ks jednonásobné zásuvky pro IT techniku, která bude vzhledově odlišena od ostatních zásuvek a bude mít instalovanou výše zmíněnou ochranu SPD. Z tohoto místa rozvedeme zásuvkový obvod pro IT techniku na žákovské stoly pomocí MAK žlabů 50/100. V každé řadě lavic instalujeme pouze dva kusy dvojnásobných zásuvek pro IT techniku s barevně odlišným rámečkem. Poslední zásuvky pro IT techniku budou využívat IP kamery, projektor, switch, NAS, WiFi router a vizualizační jednotka Control4. Umístění těchto zásuvek, vedení kabelových tras i uložení kabelů je zobrazeno v příloze P I a specifikaci všech druhů komponent jsem uvedl v příloze P XVI.

Další kategorií jsou standardní zásuvkové rozvody. Tyto rozvody zakončíme vždy dvojnásobnými zásuvkami na každém elektroinstalačním pilíři, ze kterého rozvedeme zásuvkové obvody do lavic pomocí MAK žlabů. Na každé lavici instalujeme tři dvojnásobné zásuvky pro tři žákovská pracoviště. Zásuvky náležící k této kategorii rozvodu umístíme ještě do rozvaděče PR1 a také ke vstupním dveřím. Tyto rozvody, stejně jako zásuvky pro IT techniku budou vypínány při aktivaci zabezpečení místnosti proti nepovolanému vniknutí. Při zadání kódu na zabezpečovací klávesnici systém tyto okruhy odpojí. Jedinou výjimku tvoří obvody pro switch, NAS, WiFi router a obvod pro IP kamery. Tyto obvody je nutné udržet v činnosti i v době nepřítomnosti obsluhy.

Poslední kategorií zásuvkových rozvodů jsou obvody nepřetržitého provozu, které jsem zmínil výše.



Doporučuji pro IT techniku zásuvky Elegant od firmy OBZOR v.d. Zlín, které jsou vyráběny v mnoha jedinečných barevných kombinacích pro odlišení jednotlivých obvodů. Další výhodou je zajisté i totožný design s prvky sběrnice systému INELS. Pro zbývající zásuvkové obvody doporučuji přístroje Classic 5512C-2249- B1 od výrobce ABB. Tyto dvojnásobné zásuvky mají kryt menších rozměrů, který nebude přesahovat přes MAK žlab 50/100 jako většina ostatních produktů na trhu.

### 7.2.6 Vytápění, klimatizace a stropní ventilátor

Tyto silové obvody jsou specifické tím, že je budou moci využívat i studenti při tréninku svých zapojení. To ovšem komplikuje jejich zapojení, které musí obsahovat prvky pro přepínání zmíněných obvodů v režimech „provoz učebny – vypnuto – trénink studentů“. U každého z těchto obvodů umístíme přepínání v závislosti na dispozičním řešení zařízení, tras vedení a cvičných trenažérů.

Obvod klimatizace napojíme z rozvaděče PR1 kabelem CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup>. Obvod bude jištěn jističem MCN116 (vypínací charakteristika C, jmenovitý proud 16 A) a také napojen přes proudový chránič s citlivostí 30mA. Obvod ventilátoru připojíme kabelem CYKY-J 3x1,5 mm<sup>2</sup> a jistit jej budeme jističem MBN110 (10B). Přepínání provozu klimatizace a ventilátoru umístíme do rozvaděče PR1, do kterého připojíme přívodní vedení ze cvičných trenažérů. Schéma zapojení vačkového spínače, který bude ovládat režim klimatizace a ventilátoru, je shodné s ovládáním obvodů žaluzií uvedeným v příloze P XIV. Umístění a signalizace stavů zařízení jsou patrné z přílohy P VI.

Klimatizaci jsem vybral na základě výpočtu, ve kterém jsem zohlednil dispozice místnosti, obsazení místnosti osobami, druhu aktivit vykonávaných v místnosti, počtu a výkonu tepelných zdrojů, orientace místnosti a velikosti prosklených ploch. Na základě výpočtu, který je uveden v příloze P XVIII a konzultace s odbornou firmou doporučuji klimatizaci ACOND ASL 24 s chladícím výkonem 7 kW, topným výkonem 7,9 kW a elektrickým příkonem 2450 W. Jedná se o nástěnný typ, který umístíme nad tabuli na kratší stranu místnosti. Klimatizace bude automaticky ovládána systémem INELS na základě údajů z prostorového termoregulátoru umístěného v učebně a na základě režimu zvoleného obsluhou. Po odchodu obsluhy se obvod klimatizace i stropního ventilátoru deaktivují, protože je jejich provoz nepotřebný. Provoz stropního ventilátoru a klimatizace budou pracovat ve vzájemné spolupráci, která byla vysvětlena v kapitole 3.2.4.

Pokud obsluha místnosti otevře okna, je provoz klimatizace neekonomický, automaticky se odpojí obvod klimatizace a spustí se obvod ventilátoru. Samozřejmě je možné pomocí tlačítek umístěných na centrálním ovládacím místě manuálně klimatizaci i ventilátor spustit nebo zastavit. Ventilátor jsem specifikoval podle rozměrů a plánovaného umístění elektrických přístrojů v místnosti (svítidel, projektoru apod.). Důležitým faktorem je také počet rychlostí a změna směru otáčení ventilátoru. V letních měsících bude ventilátor použit k ochlazení prostoru a v zimních měsících použijeme reverzní ventilaci pro urychlení vyhřátí místnosti.

Vytápění místnosti je realizováno ústředním topením s tepelnými konvertory (radiátory). Regulaci topení realizují pomocí termoelektrických pohonů ALPHA (AA 4104) pro napájecí napětí 24 V 0–60 Hz v provedení NO (bez napětí zavřeno). Pohony ventilů opatříme kryty proti neoprávněné manipulaci. Regulace topení bude také přístupná studentům v testovacím režimu. Provedení napojení trenažérů na topný systém je vysvětleno v kapitole 4.5. Pro napájení termoelektrických pohonů umístíme v PR3 stabilizovaný zdroj Weidmüller a pro jejich ovládání použijeme prvky s označením HC2-01B systému INELS, které jsou v provedení do elektroinstalační krabice. Umístění jednotlivých prvků a napájení regulace topení je znázorněno v příloze P V. Systém INELS bude provádět regulační zásah na základě údajů z tepelných senzorů a také podle nastaveného režimu vytápění (Prezentace, Práce, Volno). Jako přídatný zdroj vytápění, v případě výpadku nebo nedostatečnosti hlavního vytápění, bude použita klimatizace ACOND.

Hlavní teplotní nastavení provedeme v programu „Inels Design Manager“ (dále jen IDM) a bude se týkat denních i týdenních režimů vytápění včetně nastavení hystereze topné křivky. Obsluha bude moci zasahovat do režimu topení pouze krátkodobě pomocí prostorového termoregulátoru IDRT2 umístěného v učebně. IDRT2 snímá teplotu okolí (NTC termistor) a umožňuje měnit režim vytápění nebo krátkodobě zvýšit a také snížit teplotu v místnosti (+/- 3°C).

### **7.2.7 Žaluzie, elektrické promítací plátno**

Interiérové žaluzie budou poháněny elektrickými motory 230 ACV s koncovými mechanickými spínači. Jedná se o tři žaluzie s lamelami šířky 50 mm, délky 2700 mm a výšky 2170 mm. Připojení provedeme kabelem CYKY-J 5x1,5 mm<sup>2</sup>, v příloze P II jsou

tyto obvody označeny 1.29. Žaluzie bude možné ovládat manuálně v centrálním ovládacím místě (učitelský stůl) nebo ponechat regulaci žaluzií systému INELS. Poloha žaluzií bude závislá na časovém nastavení, intenzitě osvětlení místnosti, přítomnosti osob v místnosti a také na zvolené světelné scéně.

V prostoru mezi žaluziemi a okny umístíme senzor intenzity osvětlení, který napojíme do systému INELS pomocí analogově digitálního převodníku ADC2-04M umístěného v PR2. Tento senzor bude snímat intenzitu slunečního svitu vně budovy a multifunkční jednotka SOPHY2 bude snímat intenzitu vnitřního osvětlení. Kombinací těchto dvou snímačů budou regulovány polohy žaluzií. Pod pojmem polohy žaluzií není myšleno pouze polohy nahoře a dole, ale také naklonění lamel při spuštěných žaluziích. Toto naklonění zabrání přímému slunečnímu svitu, ale dovolí dostatečný průchod denního světla přes žaluzie. V programu IDM provedeme nastavení úrovně intenzity osvětlení v místnosti, kdy se mají žaluzie spustit nebo vytáhnout, časové nastavení, nastavení bezpečnostních funkcí (rozbití okna) a také nastavení zpoždění pro odstranění krátkodobých výkyvů. Blokovací a speciální funkce již byly popsány v kapitole 3.2.3. Žaluzie jsou vzdáleny od oken 25 cm, je tedy přípustné otevřít okna jen po tuto vzdálenost. Pokud by se okna otevřela více, došlo by při spuštění žaluzií k jejich poškození. Pro monitoring vzdáleností otevřených oken použijeme okenní magnety systému EZS. Tyto magnety nastavíme na reakční vzdálenost 20 cm. Po tuto mez je možné využít okna pro cirkulaci a výměnu vzduchu i při spuštěných žaluziích. Jak bylo podrobně popsáno v kapitole 4.6, budou moci studenti využívat tyto žaluzie pro ověřování svých zapojení. Provedení tohoto propojení je v příloze P II.

Promítací plátno připojíme kabelem CYKY-J 3x1,5 mm<sup>2</sup> z rozvaděče PR1. Ovládáno bude žaluziovým aktorem JA2-02B umístěným v elektroinstalační krabici MEDE 60/100 v instalačním žlabu MAK přímo u plátna. Plátno bude automaticky ovládat systém INELS, ale bude možné i manuální ovládání sběrníkovým tlačítkem. Při spuštění projektoru systém plátno automaticky spustí, spustí také žaluzie a nastaví světelnou scénu pro projekci. Při vypnutí projektoru systém vše vrátí do pracovního režimu. Pro snímání stavu projektoru použijeme přijímač IR signálu instalovaný v prostoru projektoru. V programu IDM provedeme příslušná nastavení akcí a podmínek. Plátno jsem definoval s pohonem 230 ACV ve formátu 16:9 (REFLECTA Motor Crystal LUX 240x175). Umístění elektricky ovládaného plátna a jeho zapojení je patrné z přílohy PI.

### 7.2.8 EZS, EPS

Umístění prvků elektrické zabezpečovací signalizace a elektrické požární signalizace a jejich připojení do systému INELS jsou znázorněny v příloze P V. Všechny senzory (PIR, optické detektory kouře, detektory hořlavých plynů) napojíme do systému INELS přes jednotky binárních vstupů (IM2-80B nebo IM2-40B). Tyto jednotky umožňují nejen připojení zařízení s bezpotenciálovým kontaktem (8 nebo 4 kontakty, které mohou být i vyvážené), ale také generují napětí 12 DCV 75 mA pro napájení těchto sensorů. Umístění PIR čidel vychází z dispozic místnosti a přístupových cest. Obecně platí, že čidlo nemá být instalováno proti dveřím. Pohyb osob nemá směřovat k čidlu nebo od něj. V učebně instalujeme dvě PIR čidla, každé do jednoho vnějšího rohu učebny. Na chodbičce umístíme jen jedno čidlo z důvodu malých rozměrů místnosti. PIR čidla budeme využívat také pro zjištění ovládnutí osvětlení, vytápění apod.

Optický detektor kouře a detektor hořlavých plynů umístíme k východům, abychom zajistili průchodnost evakuačních cest v případě potřeby. Akustický detektor rozbití skla navrhujeme instalovat doprostřed místnosti na strop, kde jsou ideální podmínky pro detekci. Do systému implementujeme také signalizaci poplachu, kterou doporučujeme v kombinaci akustické a světelné signalizace. V případě testovacího režimu je nežádoucí rušit výuku ostatních oborů spouštěním sirény, postačí pouze přepnout režim na xenonový blikáč. Všechny zmíněné senzory a hlásiče budeme instalovat přímo na strop (pokud jsou pro tuto montáž způsobilé) nebo na zeď ke stropu (výška instalace cca 290 cm). Senzory napojíme standardním kabelem užívaným v zabezpečovací technice – SYKFY 2x2x0,5 mm<sup>2</sup>.

Magnetické kontakty použijeme v provedení pro našroubování do rámců oken (SA-201A) a umístíme je do každého křídla všech tří oken. Celkem se jedná o 18 kontaktů okenních a tři dveřní. Tyto magnety připojíme do systému INELS také přes jednotky vstupů a použijeme je nejen pro kontrolu nepovolaného vniknutí do místnosti, ale také ovládnutí klimatizace a stropního ventilátoru nebo blokování žaluzií. Pro připojení kontaktů k jednotkám vstupů využijeme UTP kabel se 4 páry křížených vodičů.

K ovládnutí přístupového a zabezpečovacího systému využijeme klávesnici INELS KEY2-01R, která poskytuje komfort klasické zabezpečovací klávesnice a je také vybavena integrovaným bezkontaktním snímačem magnetických médií (čtečkou karet). Pro ovládnutí zabezpečení lze tedy použít zadání číselného kódu stejně jako přiložení magnetické karty. Pokud vstupuje učitel se studenty, není žádoucí, aby zadával číselný kód. Bezpečnější je

použití karty pro deaktivaci zabezpečení a přístup do učebny. Studenti budou mít své vlastní karty s nižší úrovní oprávnění, které jim umožní přístup jen do učebny v nezabezpečeném stavu. Tímto způsobem lze také provádět monitoring přístupů a pohybu osob. Zabezpečovací klávesnice je také vybavena displejem, na kterém lze sledovat stav zabezpečení a ovládat osvětlení, přístroje i topný systém.

Pro přístup do kuchyňky jsem se rozhodl umístit do prostoru chodbičky nástěnnou čtečku RFID médií INELS WMR2-11/E, která je vybavena dvěma tlačítky pro ovládání osvětlení a spínacím kontaktem pro ovládání elektromagnetického otvírače dveří. Pro otevírání dveří jsem zvolil elektromagnetické otvírače dveří s paměťovým kolíkem a mechanickým vyřazením funkce Jablotron Z8-12V P. Tento typ umožňuje ovládat dveře pouhým impulzem (není třeba celou dobu držet aktivované tlačítko) a také umožní mechanicky aretovat odemknutou pozici. Napájení všech elektricky ovládaných dveří zajistí samostatný zdroj ELKO DR-60-12 umístěný v PR3.

Podrobné specifikace všech komponent EZS, EPS a EDS jsou uvedeny v příloze P XVI.

V případě zjištění a signalizace požáru nebo výskytu hořlavých plynů doporučuji nastavit systém tak, aby byly otevřeny všechny dveře z učebny a po nastaveném čase (z důvodu rychlé a bezpečné evakuace) byly deaktivovány všechny elektrické okruhy, včetně světelných, pro případ nutnosti hasit požár.

### **7.2.9 Systémová instalace INELS**

Funkce celého systému INELS byla popsána již v předchozích kapitolách. Přehled rozmístění jednotlivých prvků v učebně je v příloze P V a uspořádání a zapojení prvků v rozvaděči PR2 je zakresleno v přílohách P IX a P X. Pro realizaci systémové sběrnice INELS v učebně použijeme výrobcem doporučovaný kabel 2x2x0,8 J-Y (St) Y. Tuto sběrnici povedeme instalačními žlaby vyhrazenými pro slaboproudé rozvody ve vzdálenosti 30 cm od silových rozvodů. Výrobce nevyklučuje souběh se silovým vedením, ale doporučuje odstup od silových kabelů zmíněných 30 cm. V případě nutnosti je možné tato vedení křížit a po nezbytně nutnou dobu vést vedle sebe. Jelikož se učebna nachází uprostřed budovy, nevedeme datovou sběrnici nikde po obvodu místnosti a silové vedení chráníme před přepětím. Není nutná instalace datové přepětíové ochrany do obvodu instalační sběrnice.

### 7.2.10 Slaboproudá instalace

V celé učebně je nutné instalovat rozvody strukturované kabeláže sítě LAN, do které zapojíme všechny žákovské PC (12 ks), učitelský PC, NAS, vizualizační jednotku Control4, centrální jednotku pro řízení systému INELS v učebně, IP kamery CCTV a také všechny cvičné panely.

#### LAN

Místní počítačová síť bude do sítě školy připojena prostřednictvím switche SMCGS24C-Smart vybaveného 24 porty RJ-45 s přenosovou rychlostí 1Gbit/s. Ze switche rozvedeme LAN v učebně kabelem UTP CAT 5e, u každého pracoviště zakončíme dvojnásobnou zásuvkou RJ-45 CAT 5e. Protože se v učebně nevyskytují zdroje elektromagnetického rušení, není třeba použít stíněné vodiče a přenosová rychlost je také dostačující. Nad bočními žákovskými PC stoly vytvoříme centrální úložiště, na které umístíme switch, NAS Synology DS210+ Gen.II Disc Station se dvěma 1TB HDD, SMC Wireless Router 802.11n. se 4 ks 1Gbit porty RJ-45 a řídicí vizualizační jednotku Control4. Napájení těchto prvků zajistíme zásuvkou 230 ACV vybavenou přepěťovou ochranou třídy D, jako přívodní kabel použijeme CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup> a jistič prvek HAGER MBN116.

V učebně vytvoříme 24 zásuvek RJ-45 a patch kabelem z WiFi routeru připojíme centrální jednotku INELS, vizualizační řídicí jednotku Control4 a IP kameru. Tím zcela využijeme dostupných 27 portů RJ-45. Poslední IP kamera instalovaná na chodbičce má připojení do sítě LAN pomocí technologie WiFi.

#### CCTV

V učebně použijeme celkem dvě IP kamery, které budeme moci ovládat místně i vzdáleně přes webové rozhraní. Celý systém bude spolupracovat s řídicí jednotkou pro vizualizaci a také se síťovým datovým úložištěm (NAS), na kterém budou ukládána a archivována data z kamer. Kamery toho systému použijeme pro zabezpečení prostor. Pokud pohybová čidla zaznamenají pohyb, kamery spustí záznam obrazu a pomocí GSM brány nebo e-mailu pošlou fotku narušitele obsluze. Dostupná je i možnost zaslání SMS s varováním o narušení prostor a zároveň záznam video sekvence na HDD úložiště NAS.

Celkem logicky se nabízí využití kamer pro přístupový systém, kdy se po zmáčknutí zvonkového tlačítka přichozí osobou na monitoru automaticky spustí obraz z IP kamery

umístěné v chodbičce. Tato WiFi kamera Cisco WVC210 je vybavena vstupem pro mikrofon i reproduktor pro snadné dorozumívání osobami u vstupu.

### **7.2.11 Vizualizace**

Jak již bylo zmíněno výše, navrhuji použít jako vizualizační nástavbu řídicí jednotku HC-200 Control4. Tuto jednotku lze jednoduše připojit do místní sítě LAN a využít ji pro komfortní ovládání celého systému INELS (osvětlení, spotřebiče, topení, žaluzie apod.), zabezpečení prostor, přístupového systému, domácího kina a dalších komponent. Dá se říci, že nahradí všechny potřebné dálkové ovladače v učebně a umožní vizualizaci stavu systému, zabezpečení kritických nebo chybových hlášení na monitoru i promítacím plátně.

## **7.3 Požadavky na krytí elektrických zařízení**

Elektrická zařízení jsou použita v krytí, které odpovídá požadavkům norem pro daná prostředí (EN 60529:1991).

## **7.4 Stavební úpravy**

Všechny potřebné stavební úpravy stejně jako elektroinstalační práce budou provádět studenti elektrotechnických oborů v rámci odborného výcviku. To zajistí dokonalý trénink všech dovedností potřebných pro reálnou praxi a také uspoří náklady.

## **7.5 Bezpečnost práce**

Veškeré realizační práce musí být prováděny podle platných norem a předpisů, především ČSN 34 3100. Práce a činnosti na elektrických zařízeních smějí provádět pracovníci s elektrotechnickou kvalifikací dle druhu prováděné práce nebo pracovníci poučení pod dozorem pracovníka s elektrotechnickou kvalifikací.

Před uvedením do provozu se musí provést na veškerých elektrických zařízeních výchozí revize dle ČSN 33 1500 a ČSN 33 200-6-61. Práce a údržbu na elektrických zařízeních smějí vykonávat pouze pracovníci s elektrotechnickou kvalifikací, obsluhu pracovníci seznámení. Potřebné kvalifikace a druh činnosti stanoví vyhláška číslo 50/1978Sb.

## 7.6 Údržba

Údržba zařízení bude vykonávána dle interních směrnic a předpisů a také na základě doporučení dodavatelů zařízení nebo technologických řešení.

## 7.7 Harmonogram projektu

Jelikož projekt budeme realizovat v rámci odborného výcviku silnoproudých učebních oborů, je nemožné stanovit rámce plnění jednotlivých etap i celého projektu. V rámci výuky není podstatné, jak dlouho studentům zabere realizační část, ale jak kvalitně ji nakonec zvládnou a jaký je progres jejich znalostí a dovedností. Z těchto objektivních důvodů neuvádím žádné časové limity ani odhady či prognózy. Realizace bude zahájena 27. září 2010, její dokončení závisí na dostupnosti finančních prostředků a postupu prací.

## 7.8 Rozpočet

Podrobný rozpočet je uveden na příloženém CD v příloze XVI. V této kapitole uvedu jen celkové shrnutí nákladů na tento projekt. Materiál pořízený do konce roku 2009 je kalkulován se sazbou DPH ve výši 19 %, ostatní položky s aktuální sazbou DPH ve výši 20 %. Veškeré náklady se týkají pouze materiálů, neboť práce budou provádět studenti naší školy v rámci odborného výcviku.

<i>Popis</i>	<i>Cena bez DPH</i>	<i>Cena vč. DPH</i>
Náklady na rozvaděč PR1	21 958,- Kč	26 130,- Kč
Náklady na rozvaděč PR2	32 464,- Kč	38 632,- Kč
Náklady na rozvaděč PR3	15 317,- Kč	18 227,- Kč
Náklady na instalaci učebny	206 744,- Kč	246 025,- Kč
Náklady na IT	201 241,- Kč	239 477,- Kč
<b>Celkové náklady na projekt</b>	<b>477 724,- Kč</b>	<b>568 491,- Kč</b>



## ZÁVĚR

Tato diplomová práce pojednává o základních aspektech zavedení inteligentních obvodů do praktické výuky silnoproudých učebních oborů. Připravovaná výuka je zaměřena výhradně na domovní elektroinstalace a realizace malých rozloh a jen okrajově pokrývá rozsáhlé administrativní celky nebo průmysl. To je definováno reálnými schopnostmi studentů učebních oborů, dostupnými finančními prostředky a také prostorami pro výuku. Stručně jsem popsal výhody použití systémové elektroinstalace pro uživatele, ale také pro samotné techniky realizující zakázku. Okrajově jsem zmínil aplikace, ve kterých mají inteligentní obvody své uplatnění a opodstatnění a také rozhodovací kritéria pro nasazení těchto obvodů. V závěru teoretické části byly zmíněny dostupné technologie s krátkým shrnutím výhod a charakteristik.

Úvod praktické části jsem věnoval návrhu systému výuky, elektroinstalace učebny a cvičných trenažérů. Samotnou elektroinstalaci učebny jsem pojal jako jediný velký ukázkový a tréninkový modul pro demonstraci dostupných možností a využití těchto aplikací. Popis cvičných panelů a cvičné elektroinstalační stěny jsem zaměřil pouze na princip a obecné použití daných učebních pomůcek. Z důvodu příliš velkého rozsahu práce nebylo možné se zabývat podrobným návrhem a specifikací jednotlivých cvičných panelů pro sběrníkové obvody, bezdrátové technologie ani zabezpečení objektů. Návrhu elektroinstalační stěny jsem se věnoval detailněji včetně návrhu rozložení a velikosti stěny, rozmístění elektroinstalačních krabic, cvičných rozvaděčů a řešení propojení trenažérů a silových obvodů využívaných elektroinstalací učebny. Na základě závěrů této části práce jsem vybral nejvhodnější technologie, vysvětlil důvody výběru a podrobněji popsal systém, který bude pro výuku využíván.

Důležitá je také část zmiňující začlenění nových technologií do výukových osnov, předpokládané časové dotace pro jednotlivé části a ročníky, ve kterých bude tato výuka probíhat.

Závěrečná kapitola 7 podrobně popisuje a definuje celý projekt rekonstrukce učebny pro výuku domovní regulace, automatizace a zabezpečení. Každá z dílčích částí projektu byla detailně popsána včetně specifikací použitých komponent a výkresové dokumentace.

V přílohách uvádím detailní výkresovou dokumentaci pro realizaci projektu, přehled výpočtů pro návrh osvětlení při dodržení požadovaných hygienických podmínek pro výuku

v těchto prostorách. Příložená dokumentace je v takovém rozsahu, že na jejím základě je specializovaná firma schopna realizovat celý projekt. Dle mého názoru bylo velmi důležité tuto část zpracovat v tak velkém rozsahu i přes nadstandardní časovou náročnost. Při výuce se tak studenti mohou učit číst technickou dokumentaci srovnáváním fyzického provedení instalace a těchto příloh. Na základě takto získaných zkušeností a podle výkresů a schémat příložených k práci pak mohou nacvičovat a zdokonalovat se ve vlastní tvorbě výkresové dokumentace a projektu jako celku.

Projekt je zpracován velmi podrobně, z čehož také vyplývá rozsáhlejší provedení. Celkový počet stran projektu vzrostl především z důvodu početného množství příloh, protože schémata navrhovaných rozvaděčů jsou poměrně složitá a jejich prezentace na předepsaném formátu A4 vyžaduje větší množství stran. Pro lepší přehlednost uvádím na příloženém CD všechny výkresy v původní velikosti včetně tabulky specifikací a kompletního rozpočtu. Jelikož je exportovaný dokument celkových schémat zapojení rozvaděčů PR1 a PR2 ve formátu „pdf“ méně čitelný, příkládám i originální dokumenty programu AutoCAD s příponou „dwg“. Pro umožnění jejich prohlížení každému zájemci je na CD také freeware program na prohlížení a tisk dokumentů AutoCAD s názvem „DWGTrueView2009.exe“. V tištěné formě uvádím pouze zestručněný rozpočet, protože kompletní výpis použitých prvků, materiálů i zařízení by nadbytečně navýšil obsah práce.

Samotná realizace projektu nebyla z časových důvodů možná, rozsah práce byl i bez realizace značný. Z toho důvodu navrhuji zpracování samotné realizace projektu, definování tréninkových trenažérů a závěrů plynoucích z realizace v další navazující práci.

Jsem přesvědčen, že cíle vytčené v začátku práce se podařilo splnit beze zbytku. Nicméně při zadání práce nebylo možné odhadnout výsledný rozsah dokumentace a její komplikovanost. V důsledku toho je projektové řešení obsáhlejší než standardní rozsah diplomové práce.

## CONCLUSION

This thesis discusses the fundamental aspects of introducing intelligent circuits into hands-on activities for heavy current training. The preparatory training focuses only on residential electrical set and small scale implementations, and marginally covers the extensive administrative units or industrial installations. This is determined by the real-life abilities of the students in the courses and the availability of financial resources and teaching space. The work briefly touches upon advantages of using systemic electrical set for users, but also for the technicians themselves who execute the orders. Additionally, it describes the applications in which intelligent circuits have their use, as well as the foundation and decision criteria for the use of these circuits. The project part concludes by mentioning available technologies with a short summary of advantages and characteristics.

The introduction of the practical part is dedicated to a proposal for the training system, and the electrical set of the classroom and the trainers. It contains the electrical set itself as the only big exemplary training module for demonstrating the available possibilities and the use of these applications. The description focuses on the fundamentals and general usage of the trainer panels and the trainer electrical set walls. Because of the very large extent of the work it was not possible to deal with the detailed proposal or the specification of individual trainer panels for bus circuits, wireless technology or security systems. Areas which are described in detail include the electrical set wall proposal, the proposed layout and size of the wall including the placement of mounting boxes and training switchboards, and a solution for connecting the trainers and power circuits used in the electrical set in the classroom. On the basis of the results obtained from these studies the most suitable technologies were chosen, and the rationale for these technologies being chosen, as well as the training system, are described in detail in this section.

The part which covers the integration of new technologies into teaching outlines, as well as expected time allocation for individual classes and courses in which this teaching will take place, is also important.

The final part 7 detailedly covers the whole classroom reconstruction project for training in residential regulation, automation and security. Each of the sectional parts of the project is described in detail, including specifications of used components and drawing documentation.

The detailed drawing documentation for the execution of the project is attached, with an overview of calculations for the proposal of lighting when inspecting the required hygienic conditions for teaching in these rooms. The enclosed documentation has such an extent that a specialised company would be able to use it alone to execute the whole project. It was very important for this work to have such a large coverage, despite this making it very time consuming. The students can more easily learn to read the technical documentation by comparing the physical execution of the electrical set and the supplementary material during the training. From experiences obtained hitherto and through perusal of the drawings and schematics attached to this work, they can then practice and improve in creating drawing documentation and undertaking projects of their own.

The project was executed in detail, therefore its coverage is more extensive. The total number of pages in the project increased thanks to a huge amount of supplementary material, because the schematics of the proposed switchboards are relatively complex and to present them on A4 paper (the prescribed format) requires a larger volume of pages. For a better view, all drawings in their original size, a table of specifications and a complete budget are included on the attached CD. As the exported .pdf file with the PR1 and PR2 switchboard schematics is somewhat illegible, the original .dwg documents from the AutoCAD software are also attached. There is a freeware application called DWGTrueView2009.exe which allows everyone who is interested to view and print the AutoCAD documents. Only a short budget is included in printed form, because the complete list of used components, material and equipment would add too many extra pages to the work.

The execution of the project itself was not possible due to time restrictions. The content of the work is extensive even without the execution. For this reason, the next work will elaborate on the execution of the project, defining the trainers and drawing conclusions from the results of the execution.

I am convinced that the pursuing aims at the start of the project have been completely carried out, although it was not initially possible to estimate the final extent and complexity of the documentation. Therefore, the solution for the project is more extensive than what is standard in a thesis.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOTHE, Robert; PÁVEK, Pavel. *Inteligentní elektroinstalace Nikobus - systém Nikobus: Uživatelský manuál*. Praha: [s. n.], 2002. s. 145. Dostupné z WWW: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/pdf/manual%20nikobus.pdf>
- [2] KUNC, Josef. *Elektrika.cz* [online]. 9. 7. 2009, 7. 7. 2009 [cit. 2010-04-13]. ABB: Principy provozování klasické a systémové instalace. Dostupné z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/principy-provozovani-klasicke-a-systemove-instalace>.
- [3] *Inteligentní elektroinstalace Egon - n: Návrhový a instalační manuál*. 58 s. Dostupné z WWW: <http://www117.abb.com/document.asp?thema=8929>.
- [4] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vydání. Brno: ERA group, 2006. 123 s. ISBN 80-7366-062-8.
- [5] STÝSKALÍK, Jiří Bc. *Inteligentní elektroinstalace budov INELS® : Instalační příručka*. 1. vyd. Holešov : [s.n.], 2009. 56 s.
- [6] *Moeller.cz* [online]. 2009, 15.4.2010 [cit. 2010-04-15]. Radiofrekvenční systém Xcomfort. Dostupné z WWW: [http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni\\_instalace-system\\_xcomfort-radiofrekvencni\\_system](http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-system_xcomfort-radiofrekvencni_system).
- [7] *Radiofrekvenční systém Xcomfort pro automatizaci budov: Katalog 2006 - 2007*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 96 s. Dostupné z WWW: [http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni\\_instalace-system\\_xcomfort-radiofrekvencni\\_system?view=tiskoviny&view\\_id=300](http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-system_xcomfort-radiofrekvencni_system?view=tiskoviny&view_id=300).
- [8] *Moeller.cz* [online]. 2009, 15.4.2010 [cit. 2010-04-15]. Sběrníkový systém NIKOBUS. Dostupné z WWW: [http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni\\_instalace-system\\_xcomfort-nikobus](http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-system_xcomfort-nikobus).
- [9] *Sběrníkový systém Nikobus: Katalog 2009 - 2010*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 117 s. Dostupné z WWW: [http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni\\_instalace-system\\_xcomfort-nikobus?view=tiskoviny&view\\_id=375](http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-system_xcomfort-nikobus?view=tiskoviny&view_id=375).
- [10] VAŇUŠ, Jan. 1. přednáška. *Základy Systémové techniky budov*. [s. l.] : [s.n.], 2.10.2009 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW:

- <<http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/STB/1%20klasicka%20a%20moderni.pdf>>.
- [11] KUNC, Josef. *Komfortní a úsporná elektroinstalace*. 1. vydání. Šlapanice: ERA, 2002. 120 s. ISBN 80-86517-14-4.
- [12] TOMAN, Karel; KUNC, Josef. *Systémová technika budov: Elektroinstalace podle standardu EIB*. Praha: FCC PUBLIC, 1998. 96 s. ISBN 80-901985-4-6.
- [13] *INELS : Technický katalog*. 1. vydání. Holešov : [s.n.], 2009. 77 s. Dostupné z WWW: <[http://www.inels.cz/index.php?sekce=ke\\_stazeni&akce=show&id=17](http://www.inels.cz/index.php?sekce=ke_stazeni&akce=show&id=17)>.
- [14] *INELS : Odborný seminář inteligentní elektroinstalace INELS*. Holešov : [s.n.], 2008. 82 s.
- [15] *Busch-Installatinbus EIB : Příručka pro odborníky elektroinstalatéry*. Jablonec nad Nisou : [s.n.], [200?]. 22 s. Dostupné z WWW: <<http://www117.abb.com/document.asp?thema=5817>>.
- [16] *ABB i-bus KNX : Elektrická instalace se systémovými přístroji*. Jablonec nad Nisou : [s.n.], [200?]. 21 s. Dostupné z WWW: <<http://www117.abb.com/document.asp?thema=5817>>.
- [17] *ABB Informační portál o domovní elektroinstalaci* [online]. 2006, 7. 5. 2010 [cit. 2010-05-07]. ABB - Inteligentní elektroinstalace ABB i-bus® KNX:. Dostupné z WWW: <<http://www117.abb.com/index.asp?thema=8915>>.
- [18] *ABB Informační portál o domovní elektroinstalaci* [online]. 2006, 7. 5. 2010 [cit. 2010-05-07]. ABB - Technické informace. Dostupné z WWW: <<http://www117.abb.com/index.asp?thema=8926>>.
- [19] *ABB v České republice* [online]. 2010, 7. 5. 2010 [cit. 2010-05-07]. Vítejte v ABB. Dostupné z WWW: <<http://www.abb.cz/cawp/czabb013/cc70b0fdf470bdbcc1256a850029b508.aspx>>.
- [20] HRUŠKA, František. *Projektování systémů integrované automatizace : Učební texty*. 2. vydání. Zlín : UTB ve Zlíně, 2002. 133 s. ISBN 80-7318-100-2.
- [21] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace : Učební texty*. 1. vydání. Zlín : UTB ve Zlíně, 2007. 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.

- [22] *Möeller - Svodiče přepětí : ČSN EN 62305*. Praha : [s.n.], 2006. 44 s. Dostupné z WWW: <<http://www.eatonelektrotechnika.cz/podpora-tiskoviny>>.
- [23] ALTMANN, Wolfgang. *Practical Process Control for Engineers and Technicians*. 1st ed. Amsterdam : ELSEVIER, 2006. 290 s. ISBN 978-0-7506-6400-4.
- [24] CHUDÝ, Vladimír. *Meranie technických veličín*. 1. vyd. Bratislava : STU, 1999. 688 s. ISBN 80-7366-062-8.
- [25] *Laboratoře integrované automatizace* [online]. 1.1.2006, 9.5.2010 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <[labi.fai.utb.cz](http://labi.fai.utb.cz)>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

°C	Stupně Celsia – jednotka teploty
1 V	Volt – jednotka elektrického napětí – odvozená jednotka soustavy SI
ABB	Výrobce elektroinstalačního materiálu
ABB/KNX	Systém inteligentní elektroinstalace společnosti ABB
ACV	Střídavé napájecí napětí
BMS	Building Management System
CCTV	Uzavřený televizní okruh (Closed Circuit Television)
CIB	Datová sběrnice systému INELS
ČSN	Česká technická norma (původně Československá Státní Norma)
DCV	Stejnoseměrné napájecí napětí
DVD	Formát digitálního optického datového nosiče (Digital Versatile Disc, Digital Video Disc)
EIB	Evropská instalační sběrnice (European Installation Bus)
ELKO EP	Český výrobce elektronických modulových přístrojů
EPS	Elektronická požární signalizace
EPSNET	Protokol založený na standardu Profibus
EZS	Elektronická zabezpečovací signalizace
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci (Groupe Spécial Mobile)
HMI	Rozhraní mezi člověkem a strojem (Human Machine Interface)
Hz	Hertz – hlavní jednotka frekvence (kmitočtu) v soustavě SI
INELS	Systém INteligentní ELEktoinStalace společnosti ELKO EP
IP	Komunikační protokol na úrovni třetí vrstvy RM OSI (Internet Protocol)
IP 65	International Protection – Mezinárodní značka krytí elektrických předmětů
IP kamera	Kamera komunikující prostřednictvím svého rozhraní protokolem IP



IR	Infračervené záření - vlnová délka 760 nm až 1 mm (InfraRed)
ISDN	Digitální síť integrovaných služeb (Integrated Services Digital Network)
LAN	Lokální počítačová síť (Local Area Network)
LED	Polovodičová součástka. Elektroluminiscenční, světlo vyzařující dioda
LonWorks	Průmyslová komunikační síťová platforma používající komunikační protokol LonTalk (LON = Local Operating Network)
Lx	Lux – jednotka osvětlenosti
MMC	Standard paměťové karty s technologií paměti flash (MultiMediaCard)
MMS	Multimediální zprávy (Multimedia Messaging Service)
MOD BUS	Otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení např. PLC, I/O rozhraní, dotykové displeje atd. Komunikace typu Master / Slave
NAS	Datové úložiště připojené k místní síti LAN (Network Attached Storage)
OPC	Technologie pro propojení Windows-based aplikací s hardwarem pro řízení technologií (OLE for Process Control)
PC	Osobní počítač (Personal Computer)
PDA	Osobní digitální pomocník – malý kapesní počítač (personal digital assistant)
PIR	Pasivní infračervený senzor - senzor pohybu (Passive InfraRed Sensor)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller))
Profibus	Průmyslový komunikační protokol (IEC 61158/EN 50170)
RF	Radio frekvenční signál (Radio Frequency)
RFID	Identifikace na rádiové frekvenci (Radio Frequency Identification)
RS 232	Sériové komunikační rozhraní (sériový port, sériová linka)
RS 485	Dvou vodičová poloduplexní multibodová sériová linka – komunikace Master/Slave
SCADA	Supervizní řízení a sběr dat (Supervisory Control And Data Acquisition)

---

SELV	Bezpečné malé napětí – způsob ochrany elektrických předmětů (Safety Extra-Low Voltage)
SMS	Služba krátkých textových zpráv (Short message service)
SPD	Přepět'ové ochranné zařízení (Surge Protection Device)
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
TCP	Komunikační protokol (Transmission Control Protocol)
TN-S	Rozvodná síť s uzemněným uzlem zdroje a oddělenými vodiči PE a N
TV	Televizní přijímač (Television)
UDP	Komunikační protokol, přenáší data pomocí datagramů (User Datagram Protocol)
URG	Metoda výpočtu oslnění v interiérech
USA	Spojené státy americké (United States of America)
USB	Univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k počítači (Universal Serial Bus)
UTP CAT5E	Nestíněná kroucená dvojlinka kategorie 5E, certifikovaná pro 1Gbps
WiFi	Standard pro lokální bezdrátové sítě (Wireless LAN, WLAN) a vychází ze specifikace IEEE 802.11

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Blokové schéma propojení zařízení u klasické elektroinstalace [10].....	14
Obr. 2 Spínání žárovky pomocí sběrnice elektroinstalace [12] .....	17
Obr. 3 Blokové schéma zapojení sběrnice systému [1] .....	17
Obr. 4 Funkční schéma centralizovaných systémů [1].....	18
Obr. 5 Funkční schéma hybridních systémů [1] .....	19
Obr. 6 Funkční schéma decentralizovaného ovládání [1].....	19
Obr. 7 Závislost ceny na výkonnosti elektroinstalace .....	20
Obr. 8 Blokové schéma INELS & BMS systému od firmy ELKO EP [14].....	22
Obr. 9 Schéma zapojení systému Nikobus [8].....	24
Obr. 10 Postup při standardním nastavení jednotek [7] .....	27
Obr. 11 Instalační sběrnice systému Ego-n [3].....	28
Obr. 12 Kabel KSE224 [3] .....	29
Obr. 13 Ukázka sběrnice systému ABB/KNX [16].....	29
Obr. 14 Sběrnice kabel J-Y(St)Y 2 x 2 x 0,8 [15].....	30
Obr. 15 Blokové schéma silnoproudé elektroinstalace učebny .....	34
Obr. 16 Blokové schéma zapojení systému INELS v učebně .....	36
Obr. 17 Rozmístění elektroinstalačních krabic na cvičné stěně .....	45
Obr. 18 Přehled rozvržení elektroinstalační stěny .....	46
Obr. 19 Přehled umístění cvičných panelů a kotvících bodů .....	47
Obr. 20 Možnosti provedení instalační sběrnice .....	57
Obr. 21 Pohled na celou topologii systému INELS [13].....	61
Obr. 22 Situační plán umístění učebny v budově .....	69
Obr. 23 Schéma zapojení ochrany třídy B [22] .....	70
Obr. 24 Konstrukce elektroinstalačních sloupů.....	75
Obr. 25 Ukázka zásuvkových rozvodů na elektroinstalačních sloupech.....	76
Obr. 26 Umístění ovládání žaluzií na elektroinstalačních pilířích .....	77

## SEZNAM PŘÍLOH

### A. Tištěné přílohy

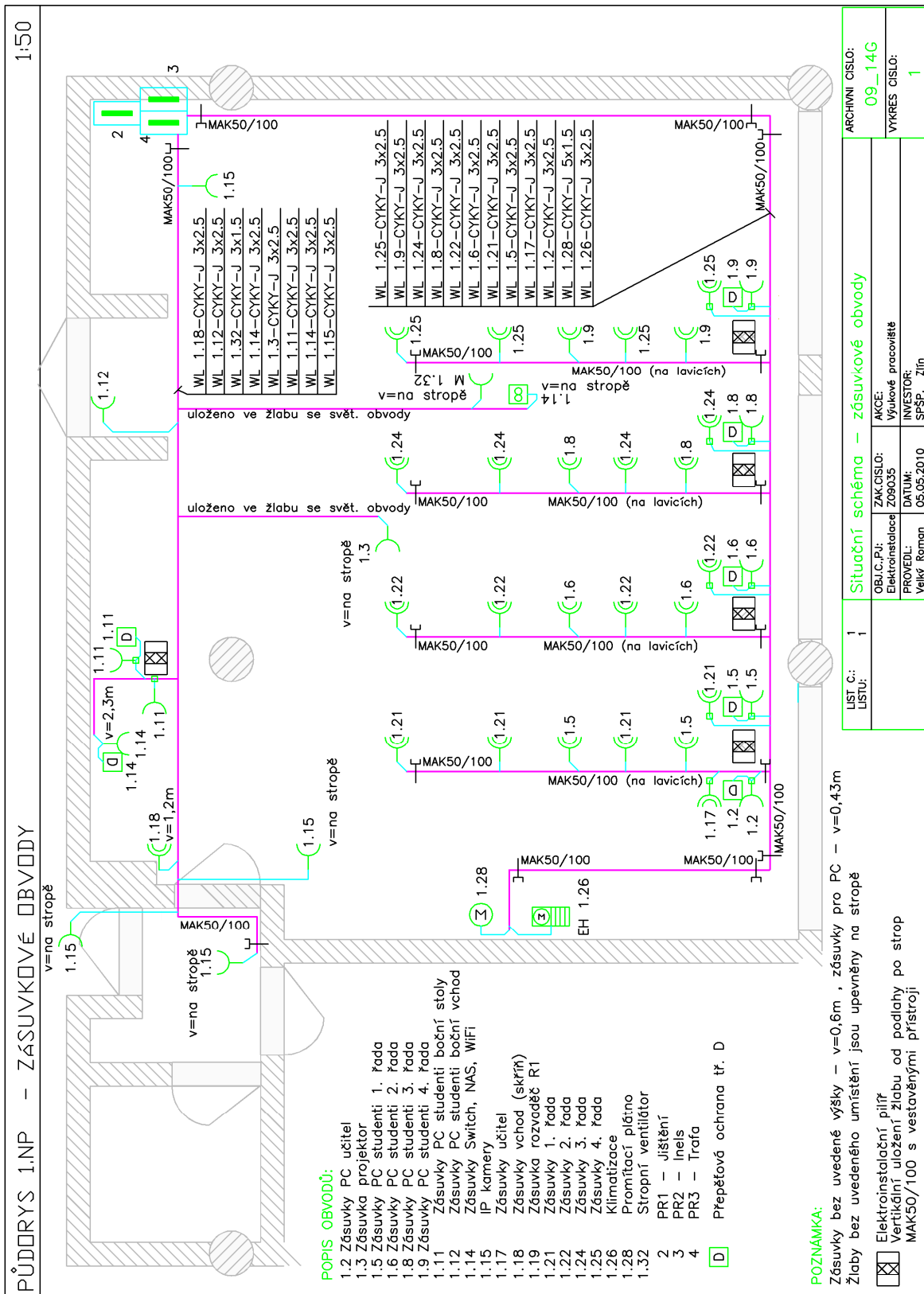
P I	Situační schéma – zásuvkové obvody
P II	Situační schéma – obvody pro výuku
P III	Situační schéma – osvětlení
P IV	Situační schéma – slaboproudé obvody
P V	Situační schéma – sběrníkové obvody
P VI	PR1 – Čelní pohled (zavřená dvířka)
P VII	PR1 – Čelní pohled (otevřená dvířka)
P VIII	PR1 – Schéma rozvaděče 1 - pólové
P IX	PR2 – Čelní pohled (otevřená dvířka)
P X	PR2 – Schéma rozvaděče 1 - pólové
P XI	PR3 – Čelní pohled (zavřená dvířka)
P XII	PR3 – Čelní pohled (otevřená dvířka)
P XIII	PR3 – Schéma rozvaděče 1 - pólové
P XIV	Ovládání režimu provozu žaluzií

### B. Elektronické přílohy umístěné na CD

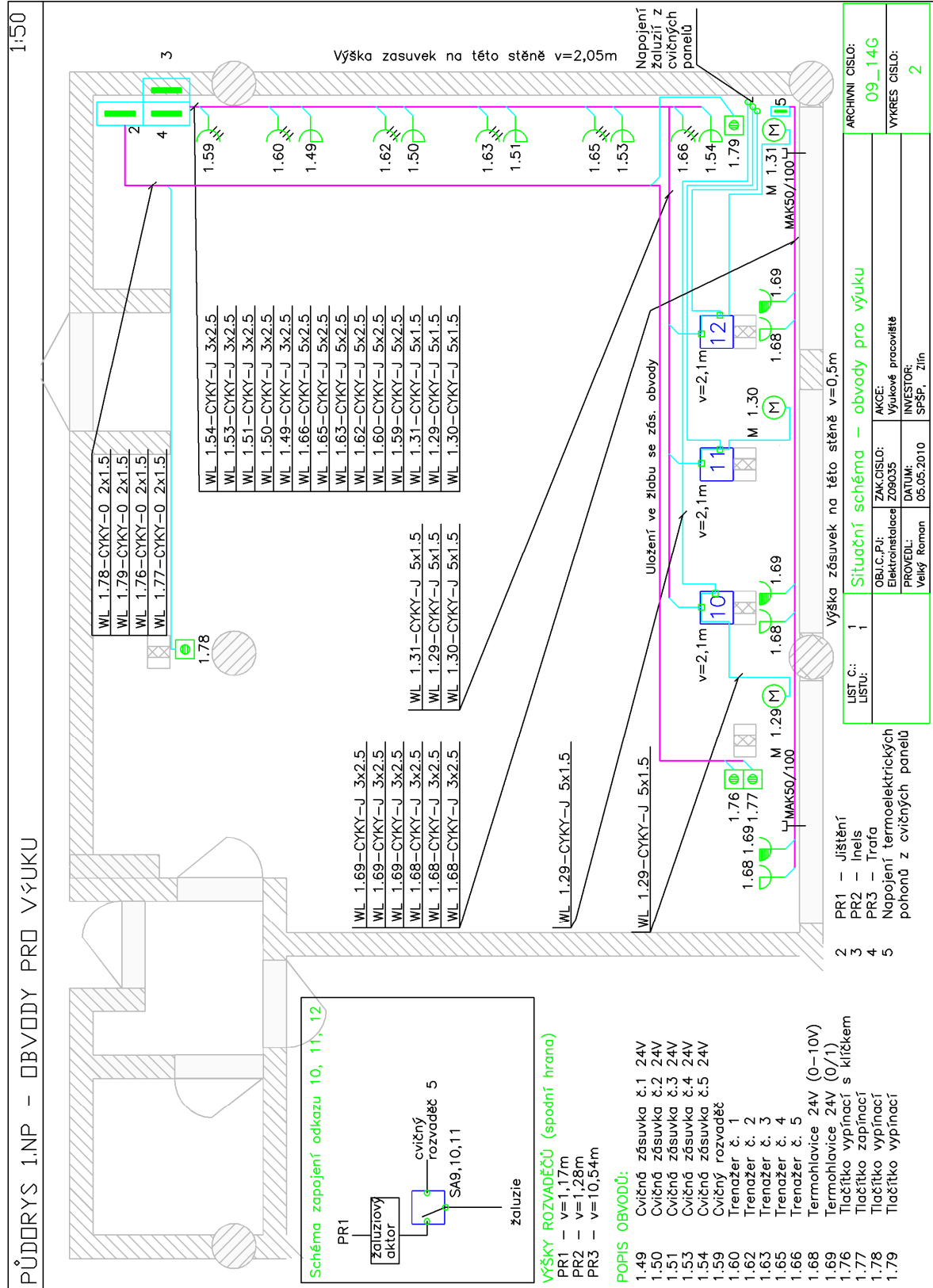
P XV	Seznam obvodů
P XVI	Podrobný rozpočet
P XVII	Výpočet umělého osvětlení dle ČSN EN 12464-1
P XVIII	Výpočet dimenzování klimatizace
P XIX	Situační schémata – kompletní souhrn
P XX	PR1 – Kompletní výkresová dokumentace
P XXI	PR2 – Kompletní výkresová dokumentace

P XXII	PR3 – Kompletní výkresová dokumentace
P XXIII	PR1 – Celkové schéma zapojení
P XXIV	PR2 – Celkové schéma zapojení
P XXV	PR3 – Celkové schéma zapojení
P XXVI	Situační_schéματα.dwg
P XXVII	Rozvaděče_Komletní.dwg
P XXVIII	DWG_True_View_2009.exe

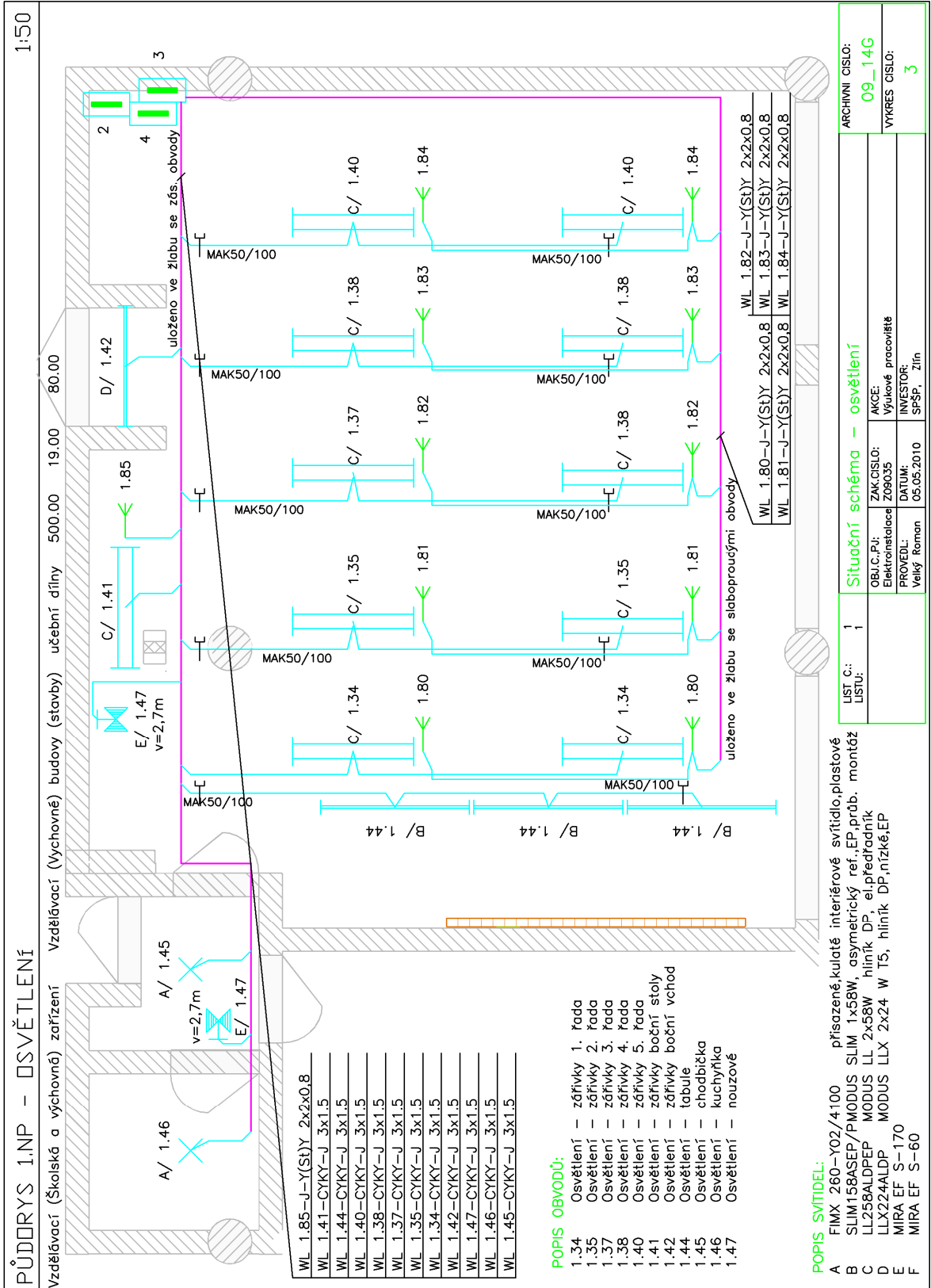
# PŘÍLOHA PI: SITUAČNÍ SCHÉMA – ZÁSUVKOVÉ OBVODY



# PŘÍLOHA P II: SITUAČNÍ SCHÉMA – OBVODY PRO VÝUKU

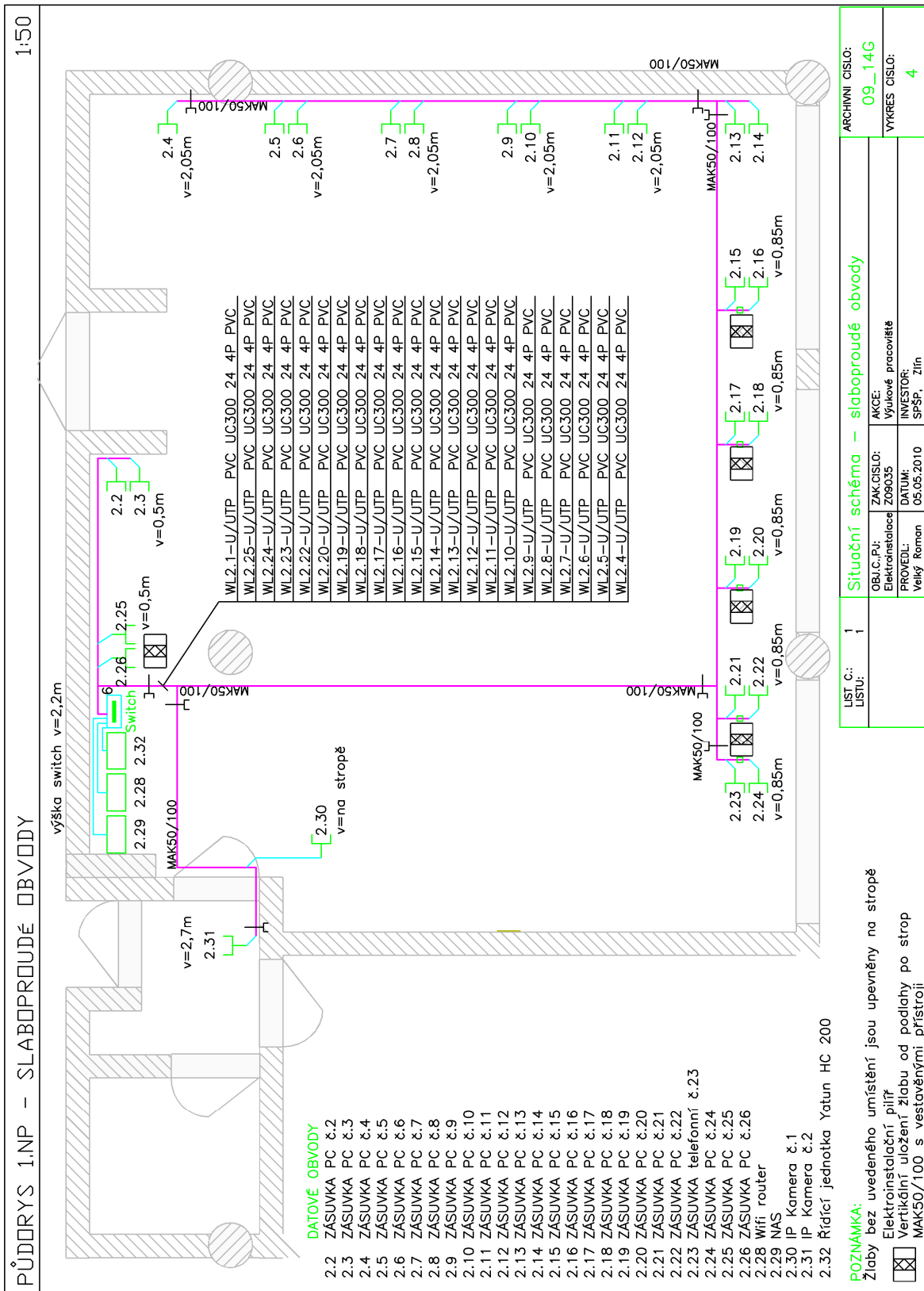


# PŘÍLOHA P III: SITUAČNÍ SCHÉMA - OSVĚTLENÍ

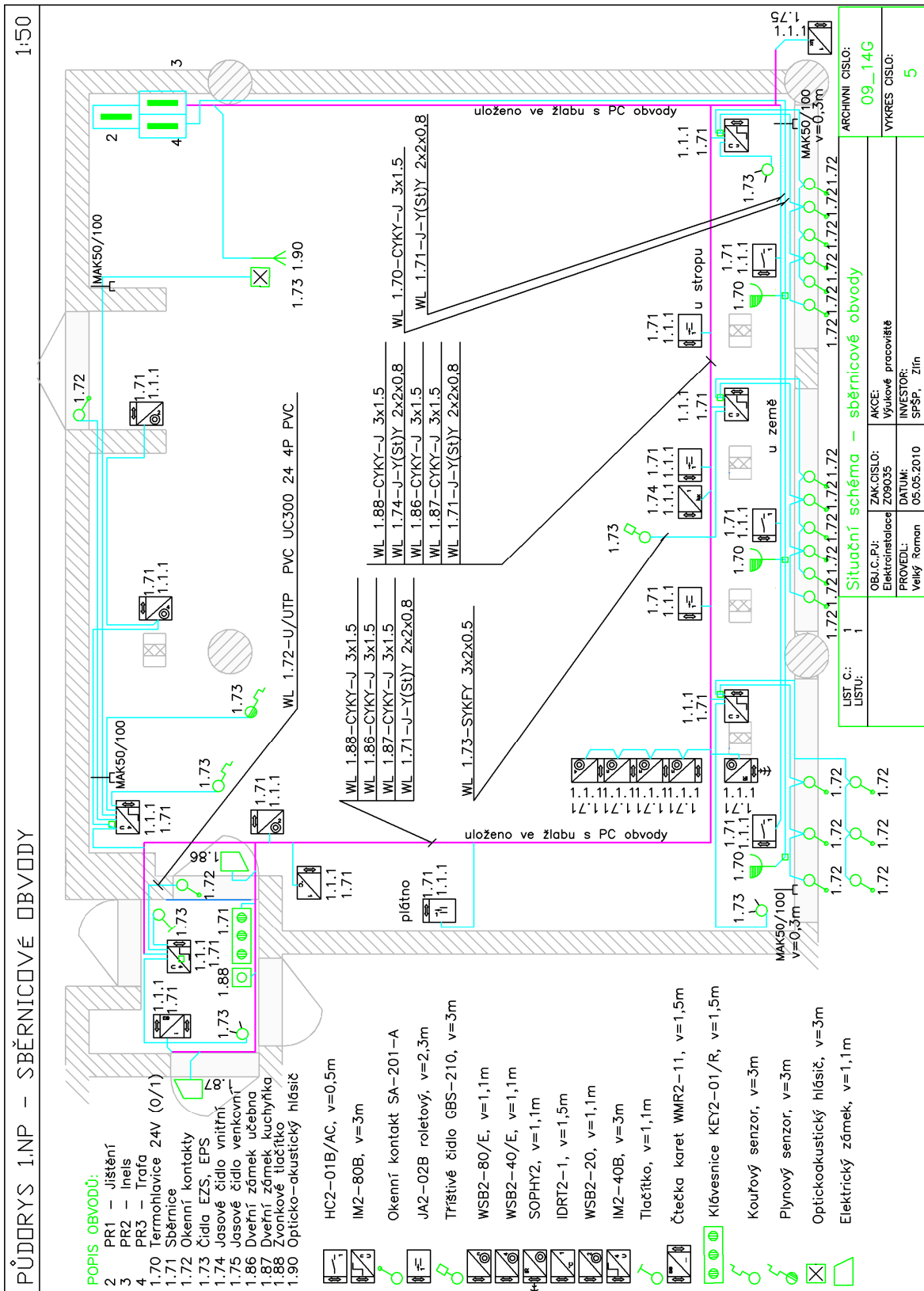




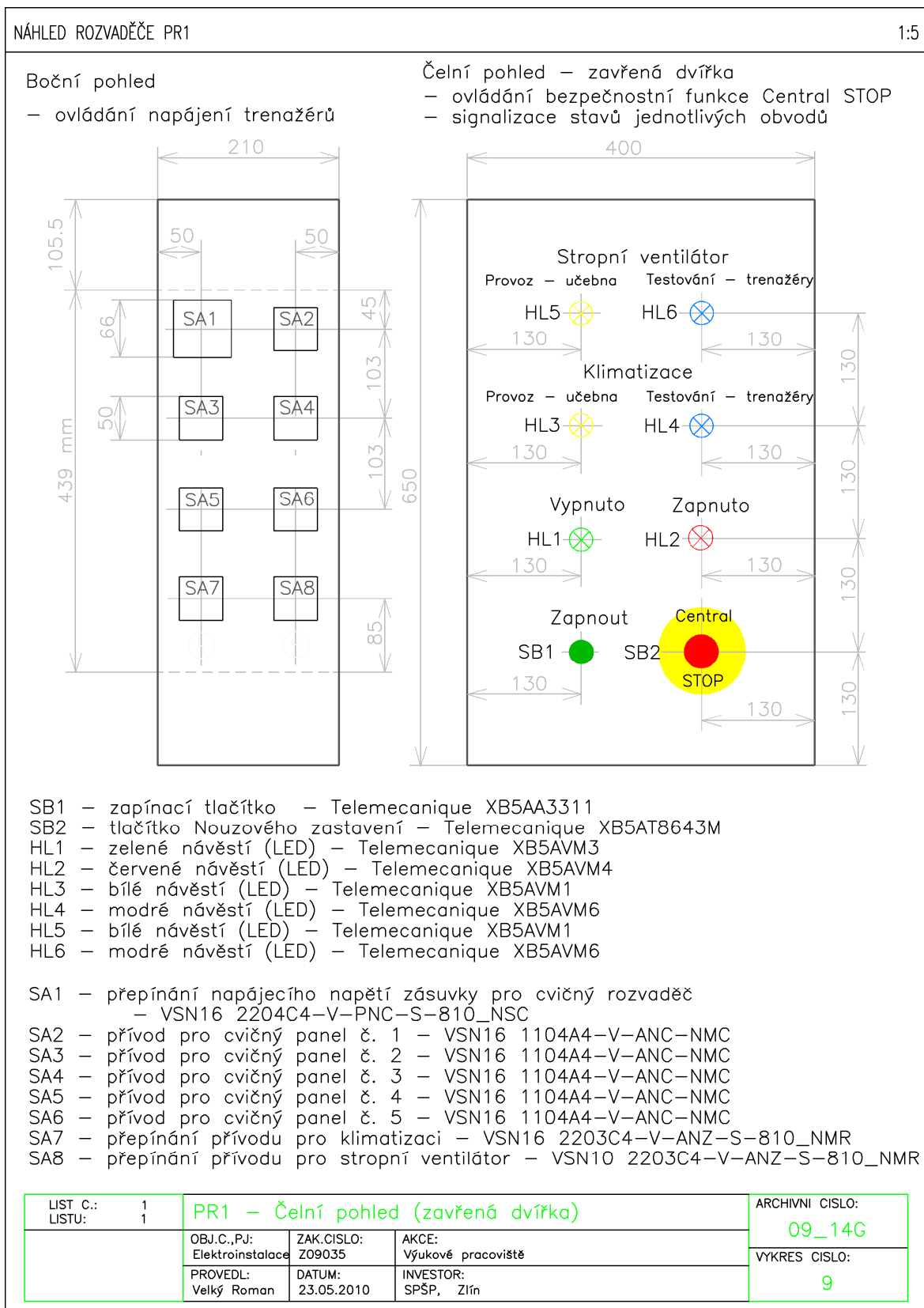
# PŘÍLOHA P IV: SITUAČNÍ SCHÉMA – SLABOPROUDÉ OBVODY



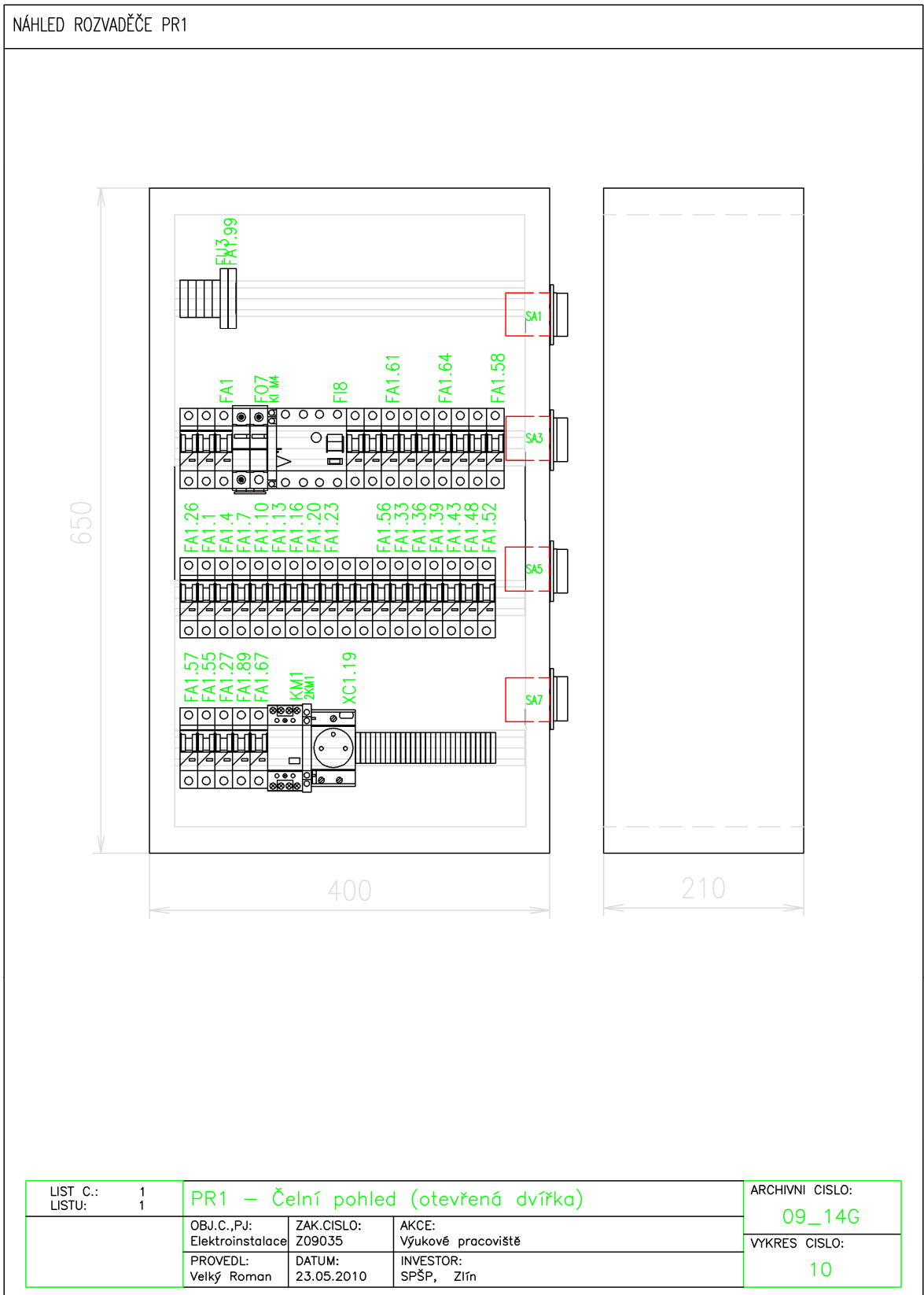
# PŘÍLOHA P V: SITUAČNÍ SCHÉMA – SBĚRNICOVÉ OBVODY



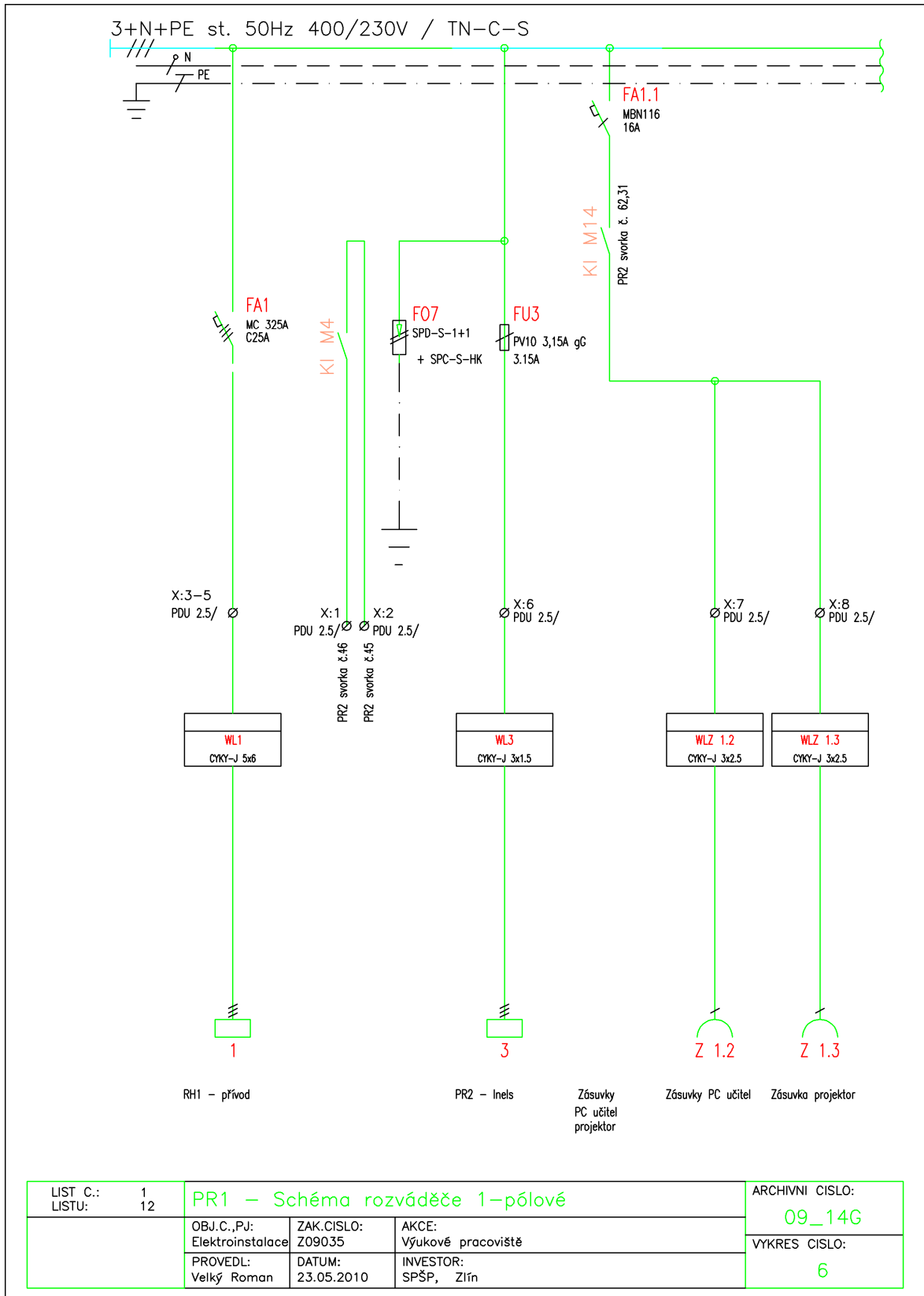
## PŘÍLOHA P VI: PR1 – ČELNÍ POHLED (ZAVŘENÁ DVÍŘKA)

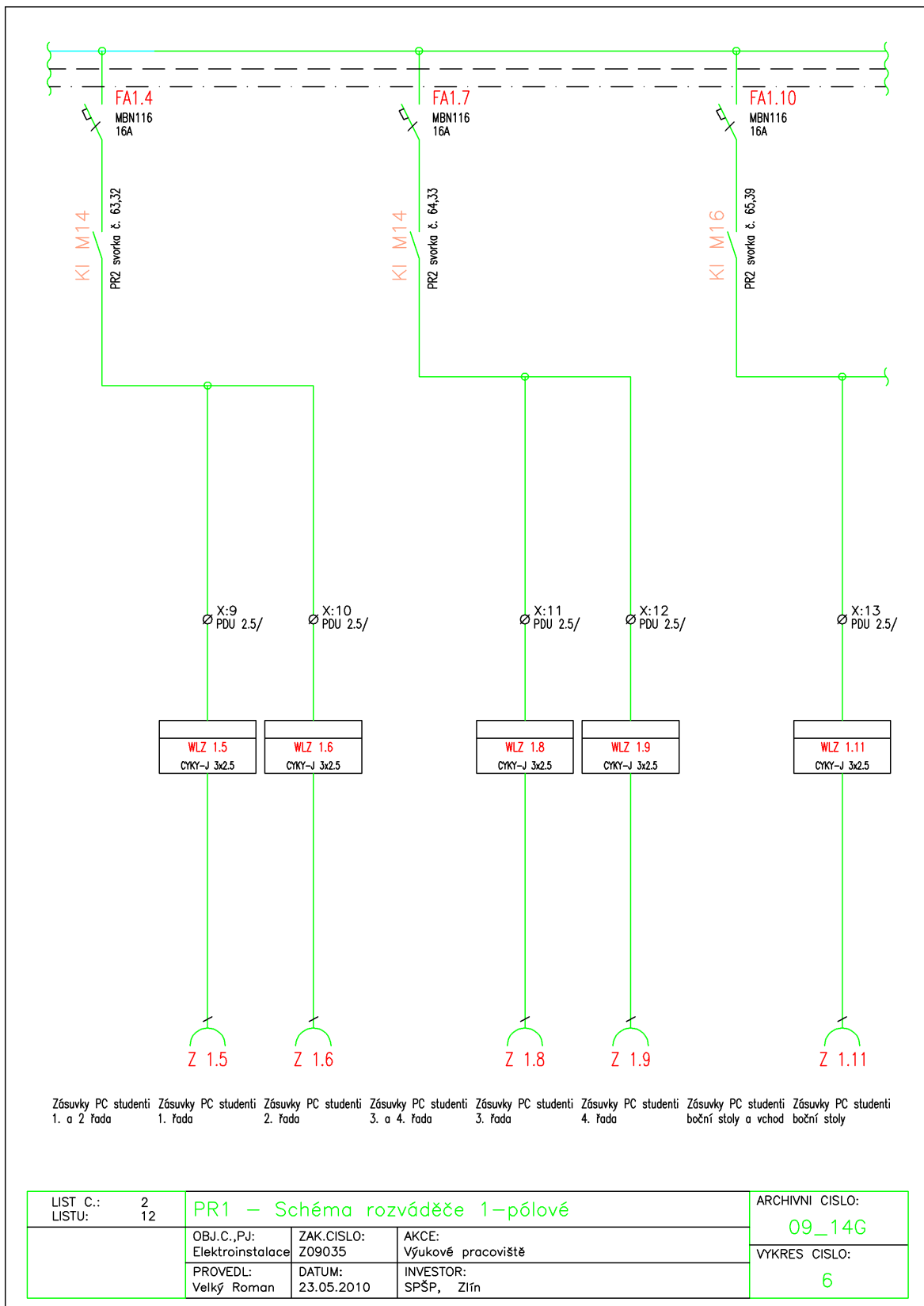


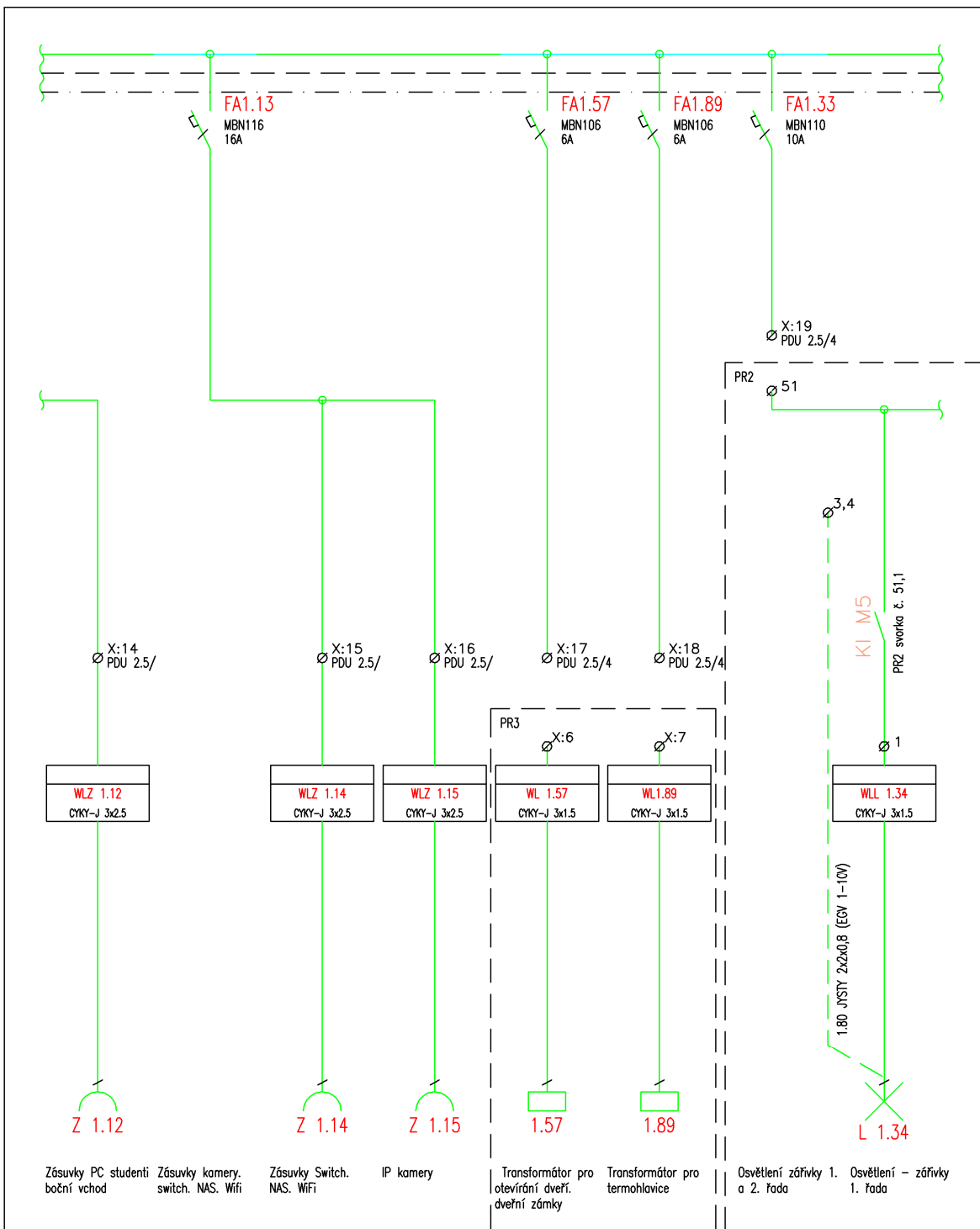
# PŘÍLOHA P VII: PR1 – ČELNÍ POHLED (OTEVŘENÁ DVÍŘKA)



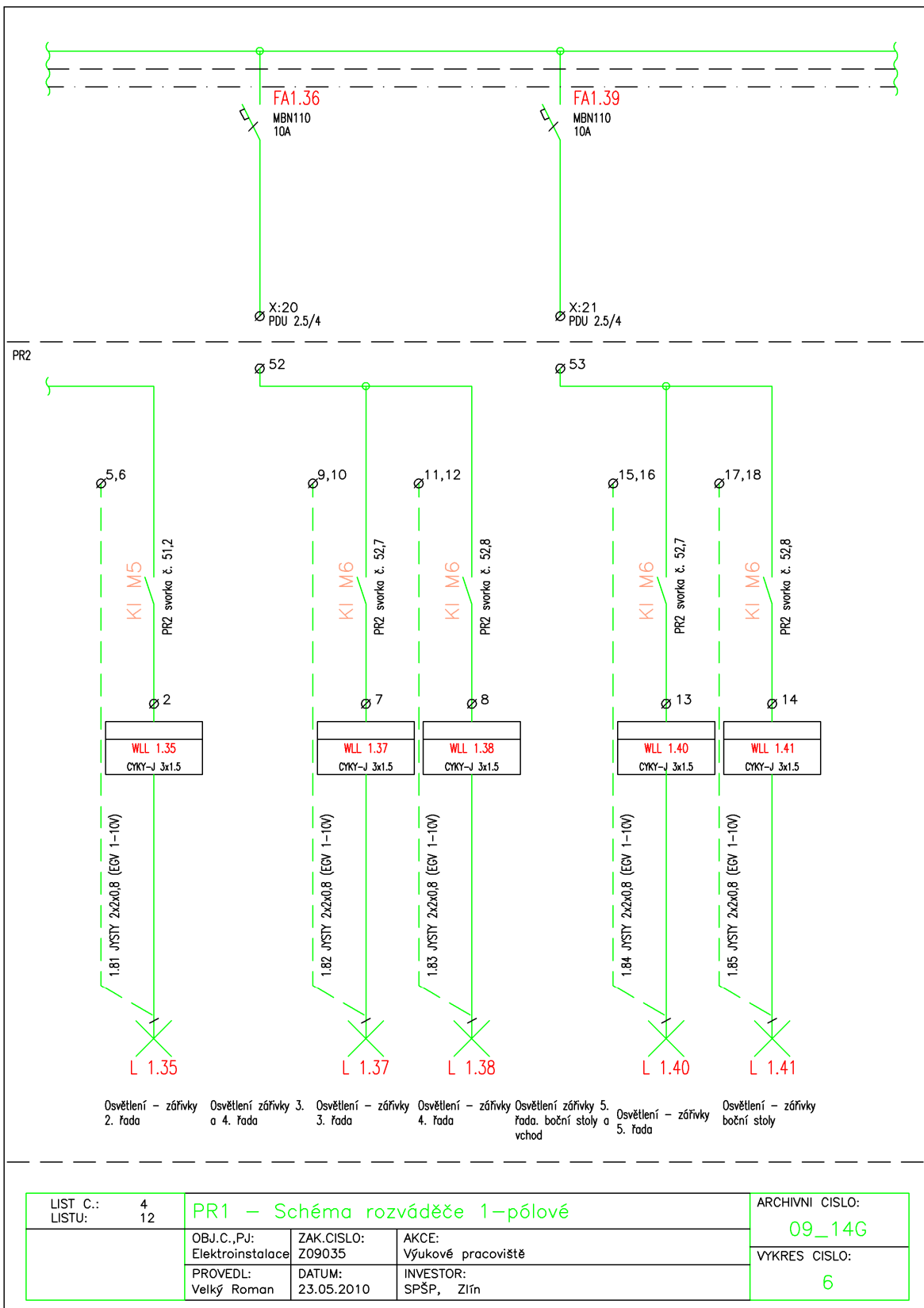
# PŘÍLOHA P VIII: PR1 – SCHÉMA ROZVADĚČE 1 - PÓLOVÉ



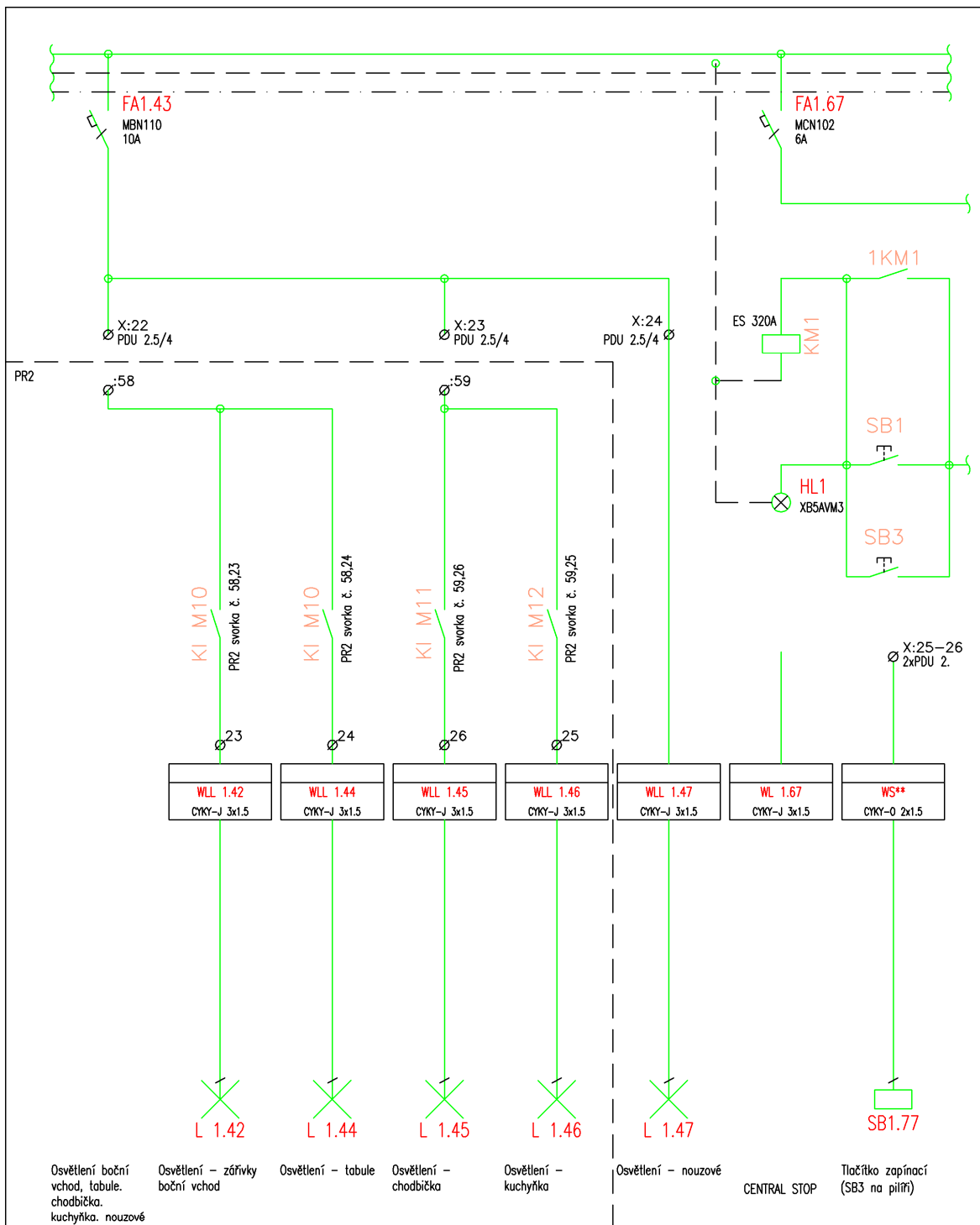




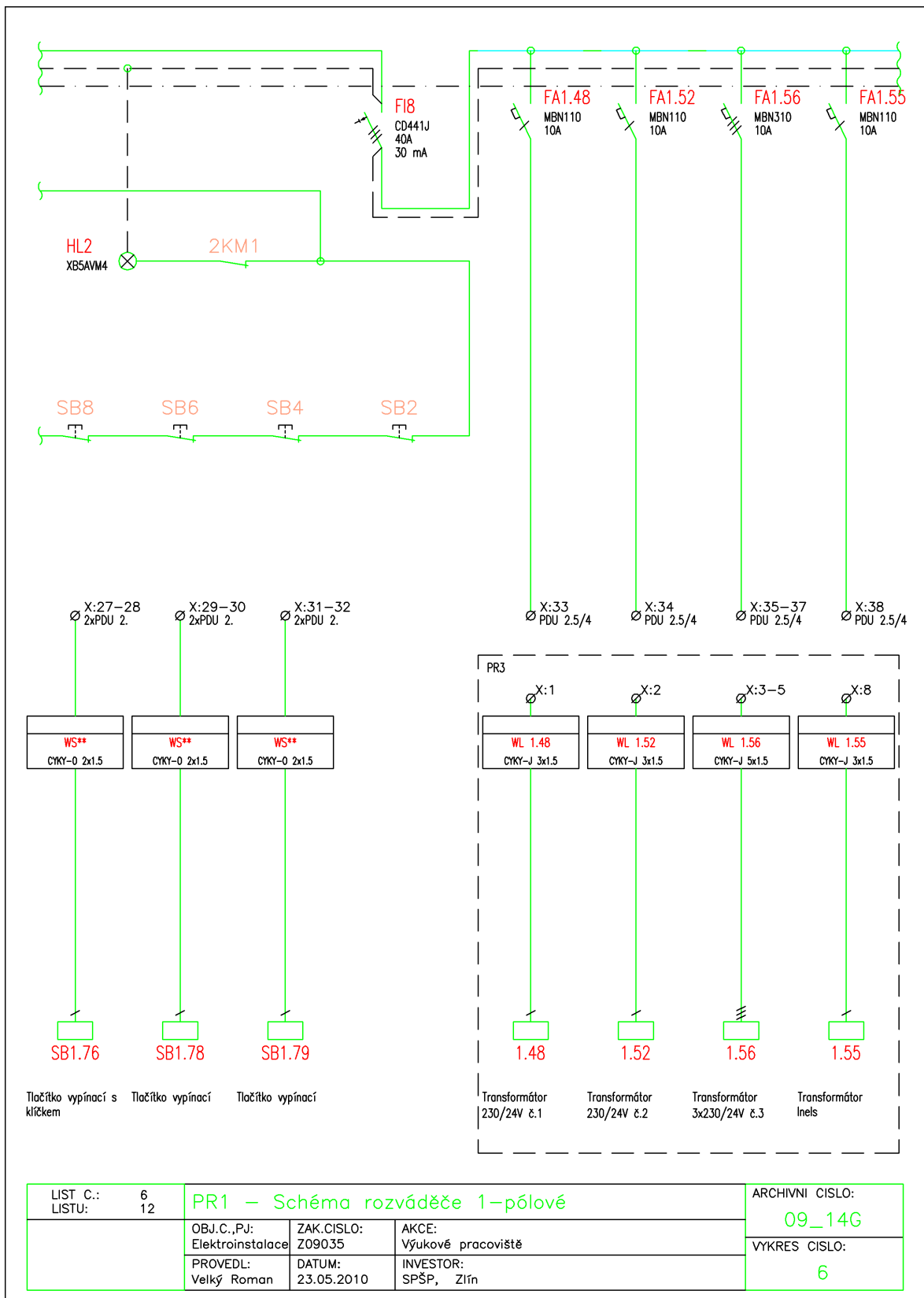
LIST C.: LISTU:	3 12	PR1 - Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
		OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO: Z09035	VÝKRES ČÍSLO: 6
		PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	
			INVESTOR: SPŠP, Zlín	



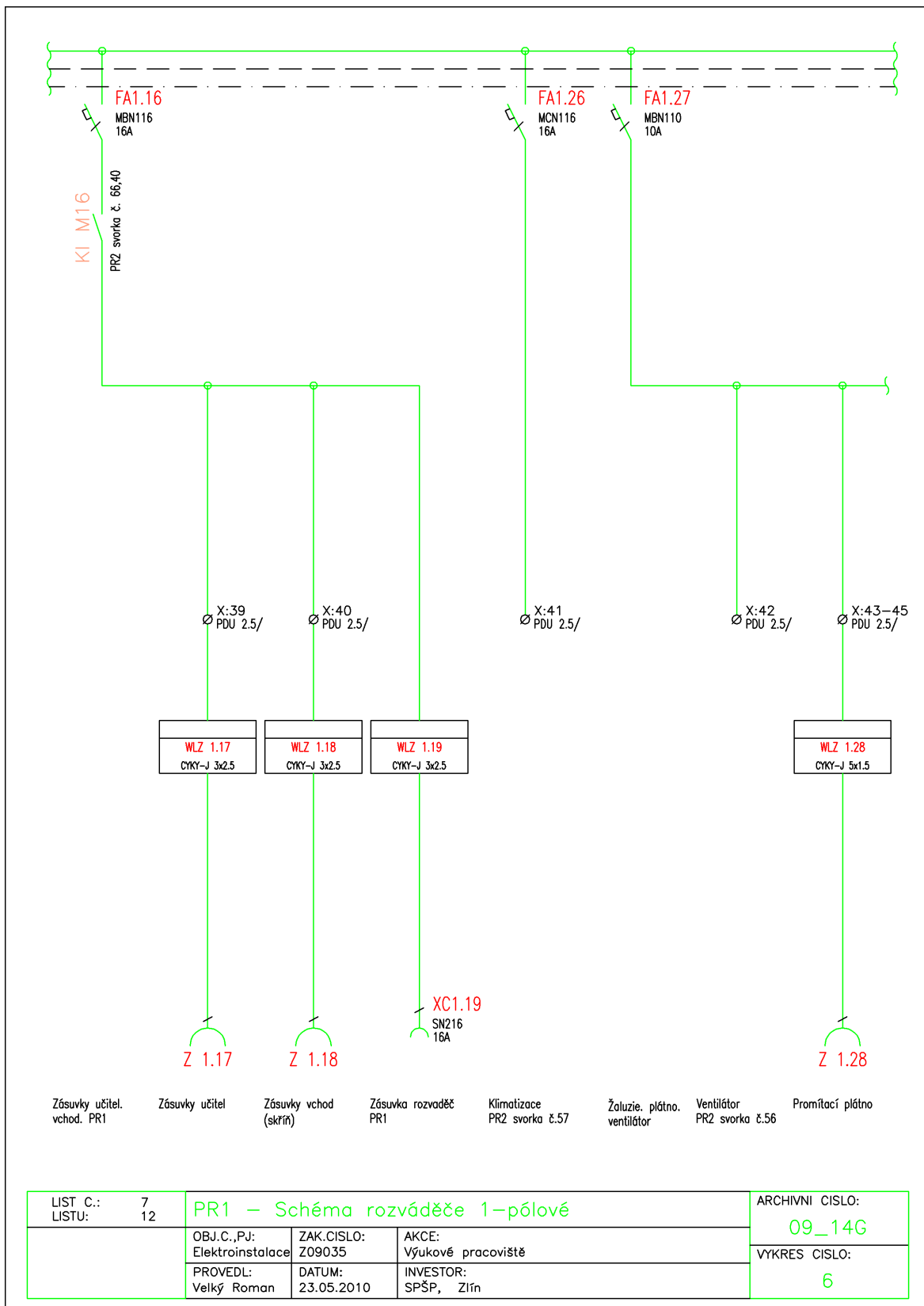


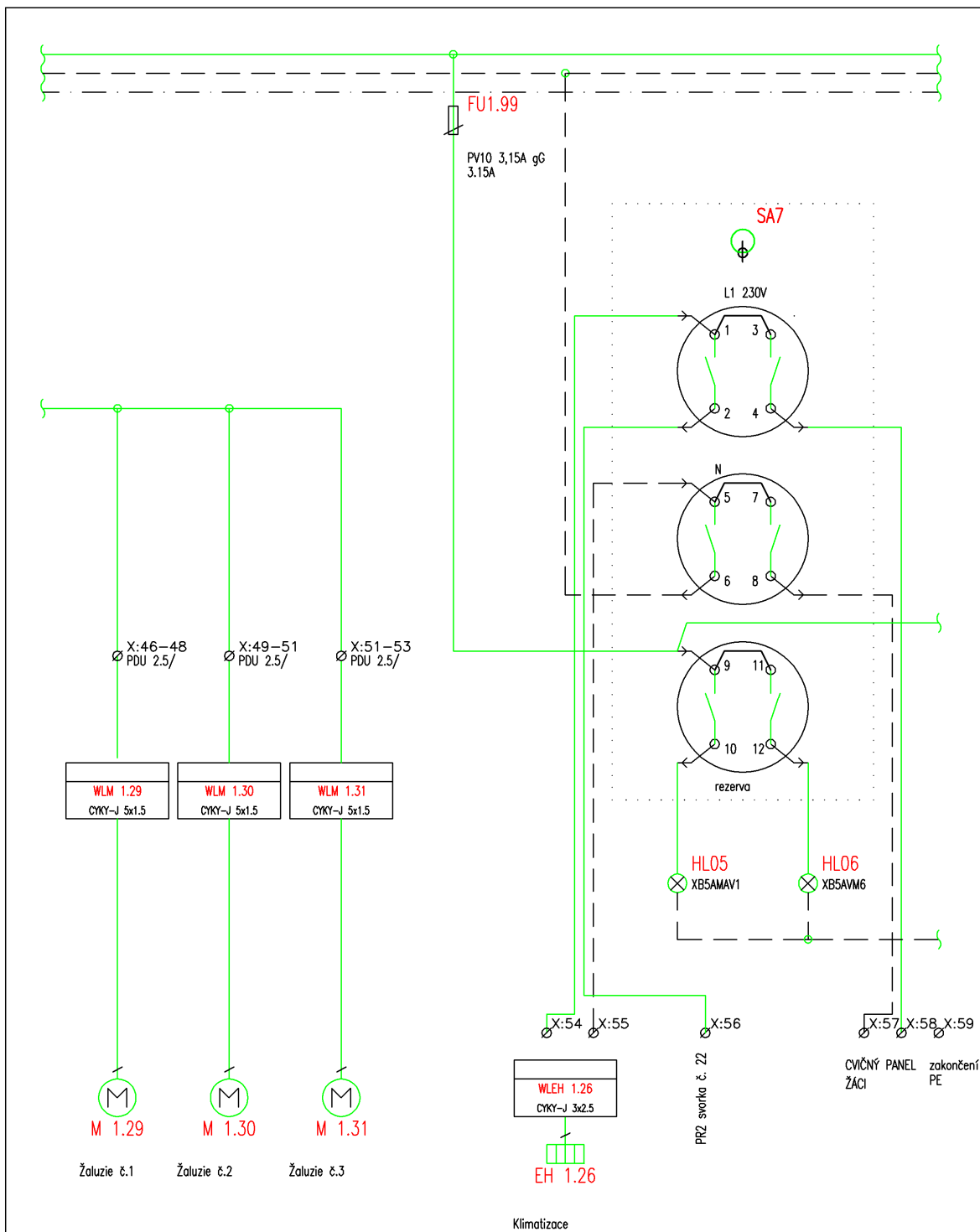


LIST C.:	5	PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CISLO:	09_14G
LISTU:	12			OBJ.C.,PJ:	
		Elektroinstalace	Z09035	Výukové pracoviště	VYKRES CISLO:
		PROVEDL:	DATUM:	INVESTOR:	6
		Velký Roman	23.05.2010	SPŠP, Zlín	

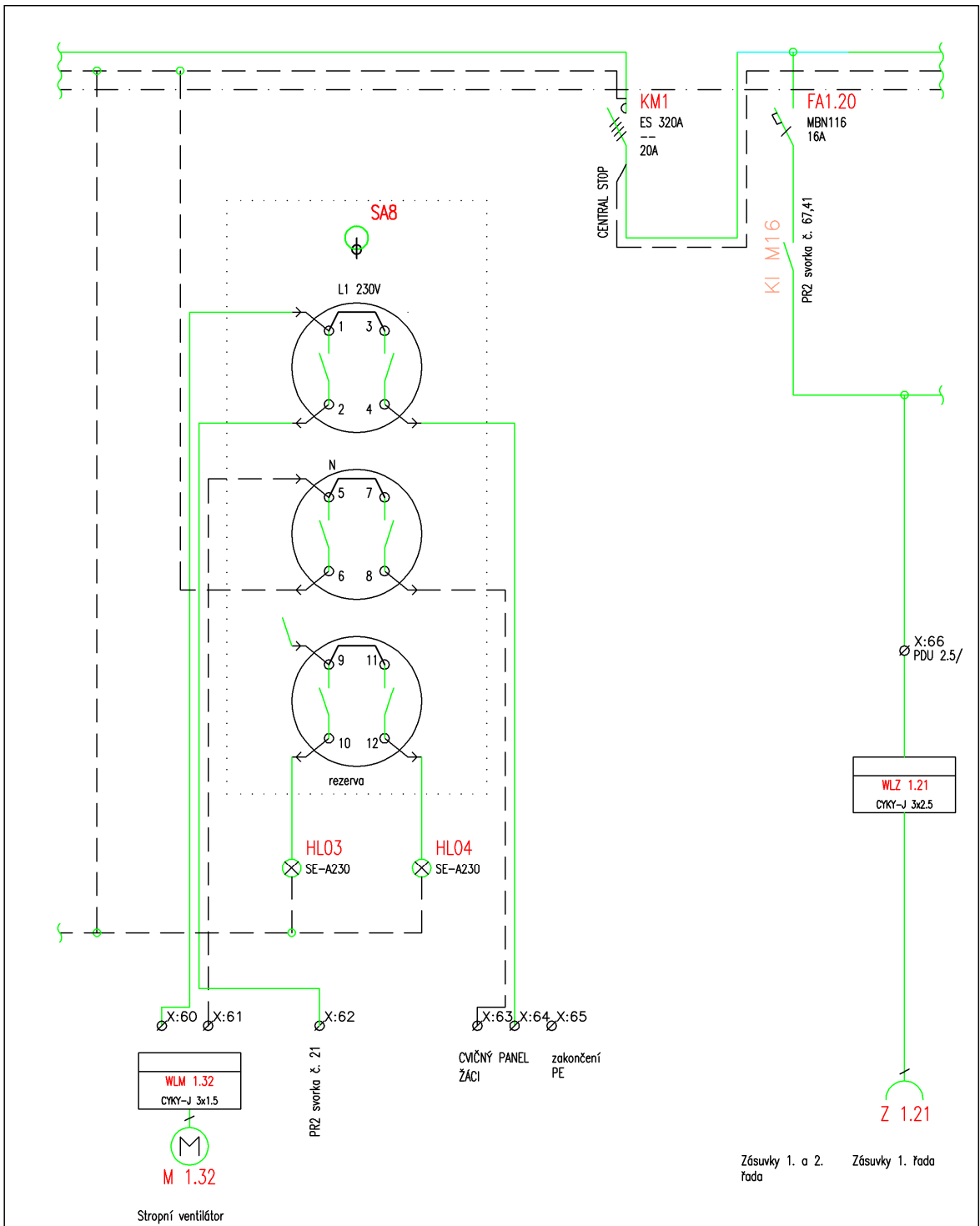


LIST C.: LISTU:	6 12	PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CISLO: 09_14G
		OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CISLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště
		PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín
				VYKRES CISLO: 6

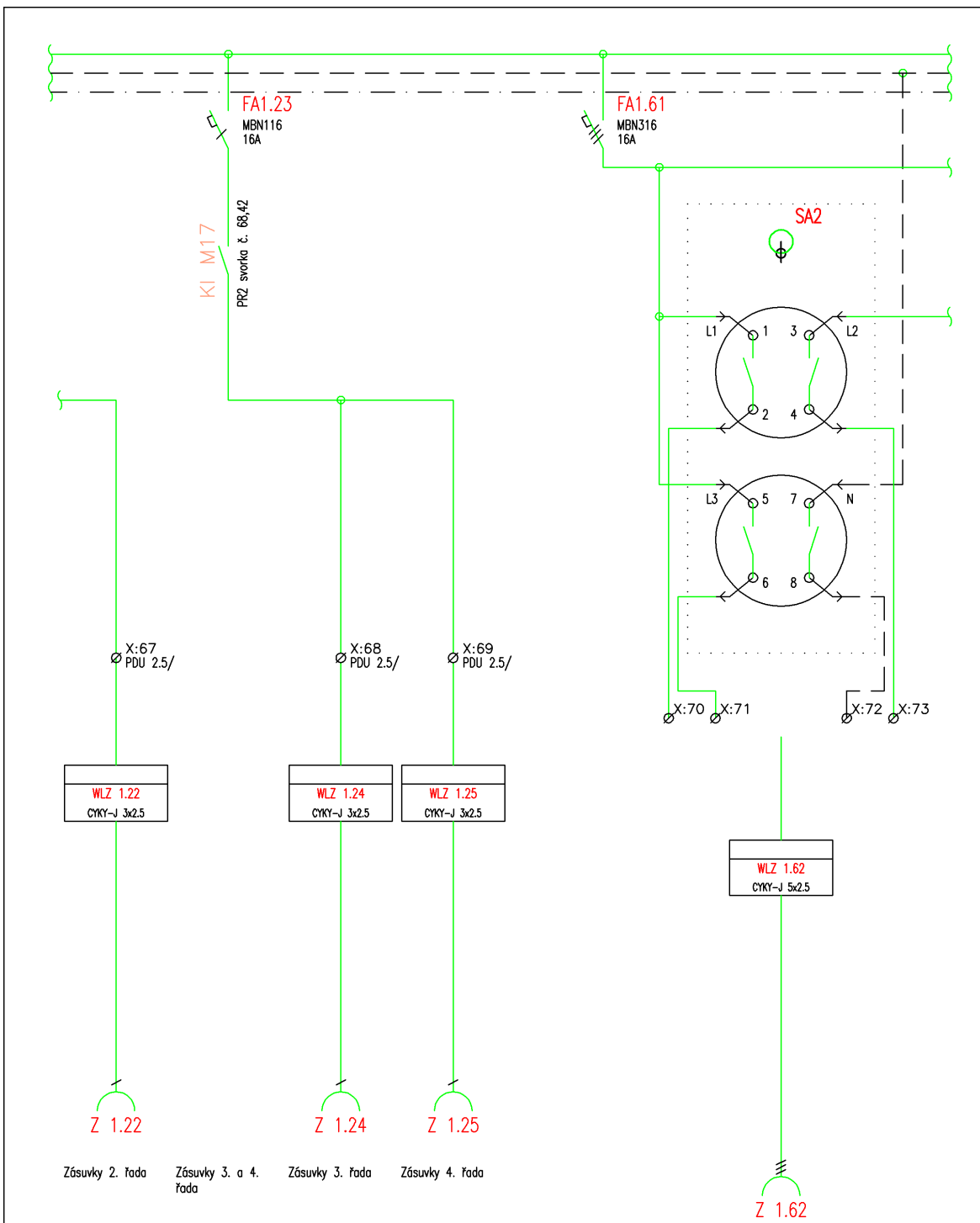




LIST C.: LISTU:	8 12	<b>PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové</b>		ARCHIVNÍ ČÍSLO: <b>09_14G</b>
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES ČÍSLO: <b>6</b>
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín	



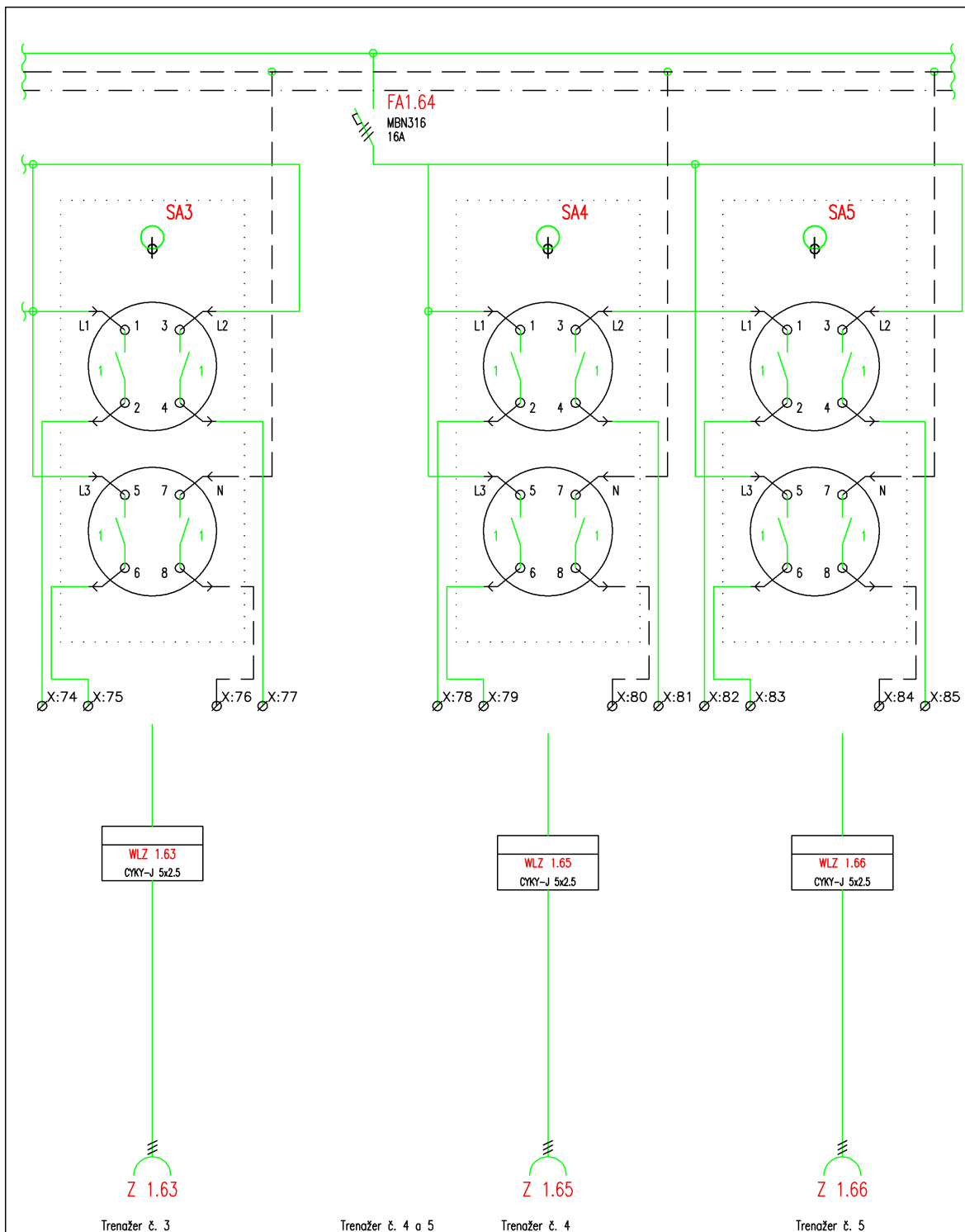
LIST C.:	9	PR1 - Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNÍ ČÍSLO:	09_14G
LISTU:	12			OBJ.C.,PJ:	
		Elektroinstalace	Z09035	Výukové pracoviště	VYKRES ČÍSLO:
		PROVEDL:	DATUM:	INVESTOR:	6
		Velký Roman	23.05.2010	SPŠP, Zlín	



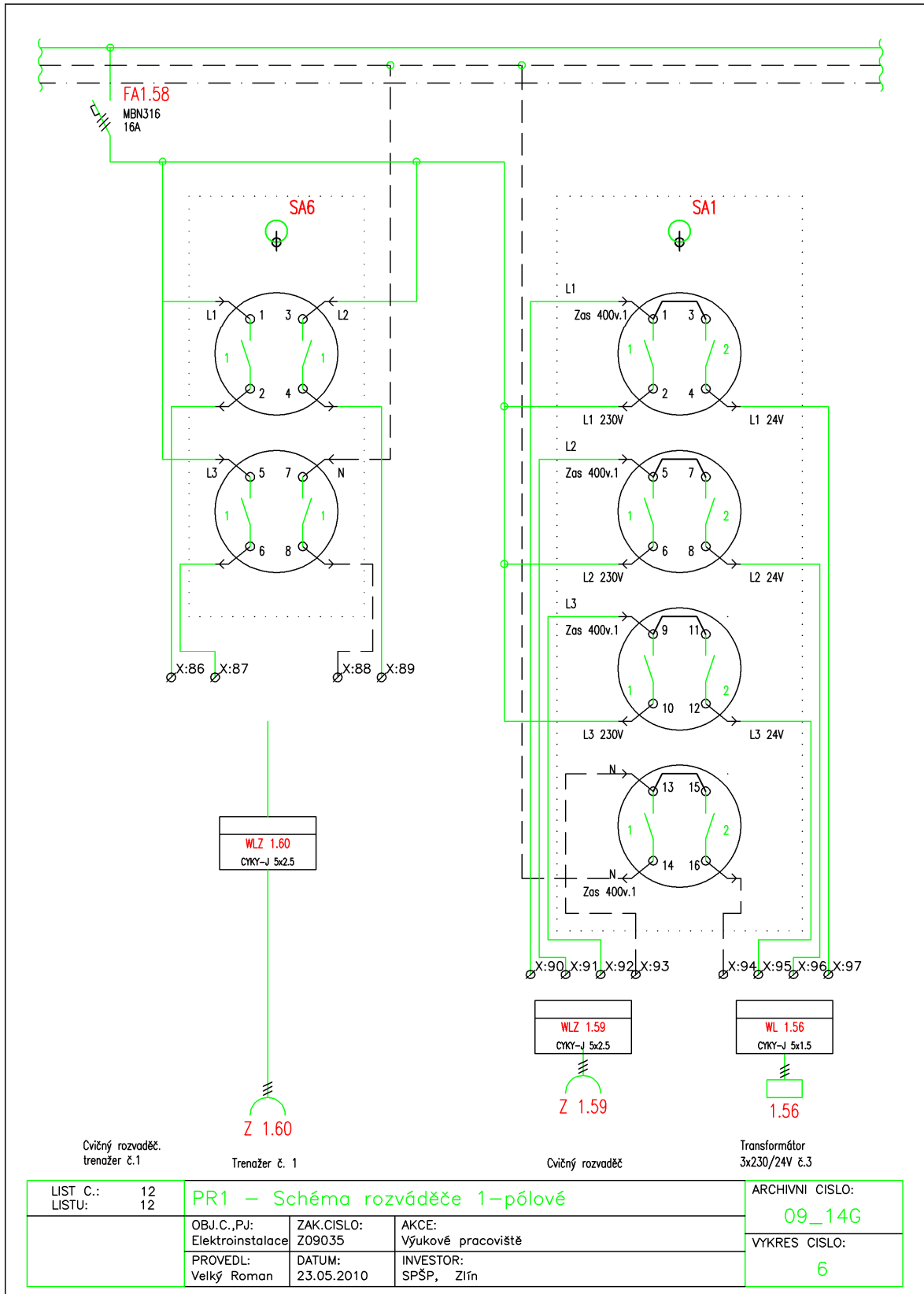
Třenožer č. 2 a 3

Třenožer č. 2

LIST C.:	10	PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNÍ ČÍSLO:	09_14G
LISTU:	12			PROVEDL:	
		OBJ.C.,PJ:	Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO:	Z09035
		PROVEDL:	Velký Roman	DATUM:	23.05.2010
		AKCE:	Výukové pracoviště	INVESTOR:	SPŠP, Zlín



LIST C.:	11	PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CÍSLO:	09_14G
LISTU:	12			OBJ.C.,PJ:	
		Elektroinstalace	Z09035	Výukové pracoviště	VÝKRES CÍSLO:
		PROVEDL:	DATUM:	INVESTOR:	6
		Velký Roman	23.05.2010	SPŠP, Zlín	



Cvičný rozvaděč.  
trenažer č.1

Trenažer č. 1

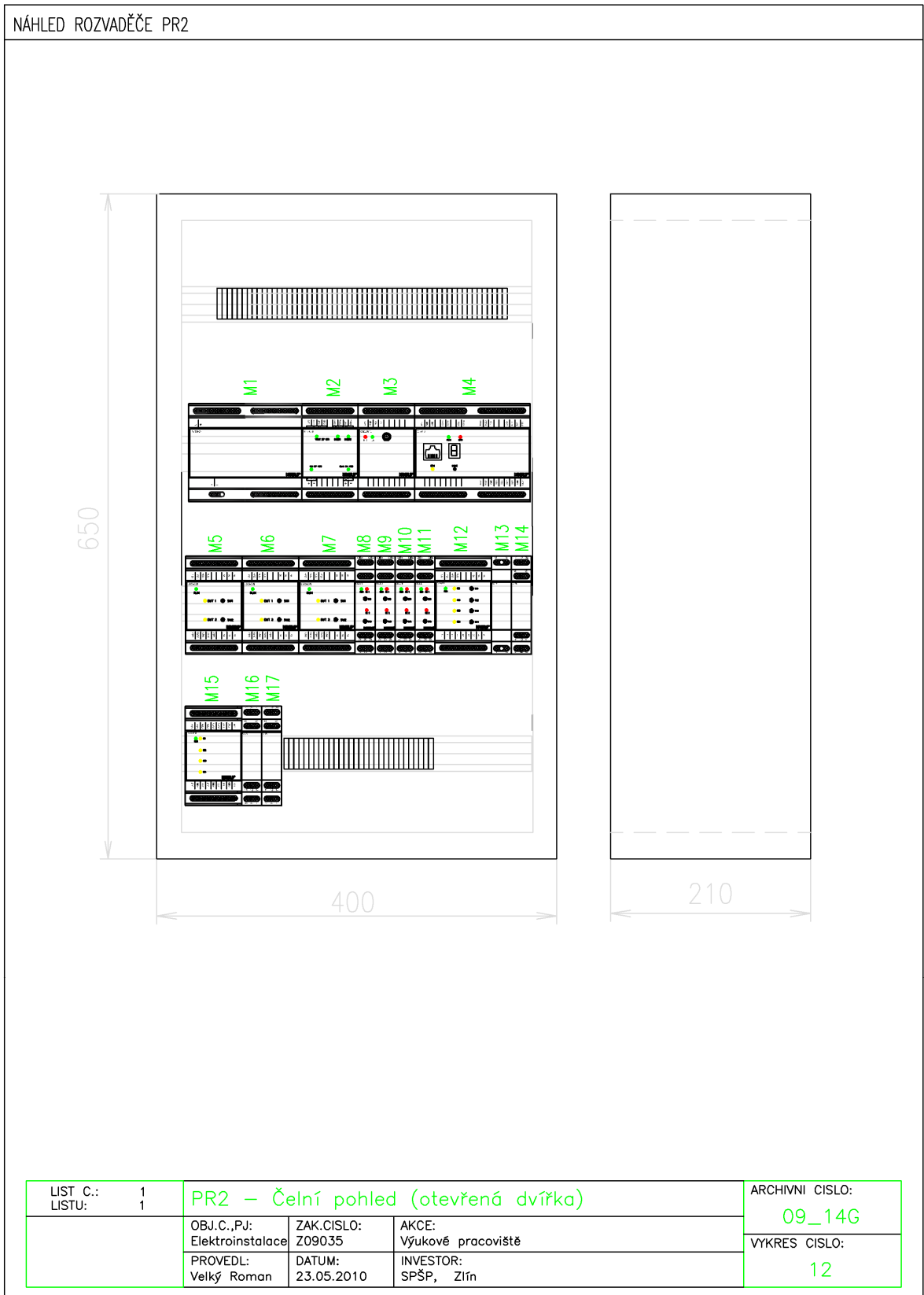
Cvičný rozvaděč

Transformátor  
3x230/24V č.3

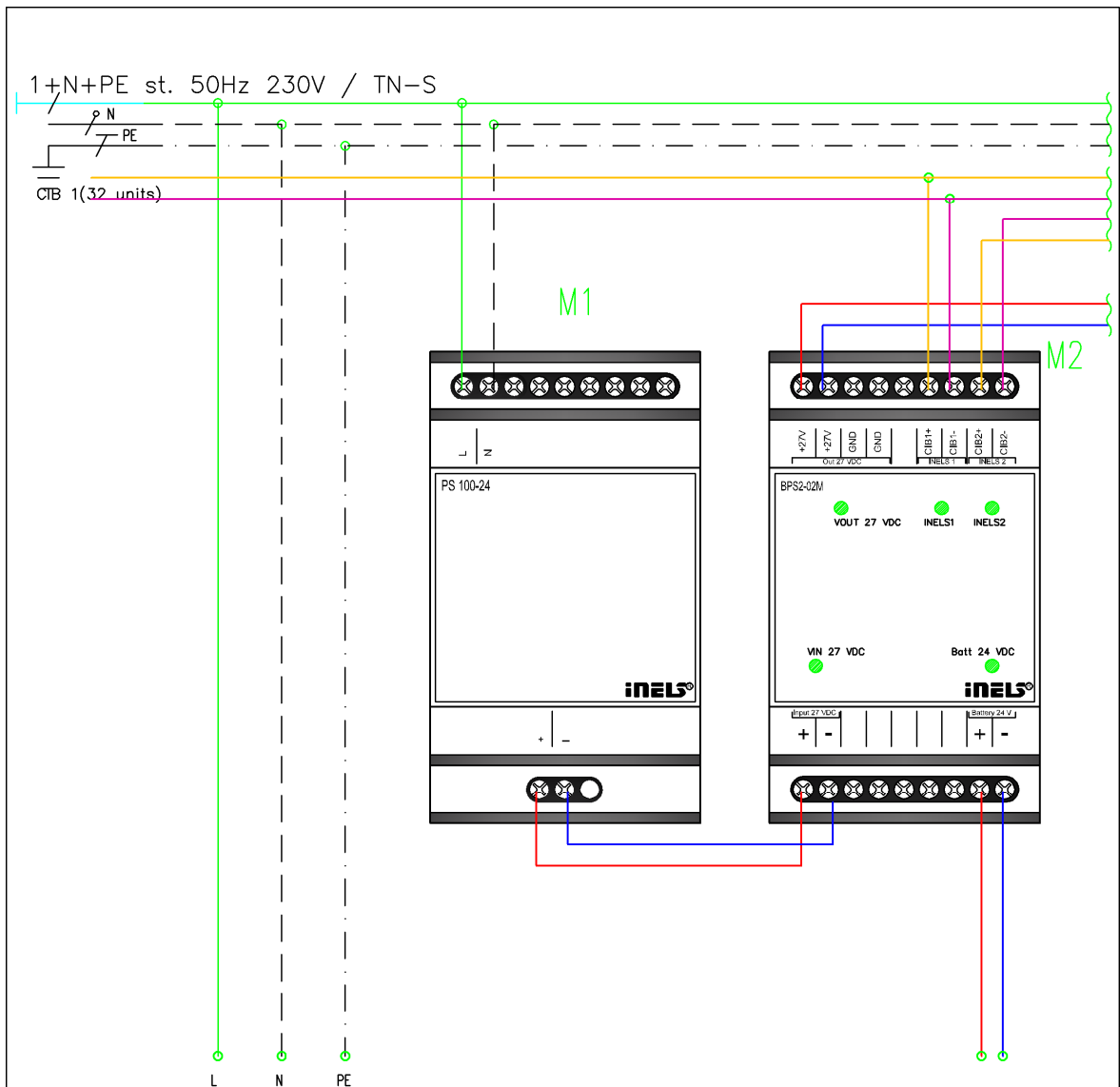
LIST C.:	12	PR1 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CISLO:	09_14G
LISTU:	12			VYKRES CISLO:	
OBJ.C.,PJ:	Elektroinstalace	ZAK.CISLO:	Z09035	AKCE:	Výukové pracoviště
PROVEDL:	Velký Roman	DATUM:	23.05.2010	INVESTOR:	SPŠP, Zlín



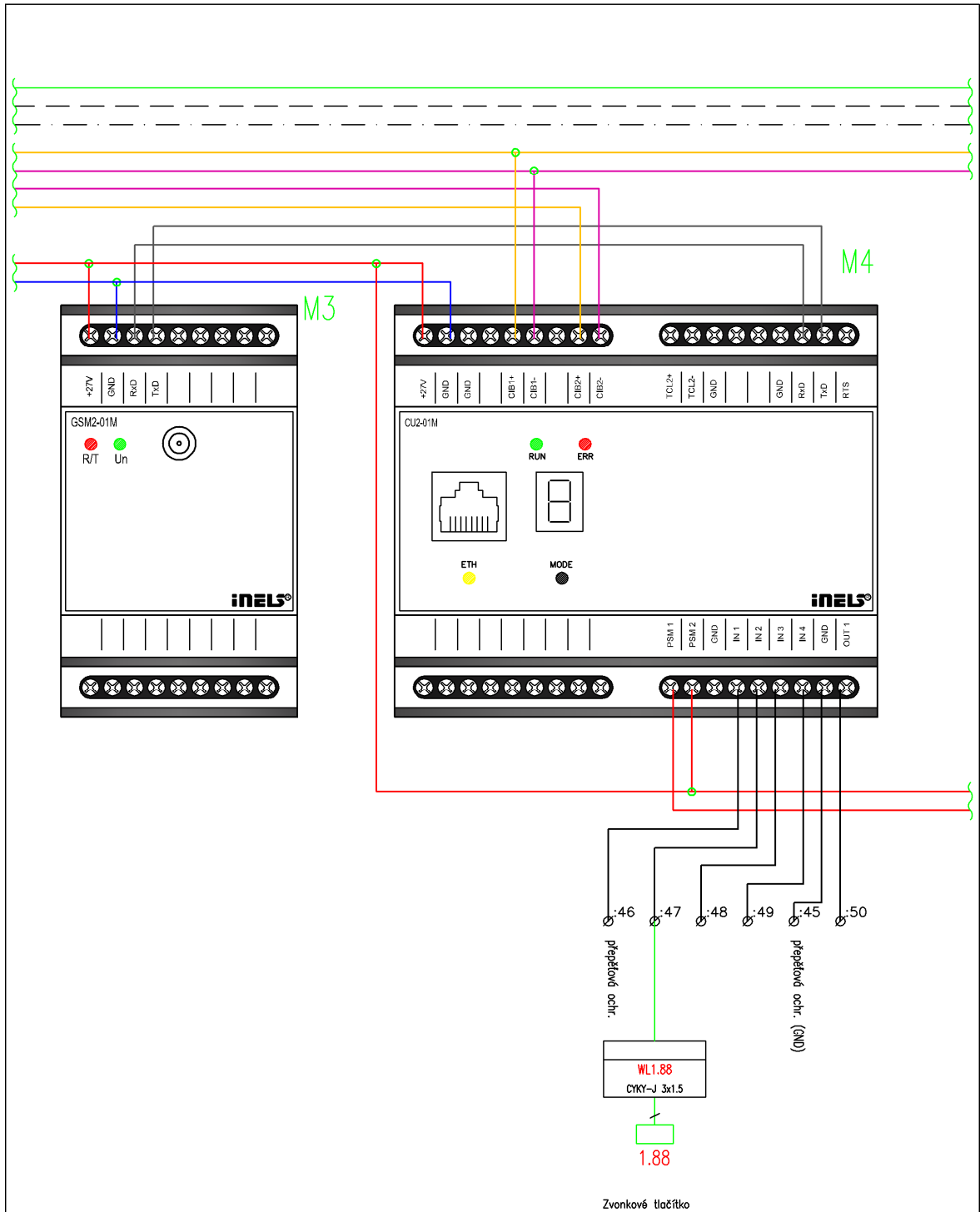
# PŘÍLOHA P IX: PR2 – ČELNÍ POHLED (OTEVŘENÁ DVÍŘKA)



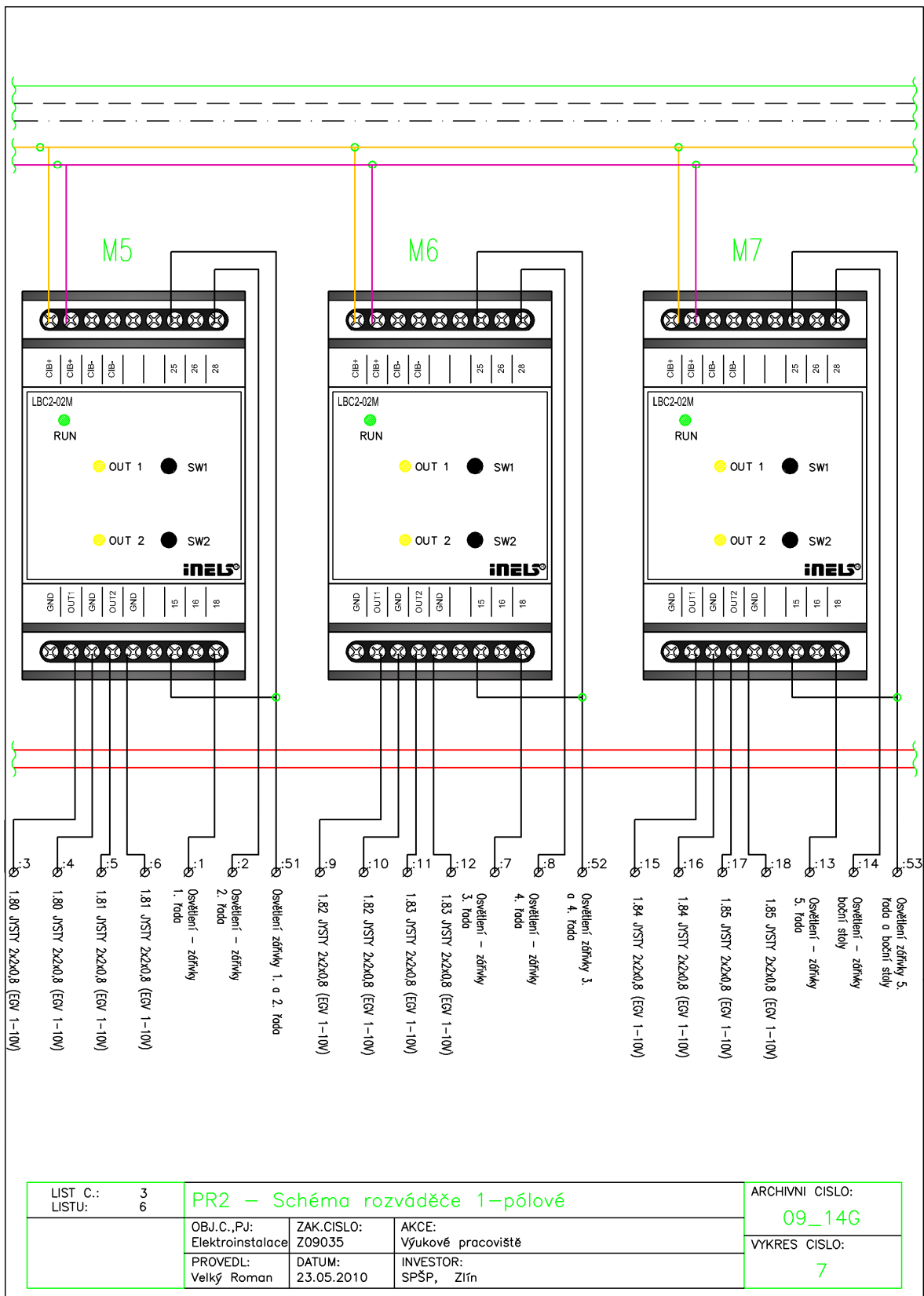
# PŘÍLOHA P X: PR2 – SCHEMA ROZVADĚČE 1 - PÓLOVÉ



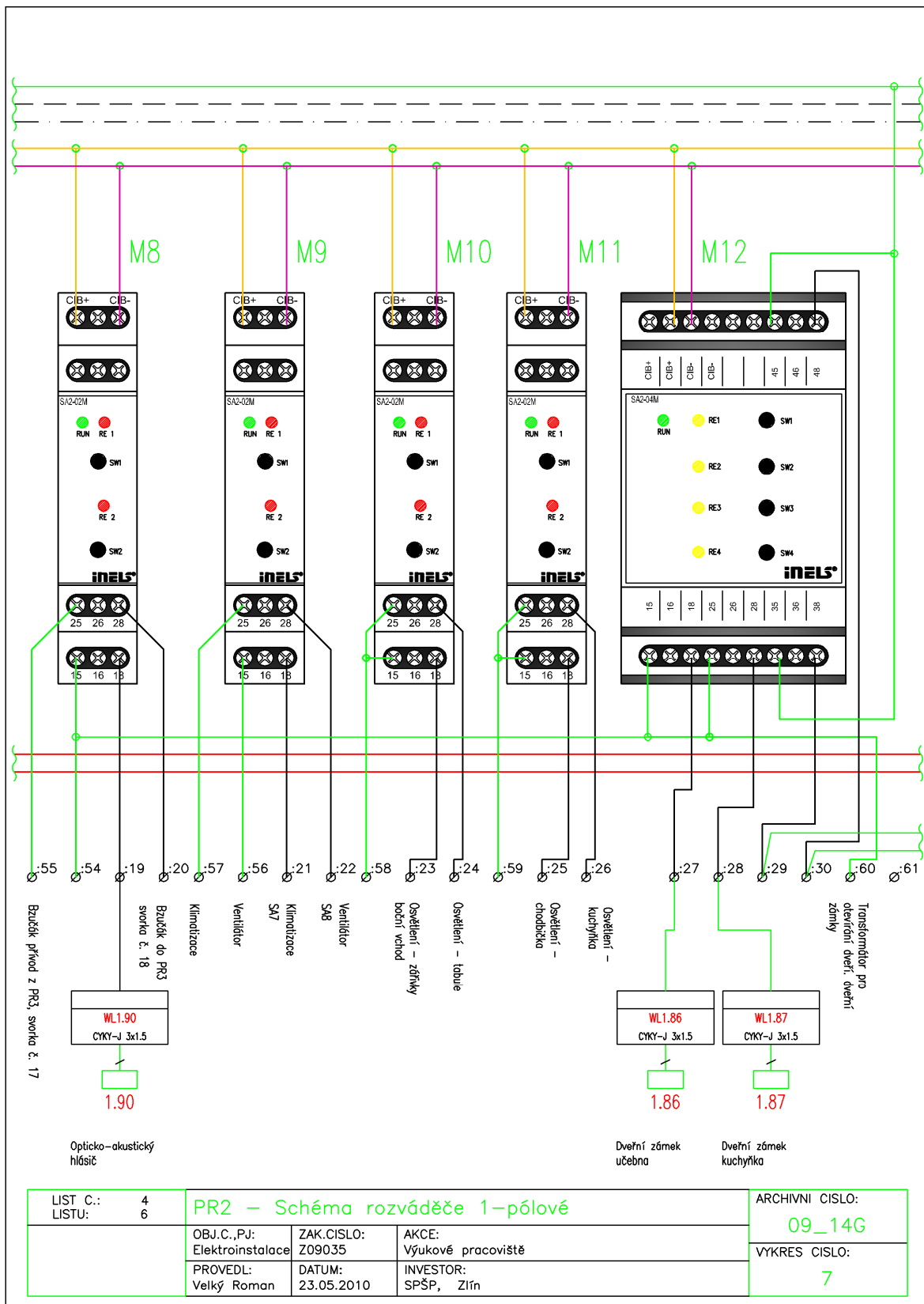
LIST C.: LISTU:	1 6	PR2 – Schéma rozváděče 1-pólové			ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště		VÝKRES ČÍSLO: 7
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín		



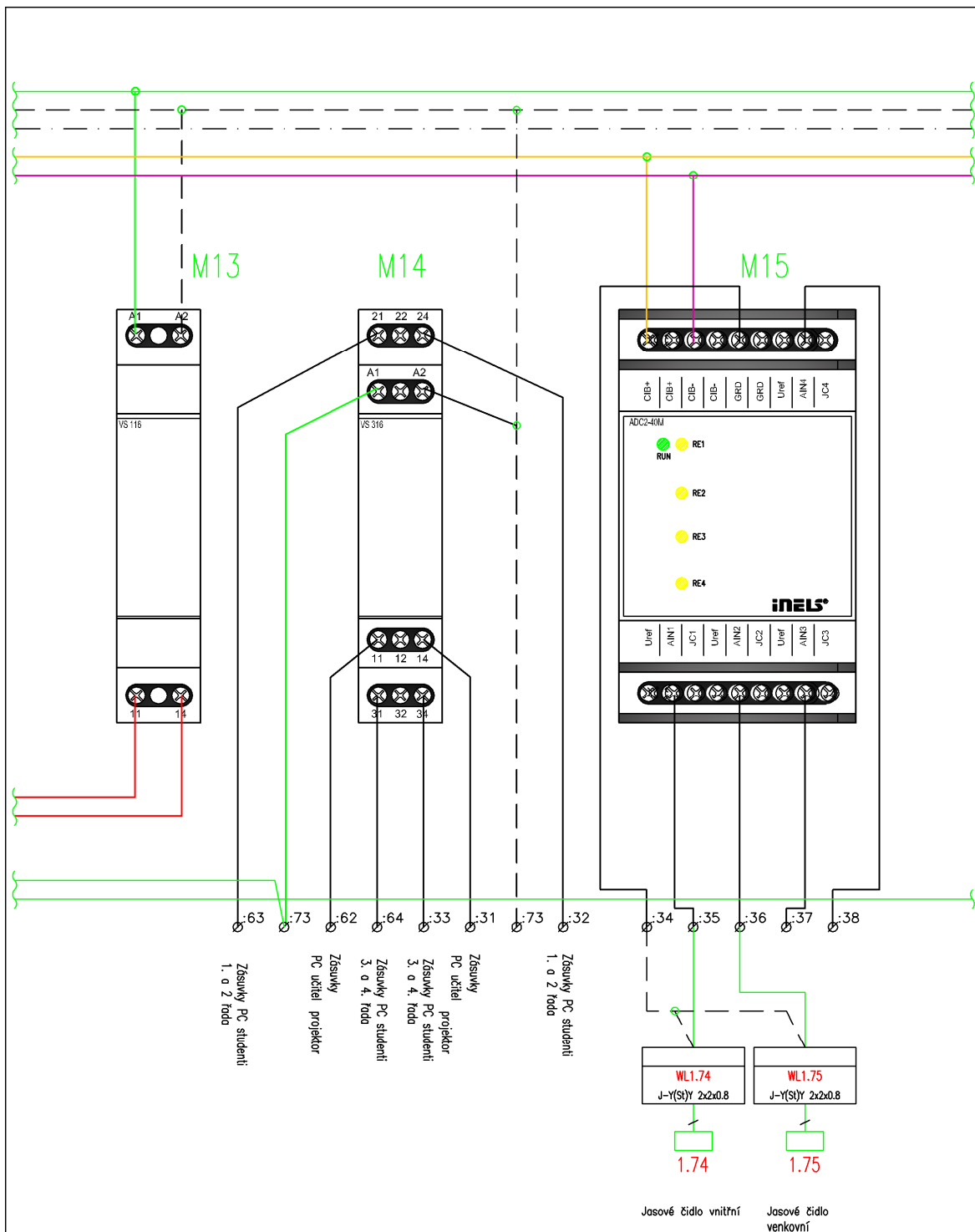
LIST C.: LISTU:	2 6	PR2 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CISLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CISLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES CISLO: 7
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín	



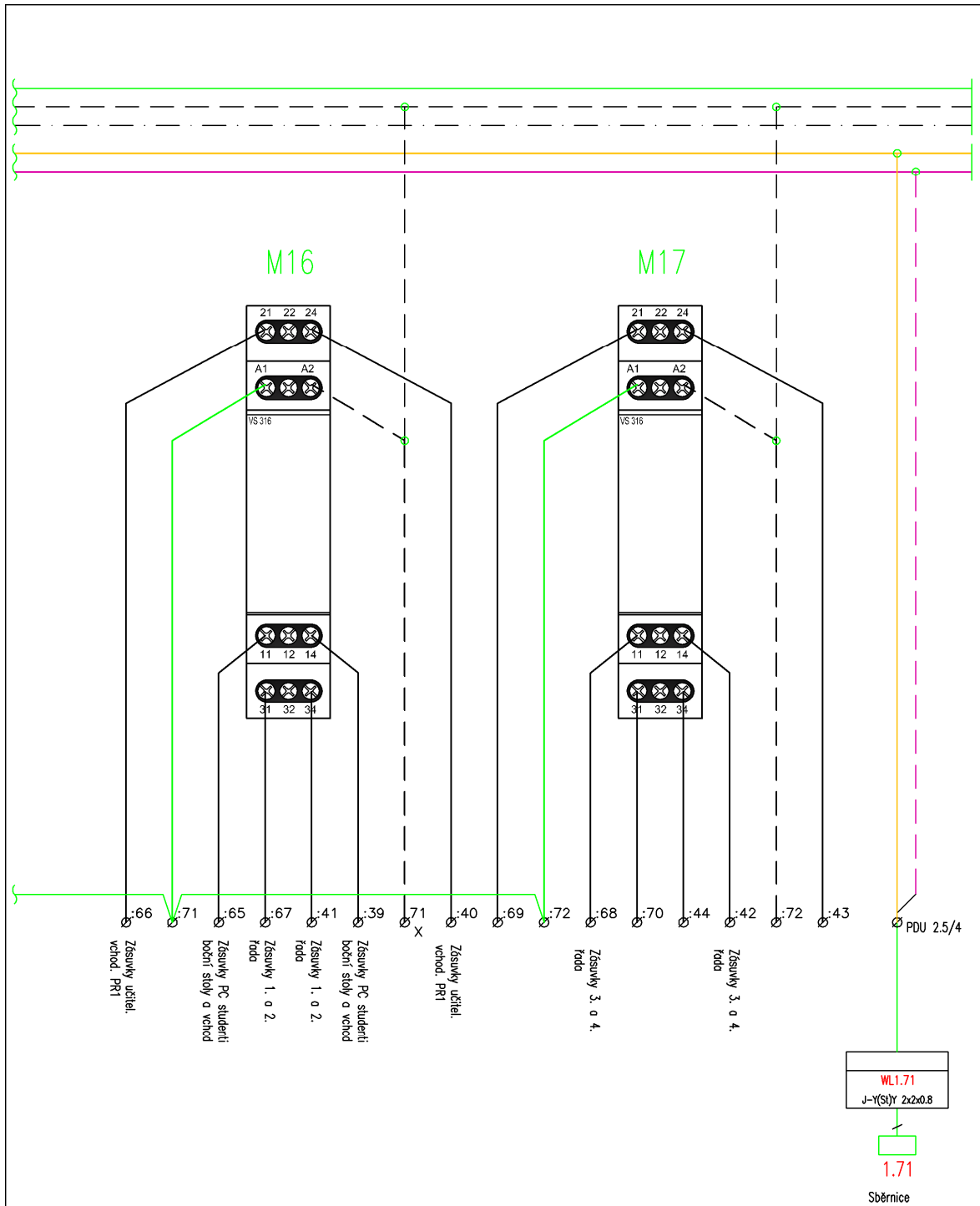
LIST C.:	3	PR2 – Schéma rozváděče 1-pólové	ARCHIVNÍ ČÍSLO:	09_146					
LISTU:	6		OBJ.C.,PJ:	Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO:	Z09035	AKCE:	Výukové pracoviště	VÝKRES ČÍSLO:
		PROVEDL:	Velký Roman	DATUM:	23.05.2010	INVESTOR:	SPŠP, Zlín		



LIST C.: LISTU:	4 6	<b>PR2 - Schéma rozváděče 1-pólové</b>		ARCHIVNÍ ČÍSLO: <b>09_14G</b>
OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VÝKRES ČÍSLO: <b>7</b>	
PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín		



LIST C.: LISTU:	5 6	PR2 – Schéma rozváděče 1–pólové		ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	INVESTOR: SPŠP, Zlín	VYKRES ČÍSLO: 7
PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010			



LIST C.: LISTU:	6 6	PR2 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES ČÍSLO: 7
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín	

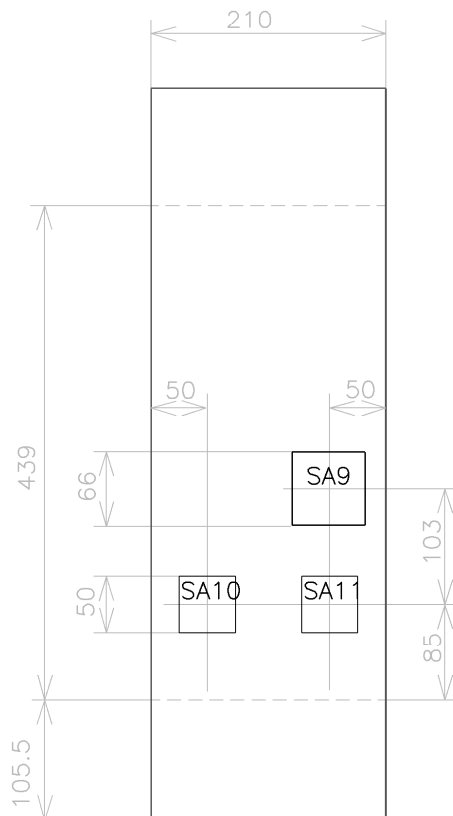
# PŘÍLOHA P XI: PR3 – ČELNÍ POHLED (ZAVŘENÁ DVÍŘKA)

NÁHLED ROZVADĚČE PR3

1:5

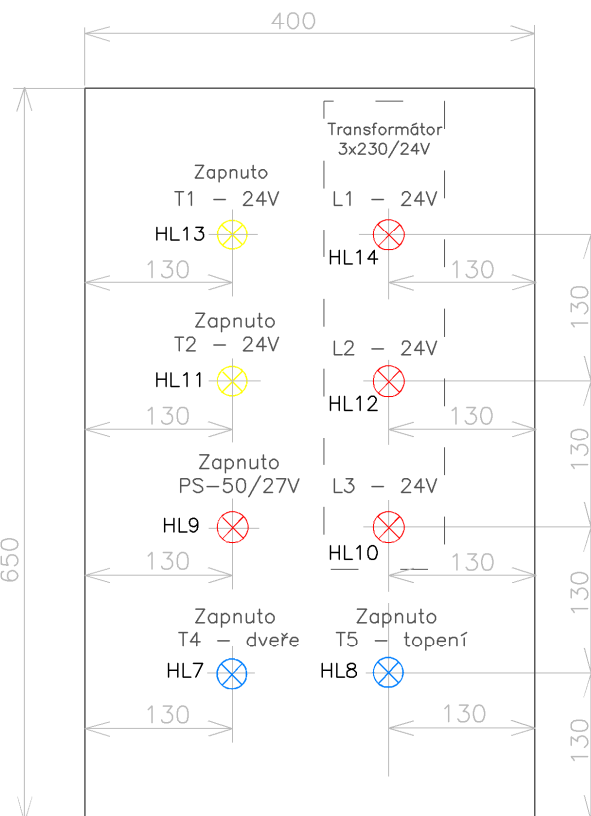
Boční pohled

– SA – vačkové spínače



Čelní pohled – zavřená dvířka

– signalizace stavů jednotlivých obvodů



- SA9 – ovládání transformátoru  
3x230/24V 50 Hz  
– VSN16 1104A4-V-PNC-NSS
- SA10 – přepínání transformátorů  
230/24V X PS-50/27  
– VSN10 2204A4-V-ANC-NMS
- SA11 – ovládání transformátorů  
230/24V 50Hz  
– VSN10 1102A4-V-ANC-NMS

- HL7 – modré návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB6
- HL8 – modré návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB6
- HL9 – červené návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB4
- HL10 – červené návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB4
- HL11 – bílé návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB1
- HL12 – červené návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB4
- HL13 – bílé návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB1
- HL14 – červené návěstí (LED) 24V  
– Telemecanique XB5 AVB4

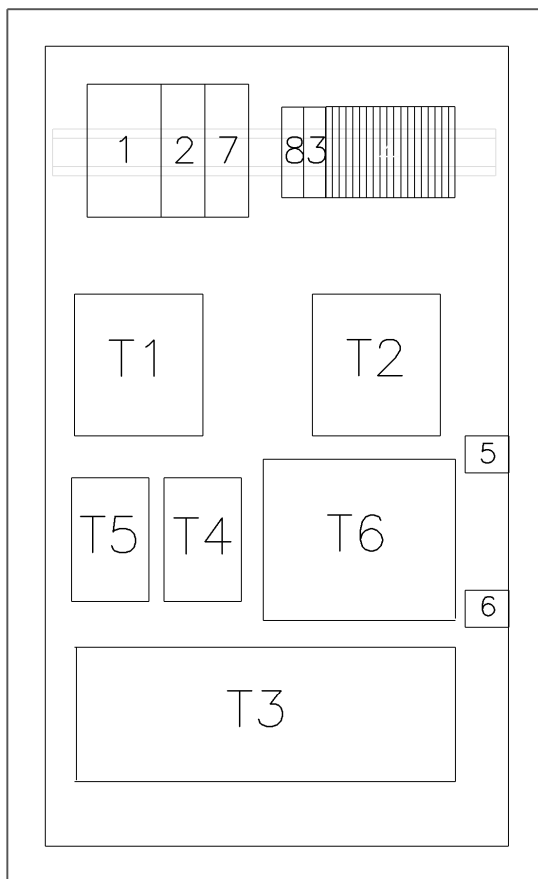
LIST C.: LISTU:	1 1	PR3 – Čelní pohled (zavřená dvířka)		ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES ČÍSLO: 13
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPSP, Zlín	



## PŘÍLOHA P XII: PR3 – ČELNÍ POHLED (OTEVŘENÁ DVÍŘKA)

NÁHLED ROZVADĚČE PR3

1:5

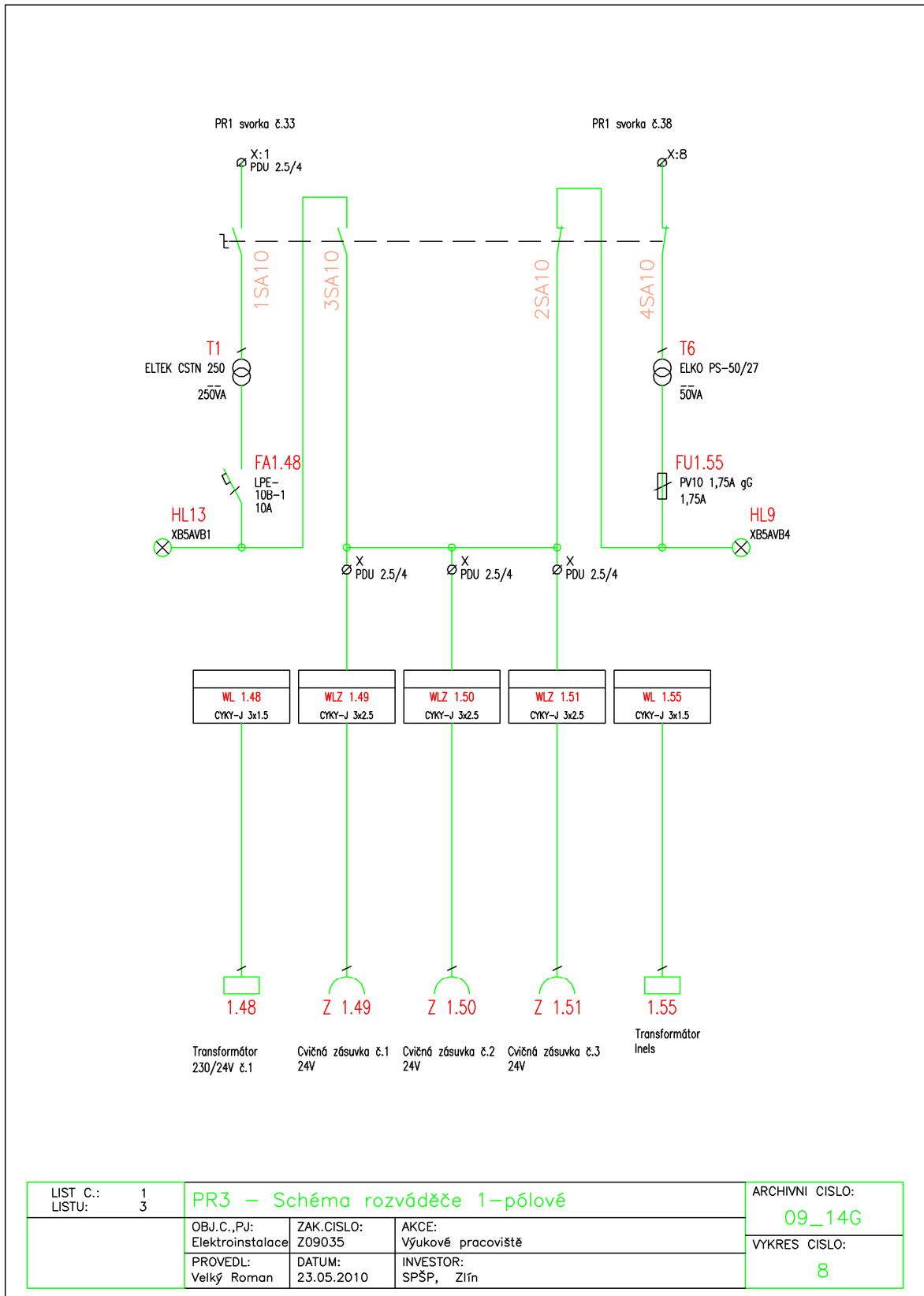


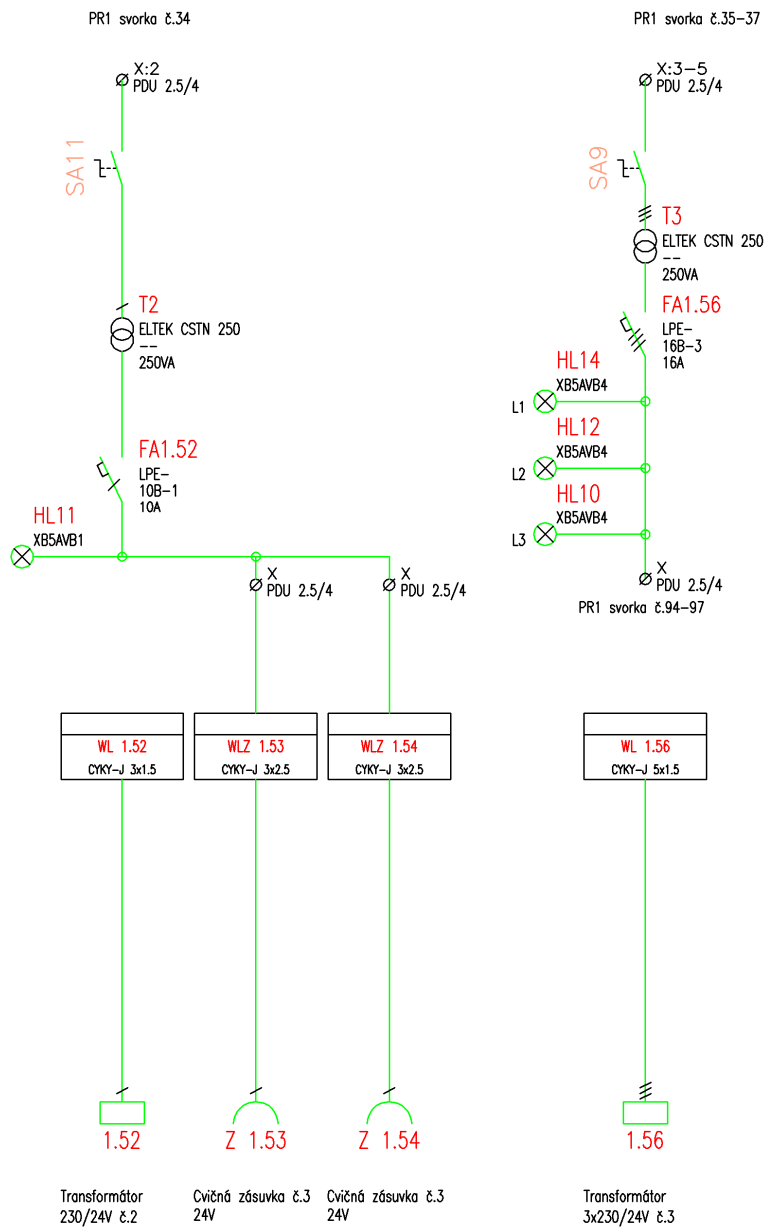
Legenda – popis bloků

- |  |   |
|--|---|
| 1 – jistič LPE-16B-3   | T2 – bezpečnostní transformátor<br>230/24 ACV 50Hz                  |
| 2 – jističe LPE-10B-1  | – ELTEK typ CSTN250 (230/24V 10,41A)                                |
| 3 – pojistkové pouzdro řadové – RSP4   | T3 – bezpečnostní transformátor<br>3x230 / 3x24 ACV 50Hz            |
| 4 – řadové svorky Weidmüller<br>– PDK 2,5/4 V<br>– PDK 2,5/4 V BL<br>– PDK 2,5/4 PE<br>– PDL4 S/N/L/PE | – 3x ELTEK typ (3x230/24V 50Hz 16,67A)                              |
| 5 – vačkový spínač – dle bočního pohledu   | T4 – zdroj pro elektromagnetické otevírání dveří<br>– ELKO DR-60-12 |
| 6 – vačkový spínač – dle bočního pohledu   | T5 – zdroj pro termoelektrické pohony<br>– WEIDMULLER CP SNT 24V 1A |
| 8 – pojistkové pouzdro řadové RSP 4 (bzučák).  | T6 – zdroj pro INELS<br>– ELKO PS-50/27                             |
| 7 – bzučák OEZ – UMN-A230 (pro napájení 230 V AC)  |   |
| T1 – bezpečnostní transformátor<br>230/24 ACV 50Hz<br>– ELTEK typ CSTN250 (230/24V 10,41A)             |   |

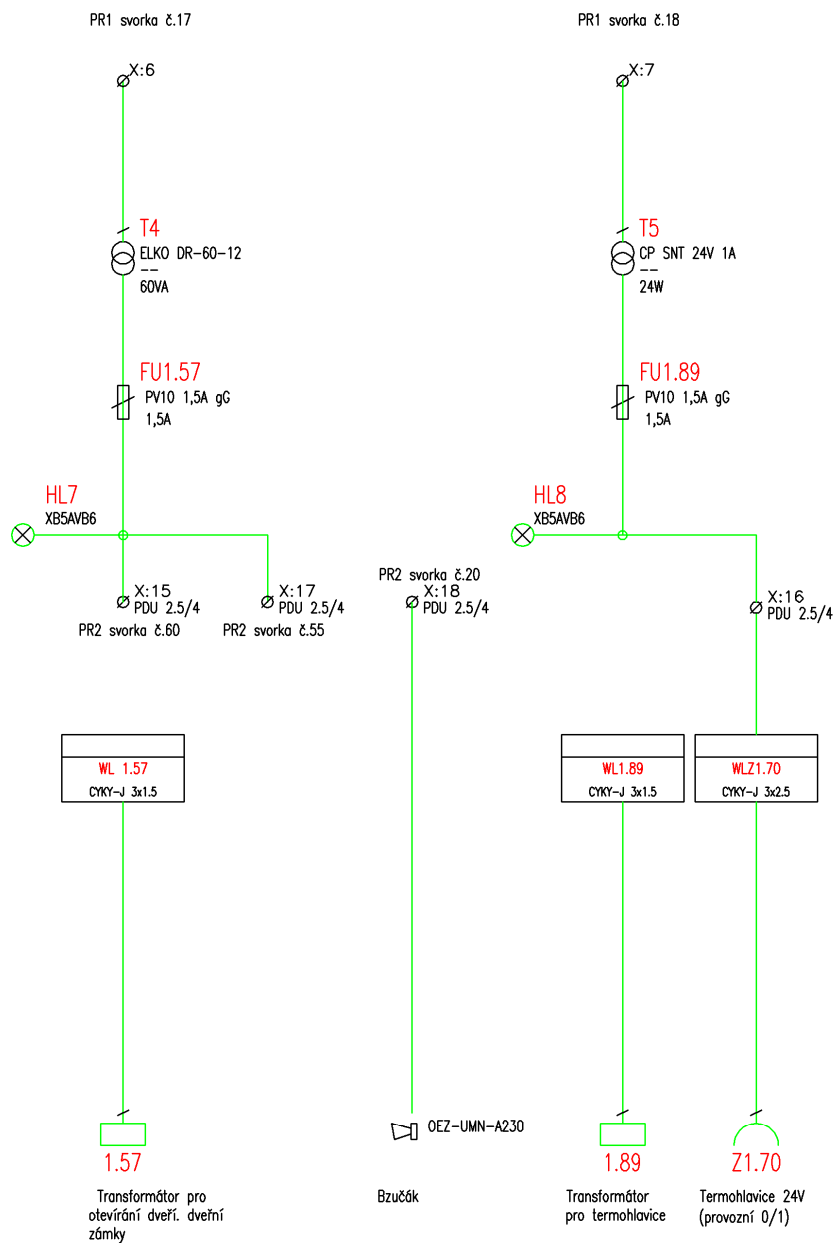
LIST C.: LISTU:	1 1	PR3 – Čelní pohled (otevřená dvířka)		ARCHIVNÍ ČÍSLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES ČÍSLO: 14
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín	

# PŘÍLOHA P XIII: PR3 – SCHÉMA ROZVADĚČE 1 - PÓLOVÉ





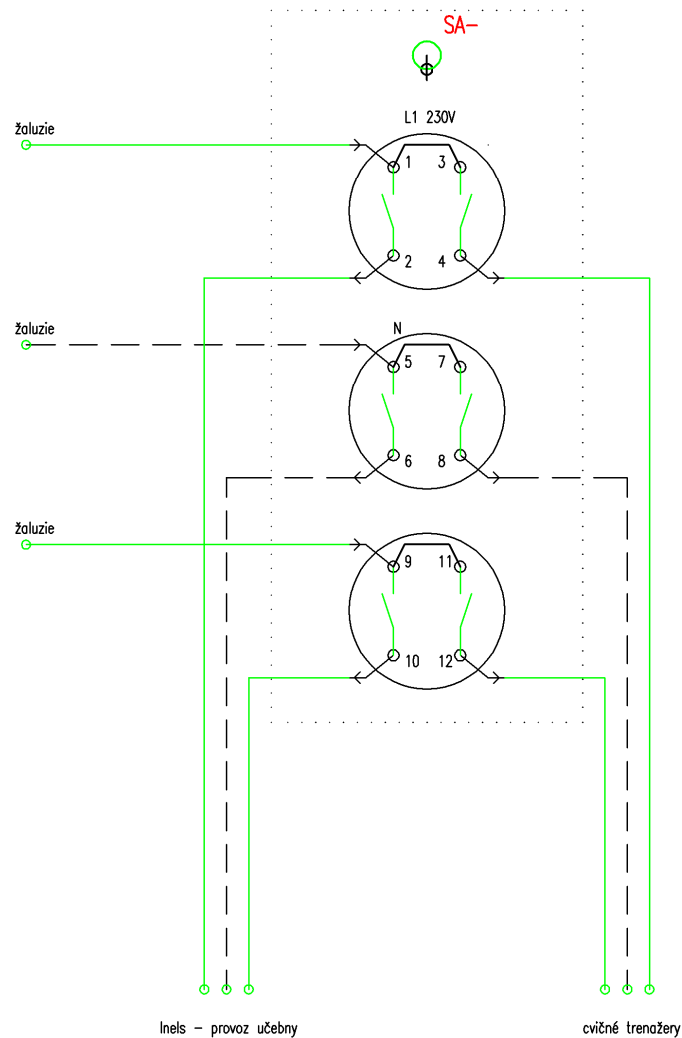
LIST C.: LISTU:	2 3	PR3 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI ČÍSLO: 09_14G
		OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.ČÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště
		PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín
				VÝKRES ČÍSLO: 8



LIST C.:	3	PR3 – Schéma rozváděče 1-pólové		ARCHIVNI CÍSLO:	09_14G
LISTU:	3			PROVEDL:	
		OBJ.C.,PJ:	Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO:	Z09035
		AKCE:	Výukové pracoviště	INVESTOR:	SPŠP, Zlín
				VÝKRES CÍSLO:	8

# PŘÍLOHA P XIV: OVLÁDÁNÍ REŽIMU PROVOZU ŽALUZII

ZAPOJENÍ OVLÁDÁNÍ PROVOZU ŽALUZII



LIST C.: LISTU:	1 1	Odkaz bloků 10,11,12		ARCHIVNI CÍSLO: 09_14G
	OBJ.C.,PJ: Elektroinstalace	ZAK.CÍSLO: Z09035	AKCE: Výukové pracoviště	VYKRES CÍSLO: 11
	PROVEDL: Velký Roman	DATUM: 23.05.2010	INVESTOR: SPŠP, Zlín	