

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Vojtěch Janásek

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Janásek**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612R003 Aplikovaná elektronika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company**

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: Bircher Process Control BBC s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

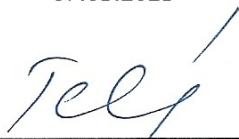
Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

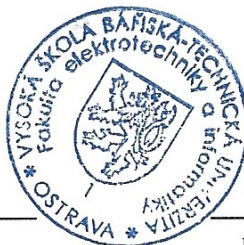
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Neborák, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7. 5. 2015



Vojtěch Janásek

Prohlášení zástupce spolupracující právnické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Hranicích 7.5.2015



Ing. Roman Lanč

Behr Bircher Collpack BBC Czech s.r.o.
sídl: Zašovská 877, 757 01 Valašské Meziříčí
provozovna: Tovární 2147, 753 01 Hranice
IČ: 26034671, DIČ: CZ26034671 ④

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval firmě Behr Bircher Cellpack s.r.o. za možnost, vykonat u nich bakalářskou práci, podílet se svým úsilím na chodu společnosti a získat nové zkušenosti. Zvláštní poděkování patří Ing. Romanu Lančovi a Jaromíru Vašutovi za jejich teoretické i praktické rady při zpracování zadaných úkolů. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ivo Neborákovi, CSc. za pomoc při vypracování.

Abstrakt

Tato práce popisuje absolvování individuální odborné praxe ve společnosti Behr Bircher Cellpack. Práce popisuje jednotlivé definice v oblasti průmyslových rozvaděčů a prezentuje úkoly, které jsou neodmyslitelnou součástí výroby, nebo efektivně napomáhají k úspěšné realizaci celého výrobku. V úvodní části je představena společnost Behr Bircher Cellpack, její výrobní portfolio a firemní členění. Poté následuje obecné seznámení s pojmem rozvaděč, jejich rozdělení a speciální vlastnosti, které musejí být při výrobě zohledněny. Ve třetí kapitole je uveden seznam zadaných úkolů, které jsem na odborné praxi vykonával. V následných kapitolách je uveden postup při zpracování těchto úkolů. Závěr práce se věnuje uplatněným znalostem získaných studiem na vysoké škole, scházejícími znalostmi a celkovým zhodnocením odborné praxe.

Klíčová slova

rozvaděč, dokumentace, ztrátový výkon, 3D model, software, ČSN EN 61439

Abstract

This bachelor thesis describes execution of individual professional practise at Behr Bircher Cellpack. This work describes individual definitions of industrial switchgear and presents challenges that are an essential part of production or helping effectively to successful implementation of the whole product. Behr Bircher Cellpack company its production portfolio and corporate division in the introductory part. This is followed by a general introduction to the concept switchboard, their distribution and special properties that must be taken into account in the production. The third chapter is a list of assignments that I performed in professional practise. Handling of these tasks is described in subsequent chapter. The conclusion of the thesis id dedicated to the knowledge gained at university, missing knowledge and overall evaluation of professional practise.

Key words

switchboard, documentation, power dissipation, 3D model, software, ČSN EN 61439

Seznam použitých zkratek a symbolů

Veličina	Úplný název	Fyzikální rozměr
A	plocha rozhraní	[m ²]
A ₀	prostup tepla dílčími plochami	[m ²]
A _e	účinná chladicí plocha	[m ²]
B	mnohonásobný odraz	[dB]
d	průměr	[m]
ϑ _c	teplota vnějšího prostředí	[°C]
ϑ _{cp}	teplota vnějšího povrchu krytu	[°C]
ϑ _e	vnější teplota	[°C]
ϑ _i	teplota vnitřního prostředí	[°C]
ϑ _{ib}	teplota vnitřního prostředí bez chlazení	[°C]
ϑ _{ip}	teplota vnitřního povrchu krytu	[°C]
Δϑ	oteplení skříně	[K]
E	energetické ztráty	[J]
E ₀	intenzita elektrického pole před překážkou	[V·m ⁻¹]
E ₁	intenzita elektrického pole ve stíněném prostoru	[V·m ⁻¹]
f	kmitočet	[Hz]
f _m	mezní kmitočet	[Hz]
Φ	tepelný tok	[W]
G	absorpce	[dB]
H ₀	intenzita magnetického pole před překážkou	[A·m ⁻¹]
H ₁	intenzita elektrického pole ve stíněném prostoru	[A·m ⁻¹]
I	elektrický proud	[A]
I _n	jmenovitý proud rozváděče	[A]
I _{nc}	jmenovitý proud obvodu	[A]
I _{pk}	jmenovitý dynamický proud	[kA]
I _{cw}	jmenovitý krátkodobý výdržný proud	[A]
I _{cc}	jmenovitý podmíněný zkratový proud	[kA]
K	součinitel prostupu tepla	[Wm ⁻² K ⁻¹]

K_{Fe}	součinitel prostupu tepla ocelového plechu	$[Wm^{-2}K^{-1}]$
k	tloušťka stěny	$[m]$
m	hmotnost	$[kg]$
λ	vlnová délka rušivého elektromagnetického signálu	$[m]$
λ_m	mezní vlnová délka rušivého elektromagnetického signálu	$[m]$
O	odraz	$[dB]$
P	výkonové ztráty	$[W]$
P_{in}	elektrický výkon, vstupující do rozvaděče	$[W]$
P_{out}	elektrický výkon vystupující z rozvaděče	$[W]$
P_{ztr}	ztrátový výkon vnitřního vybavení rozvaděče	$[W]$
P_{ztr_c}	ztrátový výkon, který je třeba z rozvaděče odvést	$[W]$
P_{ztr_i}	součet ztrátových výkonů všech prvků	$[W]$
P_{ztr_o}	ztrátový výkon odevzdaný plochou rozvaděče	$[W]$
Q	objemový průtok	$[m^3/h]$
R	elektrický odpor	$[\Omega]$
r	poloměr	$[m]$
S	účinnost stínění	$[dB]$
T	termodynamická teplota	$[K]$
t	čas	$[s]$
U	elektrické napětí	$[V]$
U_n	jmenovité napětí	$[V]$
U_e	jmenovité pracovní napětí	$[V]$
U_i	jmenovité izolační napětí	$[V]$
U_{imp}	jmenovité impulzní výdržné napětí	$[kV]$

Indexy

atd	a tak dále
b_i	součinitel povrchu
ČSN	česká státní norma
EN	evropská norma
EMC	elektromagnetická kompatibilita
H	hloubka
I/O	vstupní/výstupní
IP	stupeň ochrany
OK	vše v pořádku
STEP	softwarový formát pro 3D modely
Š	šířka
tj	to je
V	výška

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Charakteristika firmy.....	2
2.1	Založení firmy	2
2.2	Vize firmy.....	2
2.3	Zaměření.....	2
2.4	Produktové skupiny.....	2
2.5	Organizační struktura	3
2.5.1	Technicko-obchodní kancelář	3
2.5.2	Projekční kancelář	3
2.6	Rozvaděč	4
2.6.1	Obecně.....	4
2.6.2	Druhy rozvaděčů	4
2.6.2.1	Základní rozdělení rozvaděčů.....	4
2.6.2.2	Rozdělení rozvaděčů podle konstrukce	4
2.6.2.3	Rozdělení podle zhotoveného materiálu.....	4
2.7	Speciální vlastnosti.....	5
2.7.1	EMC	5
2.7.1.1	Efektivita stínění.....	5
2.7.1.2	Vliv nehomogenit na efektivitu stínění	6
2.7.1.3	Konstrukce EMC skříně	6
2.7.5	Stupeň krytí IP	7
3.	Seznam úkolů zadaných studentovi.....	8
4.	Zvolený postup řešení zadaných úkolů	9
4.1	Výpočet ztrátového výkonu a návrh efektivního klimatizačního systému pomocí softwaru Rittal Therm	9
4.1.1	Rittal Therm	9
4.1.2	Seznámení se s programem	9
4.1.3	Teplené ztráty	9
4.1.4	Tepelné toky v rozvaděči.....	9
4.1.5	Chladicí plochy rozvaděče	10
4.1.6	Výpočty v Rittal Thermu.....	11
4.2	Vytvoření 3D modelu rozvaděče.....	18
4.2.1	ePlan Pro Panel.....	18
4.2.2	Selekce projektu	18
4.2.3	Zpracování úkolu.....	18
4.2.3.1	Data Portal.....	19

4.2.3.2	Počátek projektu	19
4.2.3.3	Příprava modelu jednotlivých prvků	21
4.2.3.4	Rozvržení a skladba komponent do rozvaděče.....	24
4.2.3.5	Vodičové propojení	26
4.2.3.6	Generování NC dat	27
4.2.3.7	Využití modelu	27
4.3	Tvorba ověření návrhu podle normy ČSN EN 61439	28
4.3.1	ČSN EN 61439	28
4.3.2	Ověření návrhu	28
4.3.3	Jednotlivá části ověření	29
4.3.4	Definice jednotlivých ověření prováděných ve firmě	30
4.3.5	Definice zadaného úkolu	33
4.3.6	První fáze ověření návrhu.....	33
4.3.7	Část 10.6 Vestavba spínacích přístrojů.....	36
4.3.8	Část 10.7 Vnitřní elektrické obvody a spoje.....	38
4.3.9	Část 10.8 Svorky pro vnější vodiče	39
4.3.10	Poznátky	39
5	Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.....	40
6	Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe	41
7	Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení	42

1. Úvod

Jako téma bakalářské práce jsem si vybral absolvování odborné praxe. Žijeme v době, kdy jsou lidé plně závislí na elektřině. Elektřina se používá naprosto v každém odvětví lidské činnosti. Jelikož se můj studijní obor jmenuje aplikovaná elektronika, hledal jsem něco, kde se teoretické znalosti promítnou do hmatatelného výsledku. Proto jsem si položil několik otázek. Bez čeho se dnes neobejdou budovy, domácnosti či výrobní závody? Jaké zařízení v sobě implementuje funkce jištění, měření, ovládání nebo snímání? Ani nebylo nutné dlouho přemýšlet. Odpověď byla samozřejmě rozvaděč. Toto zařízení potkáváme denně kolem sebe, ale jen málo z nás ví, k čemu opravdu slouží a jak funguje.

Cesta od návrhu do konečného provedení rozvaděče je velice trnitá a náročná. Na počátku stojí vždy kvalitně zpracovaná dokumentace, která by měla obsahovat:

- schéma zapojení
- náhled celého rozvaděče
- soupis veškerého použitého materiálu
- speciální požadavky na druh použitých prvků

Nezbytnou součástí pro správnou činnost rozvaděče je dimenzování komponentů. Pro splnění všech funkčních kritérií je důležité znát obsah celé dokumentace a být seznámen s aplikací tohoto zařízení. Proto je zásadní získat následujícími parametry:

- ztrátový výkon
- informace o síti, ke které bude rozvaděč připojen
- napěťové a proudové přizpůsobení jednotlivých funkčních prvků
- prostředí, kde bude rozvaděč umístěn

Stejně jako vše i rozvaděče podléhají přísným legislativním normám. Normami, směrnicemi a zákony se musí řídit každý, kdo chce uvést na trh jakýkoliv funkční rozvaděč.

Tato práce má za úkol detailně popsat úkoly, které jsem plnil na své odborné praxi ve firmě Behr Bircher Cellapck BBC s.r.o. Objasňuje, co vše je zapotřebí, aby se rozvaděč dostal z fáze projektu až ke konečnému zhotovení. Zároveň seznamuje s obecnou definicí rozvaděče, jeho funkčností, konstrukcí a právními předpisy, kterými se musí řídit výrobci rozvaděčů.

2. Charakteristika firmy

2.1 Založení firmy

Bircher Process Control BBC s.r.o. byla založena v roce 2001 jako dceřiná firma společnosti Bircher Process Control AG pod názvem Bircher CZ. V den 1. 1. 2015 došlo k fúzi firem Bircher Process Control BBC s.r.o. s působností v Hranicích a Behr Bircher Cellpack BBC Czech s.r.o. s působností ve Valašském Meziříčí a vznikla tak nová firma pod jménem Behr Bircher Cellpack BBC Czech s.r.o.

2.2 Vize firmy

„Behr Bircher Cellpack BBC s.r.o. usiluje o poskytování profesionálních služeb v oblasti výroby spínacích, rozvodných a řídicích skříní pro stroje a zařízení. Porozumění a pochopení náročných požadavků od zákazníků je podstatné a důležité. Jejich následná implementace ve výsledném produktu je výzvou. Spolupráce s Behr Bircher Cellpack BBC s.r.o. zajistí zákazníkovi profesionální produkt s důrazem na optimalizaci jeho nákladů. Neboť společnost Behr Bircher Cellpack BBC s.r.o. je zaměřena na plnění náročných a specifických potřeb zákazníka“. [1]

2.3 Zaměření

Behr Bircher Cellpack BBC s.r.o. poskytuje služby v oblasti koncepce, engineeringu, vývoje, konstrukce a výroby průmyslových řídicích systémů. Specializuje se také na konfekci kabelů a kabelových svazků dle specifikace zákazníka. Nyní v provozovně v Hranicích startuje nový projekt nazvaný Bircher Reglomat, který se zaměřuje na výrobu bezpečnostních a senzorových systémů pro automatické dveře. Dále vyvíjí inovativní řešení v oblasti zdravotnictví ve formě bezpečnostních rohoží či zajištění strojů a vysokozdvíhových vozíků. [1]

2.4 Produktové skupiny

- mobilní řídicí skříně
- nízkonapěťové rozvaděče
- decentrální I/O rozhraní
- decentrální řídicí skříně
- elektromechanická montáž a zapojení částí strojů

2.5 Organizační struktura

Protože současné moderní trendy v oblasti řídicích strojů a zařízení kladou globální nároky na komplexní nabídku služeb, dělí se zázemí firmy na dvě samostatné divize. Jsou to technicko-obchodní oddělení a projekční oddělení. Během své praxe jsem působil na obou těchto místech, kde jsem plnil zadané úkoly.

2.5.1 Technicko-obchodní kancelář

Jak již z názvu vyplývá, tak v tomto oddělení se sdružuje činnost technická i obchodní. Vše začíná poptávkou od zákazníka, který požaduje určitý typ automatizačního zařízení. V naprosté většině se jedná o průmyslový rozvaděč. Součástí poptávky by měla být projektová dokumentace, která je tím nejdůležitějším elementem při tvorbě nabídky. Celý nastavený proces začíná seznámením se s dokumentací. Nejprve se zkontroluje kompletní silové i ovládací zapojení. Součástí této kontroly je posouzení správnosti z hlediska použitých komponentů a s tím souvisejícího nadimenzování. Pokud technik objeví nejasnosti, které by souvisely s neslučitelností funkčnosti zařízení, pak tyto problémy předloží do projekčního oddělení, kde se schéma zapojení překreslí tak, aby vše bylo korektní, funkční a splňovalo příslušné normy. Dále následuje obchodní část, kdy se po vygenerování kusovníku, pokud není součástí dokumentace, nabídka dopracuje, aby se došlo k závěrečné ceně.

2.5.2 Projekční kancelář

V tomto oddělení se sdružují jednotlivé projekční činnosti. Jak již bylo zmíněno, provádí se zde dopracování funkčních zapojovacích schémat či se na přání zákazníka vypracuje celá kompletní dokumentace. Pro realizaci těchto schémat se používá software ePlan. Ten také slouží k vytvoření 3D modelu. Pomocí této realizace je možné ověřit, zda se jednotlivé komponenty dají do rozvaděče fyzicky umístit. Celé vybavení rozvaděče, včetně samotné skříně, je možné stáhnout přímo od výrobce daného prvku a vytvořit z něj věrohodný obraz ve třech dimenzích. Dále se používá pro vytvoření drátovacích tabulek, podle kterých se poté rozvaděč zapojí.

Pomocí jiného softwaru, a to Rittal Thermu, se zjišťuje velikost ztrátového výkonu a jeho následné eliminace v závislosti na rozměrech skříně. Dokáže se tak určit, jaké parametry by měl mít ventilátor, aby odvedl potřebné množství tepla z rozvaděče.

Dále se zde provádí ověření návrhu podle nové normy ČSN EN 61439, což je dokument, zda rozvaděč splňuje požadavky této normy. Vlastní normě ČSN EN 61439 a tvorbě dokumentu o ověření návrhu se budu ve své práci ještě věnovat.

2.6 Rozvaděč

2.6.1 Obecně

Původně se označením rozvaděč chápalo zařízení, které rozdělovalo elektřinu do jednotlivých okruhů. S rostoucí složitostí řídicích systémů a zároveň důrazem na minimalizaci celého zařízení, integruje dnes moderní rozvaděč kombinaci více spínacích přístrojů nízkého napětí spolu s řídicími, signalizačními, měřicími a regulačními zařízeními se všemi interními elektrickými a mechanickými propojeními a konstrukčními částmi.

2.6.2 Druhy rozvaděčů

Rozvaděče se dělí do několika základních kategorií podle svých vlastností, způsobu využití a zhotoveného materiálu. Provedení a krytí musí odpovídat místu, kde bude rozvaděč umístěn a kým bude obsluhován. Rozvodná skříň musí splňovat všechny požadavky z hlediska bezpečnosti.

2.6.2.1 Základní rozdělení rozvaděčů

- a) výkonové rozvaděče
- b) staveništní rozvaděče
- c) rozvaděče pro rozvod energie
- d) rozvodnice do 250 A
- e) zvláštní instalace

2.6.2.2 Rozdělení rozvaděčů podle konstrukce

- a) skříňové
- b) nástěnné

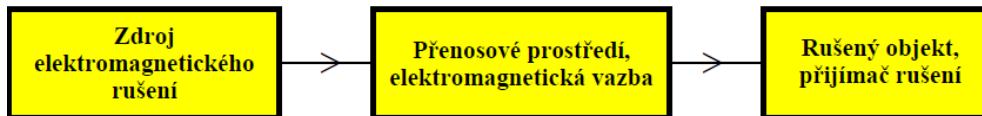
2.6.2.3 Rozdělení podle zhotoveného materiálu

- a) oceloplechové
- b) nerezové
- c) plastové

2.7 Speciální vlastnosti

2.7.1 EMC

Elektromagnetická kompatibilita je definována jako schopnost zařízení, systému či přístroje, vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (přírodní či umělé), a naopak svou vlastní „elektromagnetickou činností“ nepřipustně neovlivňovat své okolí, tj. nevyzařovat signály, jež by byly rušivá pro jiná zařízení. [2]

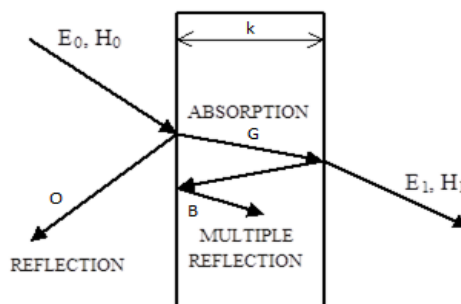


Obr. 1 Základní řetězec EMC [2]

Účinným nástrojem pro eliminaci nežádoucího elektromagnetického signálu je stínění. Teoreticky a zjednodušeně se dá říci, že postačuje vložit do cesty elektromagnetické vlně vhodnou překážku. V případě průmyslových rozvaděčů je tímto základním opatřením myšleno použití EMC skříní, správné zapojení stíněných kabelů a vodivé propojení pohyblivých částí.

2.7.1.1 Efektivita stínění

Účinnost stínění závisí na mnoha faktorech. Z hlediska vlastností elektromagnetické vlny se jedná o odraz a absorpci. Odraz vzniká vlivem částečného odrazu energie vlny na impedančním rozhraní mezi dielektrikem a stínicí překážkou. Přitom účinnost nezávisí na tloušťce stínicí vrstvy. Absorpce je způsobena šířením elektromagnetické vlny stíněním a závisí na tloušťce stínicí přepážky vzhledem k hloubce vniku elektromagnetické vlny. [3]



Obr. 2 Chování elektromagnetické vlny při dopadu na stínicí vrstvu [4]

Celkovou efektivitu stínění lze spočítat podle vzorce:

$$S = 20 \log \frac{E_0}{E_1} [dB] \quad \text{nebo} \quad S = G + O + B [dB] \quad [4]$$

Idealizovaného stínění lze dosáhnout tehdy, pokud bychom předpokládali zařízení bez nehomogenit a chránili ho dokonalou stínící přepážkou. Téměř každý rozvaděč však obsahuje na skříní vývody pro ovládací prvky, konektory, větrací mřížky či displej. Všechny tyto umělé vstupy narušují stínící vlastnosti. Rozeznáváme tři základní druhy nehomogenit.

- a) otvory pro ovládací prvky či ventilátory, štěrby, otevření stínící plochy
- b) špatně vodivé vysokoimpedanční části vedení
- c) vnější přívodní kabely a přívodná vedení

2.7.1.2 Vliv nehomogenit na efektivitu stínění

Kruhový otvor o poloměru r $S = 20 \cdot \log \frac{\lambda}{2\pi r}$ [4]

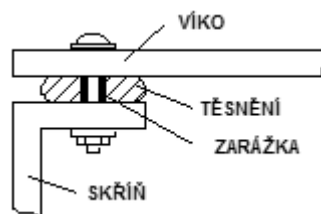
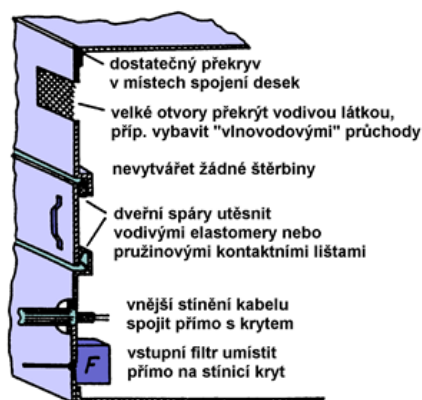
N kruhových otvorů o poloměru r $S = 20 \cdot \log \frac{\lambda}{2\pi r \cdot \sqrt{N}}$ [4]

Kruhový otvor s průměrem d a tloušťkou stěny k $S = \frac{54,6 \cdot k}{\lambda_m} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_m}\right)^2} \approx \frac{16k}{d}$ [4]

2.7.1.3 Konstrukce EMC skříně

Standardní rozvaděčové skříně jsou vyrobeny z hliníku, nebo ocelového plechu. Oba tyto kovy jsou náchylné ke korozi. Korodováním se zvětšuje přechodový odpor na styku vnějších i vnitřních částí.

Pro úpravu vnějších částí se plochy skříně vzájemně vodivě pospojují vodivým těsněním tak, aby vše bylo prakticky beze spár. Vnitřní plochy a hrany těsnění zůstanou nelakované. Ochranu proti korozi zajišťuje hliníko-zinková vrstva, která se svou tloušťkou liší pro jednotlivě integrované části skříně. [5]



Obr. 3 Detail spoje pro zlepšení stínění [4]

Obr. 4 Vhodná úprava konstrukce pro vyšší odolnost stínění [6]

2.7.5 Stupeň krytí IP

Stupeň krytí vyjadřuje odolnost zařízení vůči prachu, vodě nebo poškození. Jeho platnost je definována normou ČSN EN 60529 vydanou v listopadu 1993. Vyjadřuje se pomocí zkratky IP (z anglického *ingress protection*), za kterým následují 2 čísla.

První z nich definuje stupeň ochrany před dotykem či vniknutím cizích předmětů. Druhým číslem se označuje ochrana před vniknutím vody. Nejvyšším stupněm ochrany, kterého může zařízení dosáhnout, je IP68.

Stupeň	Před nebezpečným dotykem	Před vniknutím cizích předmětů
IP 0x	bez ochrany	bez ochrany
IP 1x	dlaní	velkých
IP 2x	prstem	malých
IP 3x	nástrojem (>2,5 mm)	drobných
IP 4x	nástrojem, drátem (>1 mm)	velmi drobných
IP 5x	jakoukoliv pomůckou	prachu částečně
IP 6x	jakoukoliv pomůckou	prachu úplně

Tab. 1 Stupeň ochrany před dotykem a vniknutím cizích předmětů [7]

Stupeň	Před vniknutím vody
IP x0	Bez ochrany.
IP x1	Chráněno proti kapající vodě 1+0,5 mm za minutu. Jednotka je umístěna ve své pracovní poloze a otáčí se kolem vertikální osy. Doba zkoušky 10 minut.
IP x2	Chráněno proti kapající vodě 3+0,5 mm za minutu, Jednotka je testována ve 4 pozicích, nakloněných o 15° od normální provozní polohy. Doba zkoušky 2,5 minuty na polohu.
IP x3	Chráněno proti vodní tříšti. Voda stříká na přístroj v úhlu 60° vertikálně, v množství 10 litrů za minutu a při tlaku 80–100kN/m ² po dobu nejméně 5 minut.
IP x4	Chráněno proti stříkající vodě. Stejně jako u IP x3, jen s rozdílem, že voda stříká ve všech úhlech.
IP x5	Chráněno proti tryskající vodě. Voda míří 6,3 mm tryskou ve všech úhlech při průtoku 12,5 litrů za minutu při tlaku 30 kN/m ² po dobu nejméně 3 minuty ze vzdálenosti 3 metry.
IP x6	Chráněno proti vlnobití. Voda míří 12,5 mm tryskou ve všech úhlech při průtoku 100 litrů za minutu při tlaku 100 kN/m ² po dobu nejméně 3 minuty ze vzdálenosti 3 metry.
IP x7	Chráněno proti ponoření do vody. Ponoření na 30 minut do hloubky 1 metr.
IP x8	Chráněno proti potopení do vody. Zařízení je schopné nepřetržitého potopení do vody za podmínek, které určí výrobce zařízení.

Tab. 2 Stupeň ochrany před vniknutím vody [7]

3. Seznam úkolů zadaných studentovi

V průběhu své praxe jsem věnoval různým úkolům. Kombinoval jsem projekční i obchodní činnost, která souvisí s návrhem rozvaděče, jeho funkcí, právními specifikacemi či samotným prodejem.

Seznam úkolů vykonávaných na odborné praxi:

- a) Výpočet ztrátového výkonu a návrh efektivního klimatizačního systému pomocí softwaru Rittal Therm
- b) Vytváření 3D modelu rozvaděče
- c) Tvorba ověření návrhu podle normy ČSN EN 61439

Všechny své úkoly jsem vykonával sám a po splnění každého z nich následovala kontrola od mého nadřízeného.

Jednotlivé činnosti se opakovaly u mnoha projektů, které se ve firmě realizovaly, kde výpočet ztrátového výkonu je nezbytnou součástí, pokud potřebujeme nalézt efektivní způsob pro odvod ztrátového tepla z rozvaděče. Z celého seznamu zadaných úkolů byl tento časově nejméně zatěžující.

Tvorba 3D modelu je nedílnou součástí dokumentace vytvořené v Behr Bircher Cellpack. Model svým významem slouží k mnoha funkcím, které jsou popsány dále v této práci, a vede k jednoznačné úspoře času při výrobě rozvaděče. Z důvodu omezeného počtu licencí a podmíněné preciznosti při tvorbě modelu se tento úkol řadil k časově náročnějším.

Od 1. 11. 2014 platí nová norma ČSN EN 61439 pro výrobu nízkonapěťových rozvaděčů. Této problematice jsem věnoval nejvíce času. Její komplexnost a náročnost to vyžadovala.

4. Zvolený postup řešení zadaných úkolů

4.1 Výpočet ztrátového výkonu a návrh efektivního klimatizačního systému pomocí softwaru Rittal Therm

4.1.1 Rittal Therm

Můj první zadaný úkol po nástupu na odbornou praxi byl pracovat v tomto programu. Je neocenitelným nástrojem při dotváření dokumentace, pokud její součástí není navrhnuté řešení pro odvod ztrátového výkonu.

Tento software dokáže nadimenzovat potřebnou topnou či klimatizační jednotku, a tím projektantovi napovědět, jaké opatření zvolit pro eliminaci ztrátového tepla.

4.1.2 Seznámení se s programem

Abych mohl program Rittal Therm vůbec používat, musel jsem se nejprve seznámit se všemi jeho vlastnostmi. I když je uživatelské prostředí velmi přehledné a dalo by se říci, že samotné ovládání je jednoduché, musel jsem znát veškeré technické náležitosti, které se do programu doplňují. Proto jsem paralelně se softwarovou kalkulací vždy spoléhal i na výpočet manuální.

4.1.3 Teplené ztráty

Tepelné ztráty se objevují u každého rozvaděče. Za jejich vznikem stojí ztrátový výkon proudových obvodů při průchodu elektrického proudu. Vlivem tohoto jevu dochází k nárůstu teploty jednotlivých komponentů, a tím i celého vnitřního prostoru skříně. [8]

4.1.4 Tepelné toky v rozvaděči

Při průchodu elektrického proudu vykazuje každá část proudové dráhy odpor. Vlivem tohoto odporu vznikají výkonové (P) a energetické (E) ztráty, které se vyjadřují vztahem

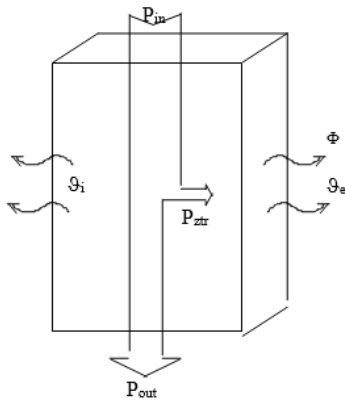
$$P = RI^2 \quad (W; \Omega; A) \quad [8]$$

$$E = Pt \quad (J; W; s) \quad [8]$$

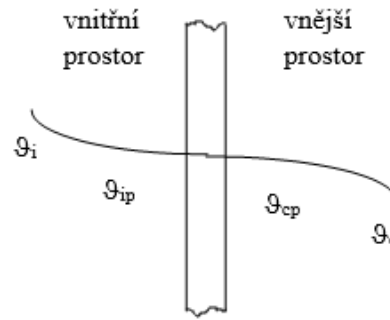
Ztrátová energie vyvolává zvýšení teploty proudové dráhy. Rozdíl teplot mezi proudovou dráhou a okolním prostředím má za následek vytvoření tepelného toku Φ do vnitřního prostoru rozvaděče. Nárůst teploty uvnitř rozvaděče vyvolává oteplení krytu a následně vznik tepelného toku mezi krytem a vnějším prostředím. Tepelný tok, který prochází krytem rozvaděče, je ovlivněn teplotním rozdílem mezi vnějším a vnitřním prostředím, součinitelem prostupu tepla K a jeho plochou. [8]

Tepelný tok lze popsat vztahem

$$\Phi = A * K(\vartheta_i - \vartheta_c) \quad [8]$$



Obr. 5 Tepelné toky v rozvaděči [8]



Obr. 6 Rozložení dvou teplot na stěně krytu rozvaděče [8]

V praxi může být obtížné určit hodnotu součinitele prostupu tepla K . Je to dáno tím, že rozvaděče se ne vždy vyskytují jako jedna samostatná volně stojící skříň, kterou nic neobklopuje. Rozvaděče se mohou skládat do sestav, mohou být nástěnné, rohové atd. Z tohoto důvodu nelze výpočet pro tepelný tok odvozovat pouze ze součinitele prostupu krytu. V této situaci je nutné znát způsob instalace a tepelné vyzařovací vlastnosti jednotlivých ploch A_0 . [8]

4.1.5 Chladicí plochy rozvaděče

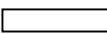

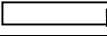
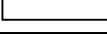
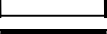
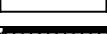

Aby bylo možné zahrnout jakoukoli sestavu či samotné umístění rozvaděče, byl stanoven tzv. součinitel povrchu b_i , který respektuje způsob instalace pro prostup tepla dílčími plochami A_0 , a tím využít skutečné plochy krytů k účinným chladicím plochám A_e . Díky tomu se operuje s takovou hodnotou součinitele prostupu tepla K materiálu, ze kterého je rozvaděč vyroben. [8]

Účinná chladicí plocha je dána vztahem

$$A_e = \sum_{i=1}^{i=n} A_0 b_i \quad [8]$$

Způsob instalace (umístění) rozvaděče	Součinitel b_i
Kryt je shora přístupný	1,4
Kryt je shora nepřístupný (např. u vestavěných rozvaděčů)	0,7
svislý povrch krytu (přední, boční nebo zadní panel) je přístupný	0,9
Zadní a boční přístup povrch je nepřístupný (např. při montáži na stěnu)	0,5
Boční povrch v případě řadových rozvaděčů jsou nepřístupné	0,5
Dno rozvaděče	nebere se v úvahu

Tab. 3 Součinitel povrchu b_i pro různé způsoby instalace [8]

Symbol	Způsob zástavby	Vztah pro výpočet účinného chladicího povrchu A_e
	Samostatné kryty přístupné ze všech stran	$A_e = 1,8 \cdot V \cdot (\check{S} + H) + 1,4 \cdot \check{S} \cdot H$
	Samostatné kryty pro montáže ke zdi	$A_e = 1,8 \cdot H \cdot V + 1,4 \cdot \check{S} \cdot (V + H)$
	Samostatný kryt umístěný bokem ke zdi	$A_e = 1,4 \cdot H \cdot (\check{S} + V) + 1,8 \cdot \check{S} \cdot V$
	Samostatný kryt umístěný v rohu	$A_e = 1,4 \cdot V \cdot (\check{S} + H) + 1,4 \cdot \check{S} \cdot H$
	Volně stojící řadový rozvaděč	$A_e = 1,8 \cdot V \cdot \check{S} + 1,4 \cdot \check{S} \cdot H + H \cdot V$
	Řadový rozvaděč pro montáž do zdi (vrch přístupný)	$A_e = 1,4 \cdot \check{S} \cdot (V + H) + V \cdot H$
	Řadový rozvaděč pro montáž do zdi (vrch nepřístupný)	$A_e = 1,4 \cdot \check{S} \cdot V + 0,7 \cdot \check{S} \cdot H + H \cdot V$

Tab. 4 Vztahy pro výpočet účinného chladicího povrchu A_e při různém způsobu instalace [8]

Pomocí parametru účinného chladicího povrchu A_e můžeme provést výpočet toku z krytu do okolního prostředí na základě součinitele prostupu tepla K daného materiálu.

Většina dnešních rozvaděčů se vyrábí z ocelového plechu. Pro tento materiál je hodnota součinitele prostupu tepla K následující

$$K_{Fe} \cong 5,5 \quad (\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}) \quad [8]$$

Tepelný tok Φ z krytu rozvaděče do okolního prostředí odpovídá ztrátové energii, která za určitý čas projde plochou krytu. V ustáleném teplotním stavu je tato hodnota rovna ztrátovému výkonu P_{ztr_o} [8]

$$\Phi = A_e \cdot K (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad [8]$$

4.1.6 Výpočty v Rittal Thermu

Výpočtů v tomto programu jsem provedl mnoho, a to na nejrůznějších projektech. Pro názornou ukázkou jsem si vybral projekt nejmenované firmy, pro kterou vyrábíme rozvaděče stabilně již dlouhá léta.


Zadání bylo vcelku jednoduché. Vyrobit rozvaděč dle zadaných rozměrů skříně, ve kterém bude umístěný pouze frekvenční měnič a sinusový filtr. Jelikož už od pohledu bylo zřejmé, že jsou to komponenty, které při svém provozu budou vykazovat velké teplotní navýšení, bylo nutné použít program Rittal Therm pro navrhnutí vhodné klimatizační jednotky.


V prvním kroku, při použití tohoto softwaru, se musejí zadat vstupní data. Těmi nejelementárnějšími informacemi jsou velikost skříně, typ a způsob instalace. K tomu, abych dokázal splnit úkol, tedy navrhnout ideální ventilační systém, je potřebné znát tyto parametry. Podle typu, tzn. z jakého materiálu je samotná skříň vyrobena, se určí součinitel prostupu tepla. V tomto případě byla skříň z klasického materiálu, tj. oceloplechová. Proto byl součinitel prostupu tepla $K_{Fe} \cong 5,5$ ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$).


Dále je nutné uvědomit si, jaký způsob instalace zákazník požaduje. V případě tohoto projektu se jednalo o samostatný rozvaděč umístěný zadní stěnou přímo ke zdi.


Přidat rozváděč


TS Rozváděče TS	Šířka	Výška	Hloubka
TS 8606.500 600 x 2000 x 600 mm	600 mm	2000 mm	600 mm
	Součinitel prostupu tepla "k"		
	5.5		


 (1)
Samostatný rozváděč volně stojící


 (3)
Počáteční nebo koncový rozváděč volně stojící

 (5)
Vnitřní střední rozváděč volně stojící

 (2)
Samostatný rozváděč pro montáž na stěnu

 (4)
Počáteční nebo koncový rozváděč pro montáž na stěnu

 (6)
Vnitřní střední rozváděč pro montáž na stěnu

 (7)
Vnitřní střední rozváděč pro montáž na stěnu se zakrytou střešou

Obr. 7 Vložení rozměrů a způsobu instalace

Jelikož jsem od zákazníka dostal přesně definovaný typ frekvenčního měniče i sinusového filtru, nebyl žádný problém dohledat katalogové údaje k těmto komponentám. Z katalogových listů jsem vyčetl informace o ztrátovém výkonu, kde pro frekvenční měnič je to 1100W a pro sinusový filtr 470W. Hodnoty obou prvků jsem sečetl a doplnil do dalšího kroku pro výpočet.

Ztrátový výkon

Převzít

1570 W

Obr. 8 Doplnění celkového ztrátového výkonu

V následném okně je nutné, pro správný výpočet, znát informace o maximální vnější teplotě, maximální vnitřní teplotě, napětí a frekvenci. Co se týká prostředí, měl být tento rozvaděč umístěn v konstantních halových podmínkách. To znamená, že maximální vnější teplota by se měla pohybovat okolo 25 °C. Maximální vnitřní teplota je relativní pojem. Vždy záleží na skladbě jednotlivých komponentů obsažených v rozvaděči. Určité komponenty jsou schopny vydržet i teploty blízké se k hranici 100°C a jiné podléhají destrukci již při 60°C. Nehledě na tom, že při zvyšující teplotě se mohou horšit vlastnosti jednotlivých přístrojů, např. u jističů. Naopak příliš nízké teploty mohou způsobovat kondenzaci vlhkosti v rozvaděči. Nejběžněji se volí teploty v rozsahu 20-55°C.

Informace o instalační síti nebyly součástí poptávky. Musel jsem je zvlášť získat. V odpovědi od zákazníka bylo, že používá síť 3x400V při frekvenci 50Hz. Tyto údaje jsem zanesl do kolonek pro výpočet.

Ztrátový výkon	Číslo výrobku	B x H x T	Poloha	Akce
1570	TS 8606.500	600 x 2000 x 600	2	

+ Přidat rozváděč

Max. vnější teplota: °C Napětí: včetně 230 V
 Max. vnitřní teplota: °C Frekvence: Standardní instalace

Obr. 9 Hodnoty teplot a napětí

Na Obr. 10 můžeme vidět první vypočtené hodnoty jako efektivní povrch, instalovaný ztrátový výkon nebo ztrátový výkon odevzdaný povrchovou plochou.

Výpočet

Detail & výběr zařízení

Parametry	Číslo výrobku	Poloha	Akce
Efektivní povrch	4,3	m ²	
Instalovaný ztrátový výkon	1570	W	Celkový ztrátový výkon 854 W
Ztrátový výkon odevzdaný povrchovou plochou:	716	W	Teplota bez chlazení: 91 °C

Typ chladicí jednotky

Nástěnná	Střešní
<input type="checkbox"/> Ventilátor	
<input type="checkbox"/> Výměník vzduch/vzduch	
<input type="checkbox"/> Chladicí jednotka	
<input type="checkbox"/> Výměník vzduch/voda	
<input type="checkbox"/> Topení	
<input type="checkbox"/> Chladicí dveře	
<input type="checkbox"/> Vnitřní ventilátor	

Za samostatně provedený výpočet, projektování, dimenzování a výběr nemůže firma Rittal převzít žádnou záruku.

Max. vnější teplota: 25 °C Napětí: 400 V včetně 230 V
 Max. vnitřní teplota: 55 °C Frekvence: 50 Standardní instalace

Obr. 10 Výpočty potřebné k určení klimatizačního systému

Efektivní povrch:

Spočítá se podle rozměrů rozvaděče a způsobu uložení v prostoru, přesně podle Tab. 4.

Rozměry (Š x V x H) 600 x 2000 x 600 mm

$$A_e = 1,8 * \check{S} * V + 1,4 * \check{S} * (V + H)$$

$$A_e = 1,8 * 0,6 * 2 + 1,4 * 0,6 * (2 + 0,6)$$

$$A_e = 4.344 \text{ m}^2 \quad [8]$$

Ztrátový výkon odevzdaný povrchovou plochou:

$$P_{ztr_o} = A_e * K * (9i - 9e)$$

$$P_{ztr_o} = 4,334 * 5,5 * (55 - 25)$$

$$P_{ztr_o} = 715,11 \text{ W} \quad [8]$$

Pokud teplo odvedené krytem odečteme od instalovaného ztrátového výkonu, dostaneme celkovou hodnotu ztrátového výkonu, který je třeba vhodnou klimatizační jednotkou odvést.

$$P_{ztr_c} = P_{ztr_i} - P_{ztr_o}$$

$$P_{ztr_c} = 1570 - 715,11$$

$$P_{ztr_c} = 854,89 \text{ W}$$

Dále můžeme pozorovat, jaká by byla teplota uvnitř rozvaděče, kdybych klimatizační jednotku nepoužil. Abych tuto teplotu získal, musím provést mezivýpočet a určit oteplení rozvaděče.

Oteplení rozvaděče:

$$\Delta\vartheta = \frac{P_{ztr_i}}{K \cdot A_e}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{1570}{5,5 \cdot 4,334}$$

$$\Delta\vartheta = 65,71 \text{ K} \quad [8]$$

Teplota uvnitř rozvaděče bez chlazení:

$$\vartheta_{ib} = \Delta\vartheta + \vartheta_e$$

$$\vartheta_{ib} = 65,71 + 25$$

$$\vartheta_{ib} = 90,21 \text{ °C} \quad [8]$$

Znám-li tedy celkovou velikost ztrátového výkonu, který je nutné odvést, můžu zvolit z nabídnutého seznamu vhodný klimatizační systém. Vidíme, že pokud chci eliminovat celkový ztrátový výkon, minimální průtok vzduchu musí být 97 m³/h. Většinou se však volí hodnoty vyšší, než je tato definovaná hranice, aby vznikla rezerva pro méně výkonné komponenty, které svým chodem zdatelně nepřispívají k oteplení, a tudíž nejsou zahrnuty ve výpočtu. Při výběru jsem limitován úzkým sortimentem klimatizačních systémů pro třífázové sdružené napětí 400V. Proto má tedy mnou zvolený ventilátor výkon 525 m³/h. Nezbytný minimální průtok vzduchu je přímo závislý na nadmořské výšce. To je dáno poklesem tlaku a hustoty vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou.

Výběr ventilátoru

Způsob instalace/montáže Stěna Střecha Nad hladinou moře 500-749 m

Stěna

Číslo výrobku	Výkon [m ³ /h]	Schéma	Technické informace
SK3327147 + SK3326207	525		
SK3244140 + SK3243200	525		
2 SK3327147 + 2 SK3326207	1050		
2 SK3244140 + 2 SK3243200	1050		
3 SK3244140 + 3 SK3243200	1575		
3 SK3327147 + 3 SK3326207	1575		
4 SK3244140 + 4 SK3243200	2100		
4 SK3327147 + 4 SK3326207	2100		
5 SK3244140 + 5 SK3243200	2625		
5 SK3327147 + 5 SK3326207	2625		

Je nezbytné chlazení
Ano
Chladicí jednotka je nutná:
Ne
Nezbytný průtok vzduchu:
97 [m³/h]

Převzít Ukončit

Obr. 11 Návrh pro zvolení klimatizační systému

Výběr ventilátoru

Způsob instalace/montáže Stěna Střecha Nad hladinou moře 1500-1999 m

Stěna

Číslo výrobku	Výkon [m ³ /h]	Schéma	Technické informace
SK3327147 + SK3326207	525		
SK3244140 + SK3243200	525		
2 SK3327147 + 2 SK3326207	1050		
2 SK3244140 + 2 SK3243200	1050		
3 SK3244140 + 3 SK3243200	1575		
3 SK3327147 + 3 SK3326207	1575		
4 SK3244140 + 4 SK3243200	2100		
4 SK3327147 + 4 SK3326207	2100		
5 SK3244140 + 5 SK3243200	2625		
5 SK3327147 + 5 SK3326207	2625		

Je nezbytné chlazení
Ano
Chladicí jednotka je nutná:
Ne
Nezbytný průtok vzduchu:
117 [m³/h]

Převzít Ukončit

Obr. 12 Vliv nadmořské výšky na minimální průtok vzduchu

Podle nabídnutých variant jsem zvolil označený ventilátor s ventilační mřížkou, který je finančně dostupnější než chladicí jednotka, která zde navíc nebyla nutná.

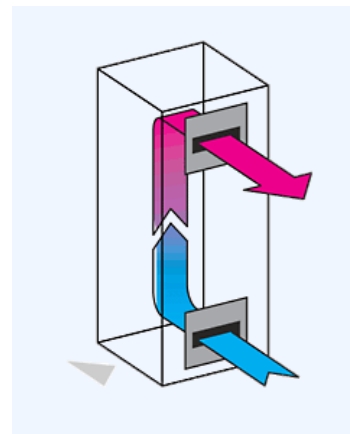
Tento software je užitečným nástrojem i při opačném použití než je odvod tepla. Dokáže navrhnout vhodnou topnou jednotku, kterou budeme teplotu uvnitř rozvaděče zvyšovat, aby komponenty mohly fungovat ve svých definovaných podmínkách. S tímto řešením jsem se však ve své praxi nesetkal.



Obr. 13 Ventilátor [9]



Obr. 14 Ventilační mřížka [10]



Obr. 15 Cirkulace vzduchu

Z Obr. 15 je patrné, že ventilátor je umístěn ve spodní části dveří rozvaděče a ventilační mřížka se nachází v jeho horní polovině. Ventilátor nasává vnější vzduch, který je chladnější než ten uvnitř. Definovaným prouděním vzduch cirkuluje celým rozvaděčem, a tím ochlazuje komponenty, které se v něm nachází. Ventilační mřížkou dochází k odtahu horkého vzduchu ze skříně. Tomuto způsobu se říká aktivní chlazení.

Nejnáročnější na tomto úkolu bylo prvotní pochopení způsobu výpočtu a získání teoretických znalostí pro jeho splnění. Následná opakující se metodika byla jen o pochopení zadání od zákazníka, které nebylo vždy kompletní. Bylo třeba dbát na správné zadávání údajů, které vedly k ideální selekci ventilačního systému. Všechny obrázky uvedené k popisu tohoto úkolu jsou vygenerovány z programu Rittal Therm.

4.2 Vytvoření 3D modelu rozvaděče

Mým dalším úkolem na odborné praxi bylo tvoření 3D modelu rozvaděče. Model se realizuje v softwaru ePlan Pro Panel, který je jedním ze zástupců širokého portfolia engineering solutions, které firma ePlan nabízí.

4.2.1 ePlan Pro Panel

ePlan Pro Panel je projekční nástroj k tvorbě 3D modelu rozvaděčových systémů, ve kterém je možné pohodlně nasimulovat rozmístění komponentů, aby byly splněny předpisy pro instalaci a minimální vzdálenosti jednotlivých prvků dle specifikace zákazníka. Program nabízí 3D projektování elektrické a hydraulické konfigurace řídicích skříní, virtuální 3D zapojení vodičů a generování NC dat pro montáž kabelových svazků a obsluhu výrobních strojů. V modelu jsou zaneseny data pro vrtání a frézování, která mohou být dále upravována. Všechny funkce se integrují s výrobou. [11]

4.2.2 Selekcce projektu

3D modelů jsem zpracoval mnoho pro jednotlivé zákazníky, kteří požadovali různorodé projekty. Pro názornou ukázkou jsem vybral specifickou zakázku, na které demonstruji jednotlivé kroky pro vytvoření modelu a jeho komplexního využití.

4.2.3 Zpracování úkolu

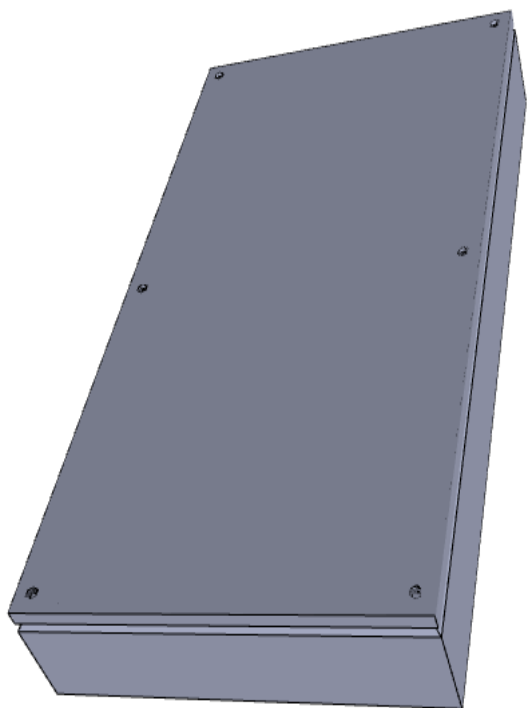
Abych mohl vůbec svou práci započít, potřebuji od zákazníka dokumentaci nakreslenou v ePlanu. Stupeň kompletnosti se lišil u každého projektu. Schéma, ze kterého jsem vycházel pro tento projekt, obsahovalo barvy a průřezy vodičů, což značně rozšiřuje využití tohoto programu. Naopak v něm nebylo vytvořeno funkční propojení s okamžitou tvorbou 3D modelu. Pokud je schéma v ePlanu opravdu nadstandardně vypracováno, u každého prvku by mělo být jeho označení, popis umístění ve schématu a v poslední řadě jeho objednávací číslo. To však naneštěstí uvedeno nebylo. V reakci na to pak program nemůže automaticky vygenerovat příslušný komponent ze své knihovny. Je pak na mě, abych si na základě kusovníku definoval každý jednotlivý prvek samostatně.

4.2.3.1 Data Portal

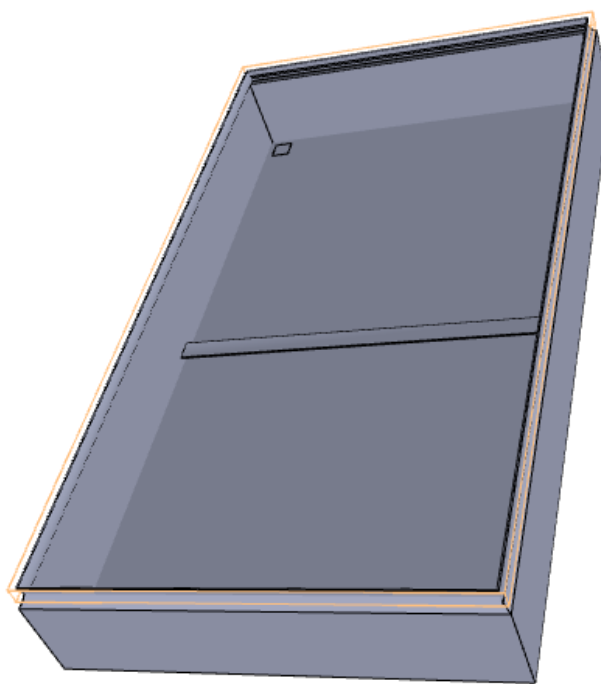
Jedná se o databázi, která umožňuje on-line přístup k zařízením mnoha výrobců jednotlivých komponent. Každý prvek, je-li vytvořen a umístěn v knihovně, je možné najít podle výrobce a objednávacího čísla. Poté už stačí připravený model stáhnout a otevřít. Tím se značně urychluje celý proces projektování. Po certifikaci, kterou provede společnost ePlan, může zároveň každý výrobce do databáze vkládat své aktuální produkty, aby se zákazníkovi co nejvíce přiblížil.

4.2.3.2 Počátek projektu

Každý projekt začíná volbou skříně. V kusovníku jsem dohledal, jakou definovanou skříň si přeje zákazník. V tomto případě se jednalo o produkt společnosti Rittal. Jelikož má firma Rittal jeden z největších výběrů svých výrobků v Data Portalu, nebyl žádný problém požadovanou skříň najít s již vytvořeným 3D modelem.

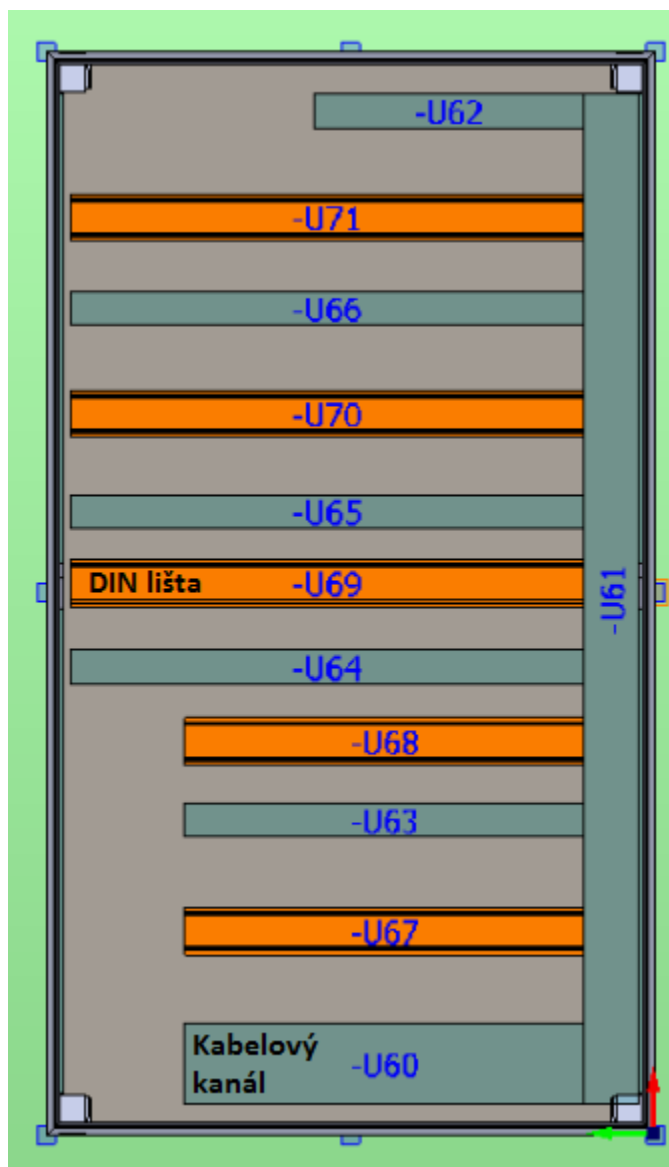


Obr. 16 Zvolená rozvaděčová skříň



Obr. 17 Zvolená rozvaděčová skříň bez dveří

Dále už začínám se samotnou instalací jednotlivých částí rozvaděče na montážní panel. Nejprve umísťuji kabelové žlaby a DIN lišty. Jelikož si mí kolegové vytvořili interní knihovnu všech používaných kabelových žlabů používaných u nás ve firmě, vybral jsem pouze rozměrově definovaný. Kabelové žlaby použité v tomto projektu měli rozměr 60x80 mm. Kabelové kanály jsem rozmístil přesně podle náhledu, který zaslal zákazník, a který je součástí dokumentace. Stejně postupuju i při rozmisťování DIN lišt, kde byl použit typ 35/7.5 mm.



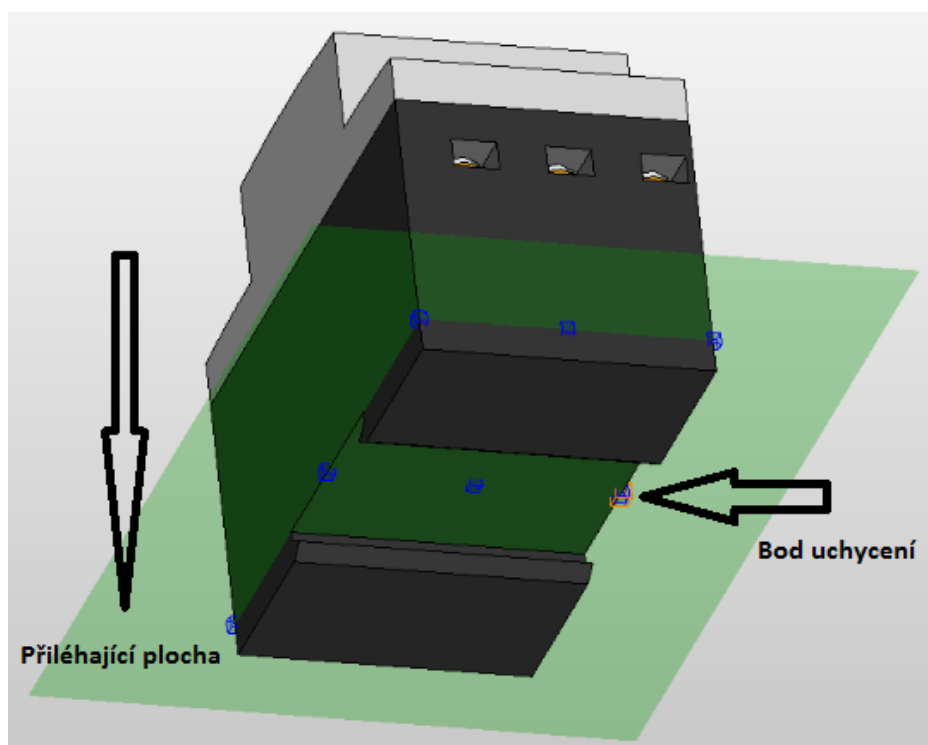
Obr. 18 Rozmístění kabelových žlabů a DIN lišt

4.2.3.3 Příprava modelu jednotlivých prvků

Jak již bylo zmíněno, v případě této zakázky jsem si musel každý jednotlivý prvek definovat sám. Na základě kusovníku obsáhnout veškeré vybavení rozvaděče. Příklad tvorby prvků pro následné umístění na DIN lištu budu demonstrovat na jedné z komponent použité na projektu.

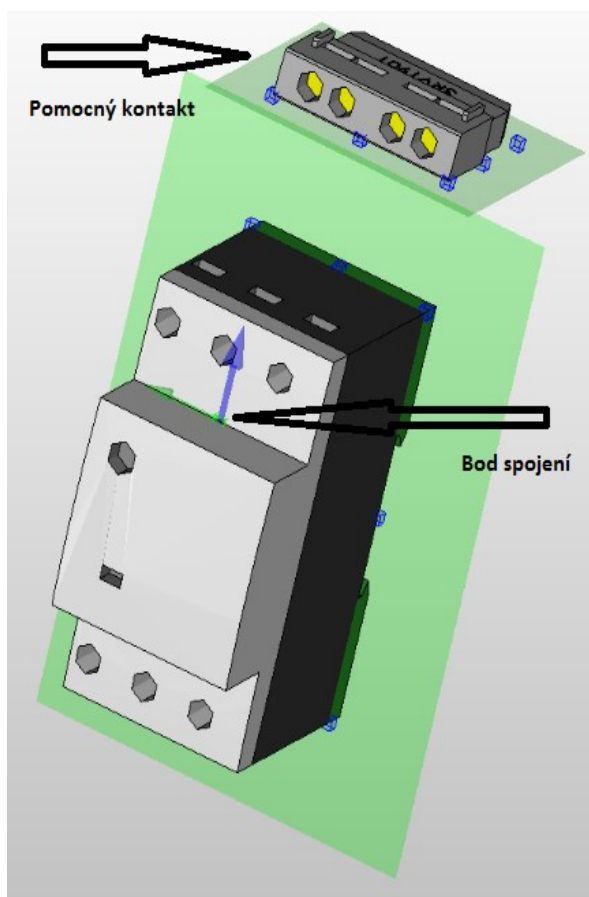
Jedná se o jistič typu 3RV1011-0JA10. Nejprve bylo nutné si komponent stáhnout z Data Portalu. Jde o klasický běžně používaný jistič, jehož výrobcem je firma Siemens, takže se nemusím bát, že by neexistoval 3D model. Každý komponent stažený z Data Portalu je vymodelovaný z více částí, které se ukáží v rozbalovacích oknech. Může se jednat o nápis, plastová dvířka určitých komponentů atd. Při práci s několika desítkami prvků by nastal v přehledovém listu chaos. Proto je nutné každý komponent sjednotit v jeden celek.

Dále přichází na řadu tvorba maker. To znamená, vytvoření a uložení jednotlivých prvků společně s jejich vlastnostmi, které jim přidělím. Předem je důležité definovat plochu, kterou bude jistič přiléhat na DIN lištu. Poté si zvolím bod, za který se na DIN lištu bude upevňovat. Je nabídnuto více bodů po obvodu styčné plochy. Na volbě tohoto bodu závisí jeho následná poloha na DIN liště. Já volil uchopovací bod vždy tak, aby výsledný komponent dosedl na DIN lištu přesně v jejím středu.

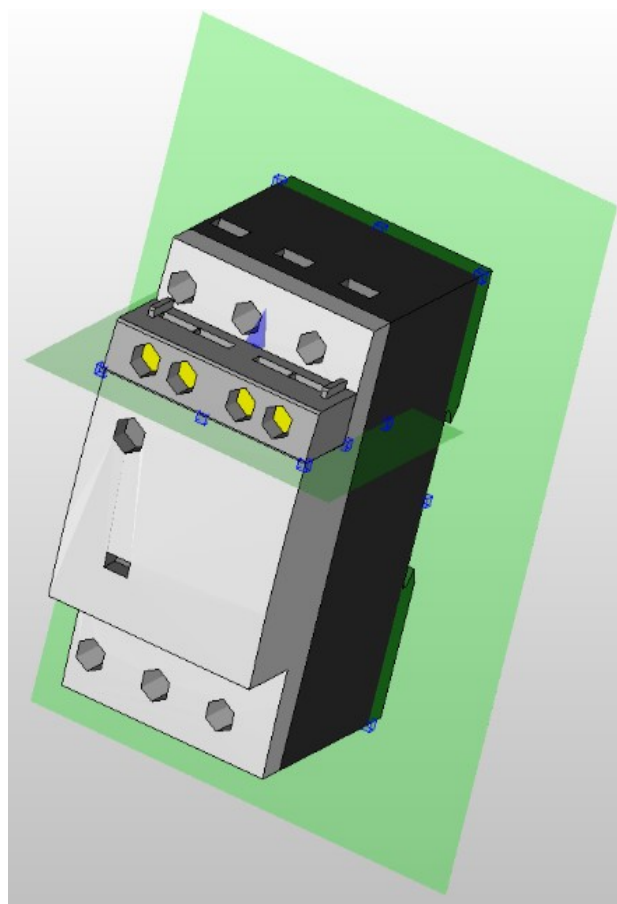


Obr. 19 Náhled na přiléhající plochu a bod uchycení

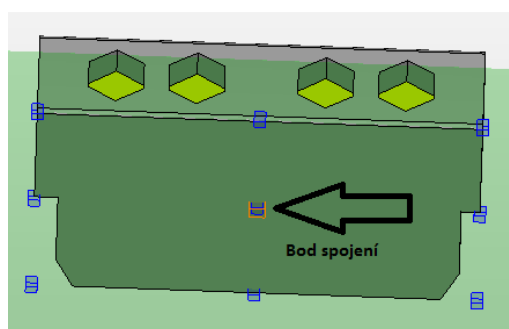
Prvky jako jističe, stykače či relé mohou pro rozšíření své funkce obsahovat pomocné kontakty, které musejí být také umístěné ve výsledném modelu. Ty jsou však samostatnou komponentou s vlastním objednacím číslem. Jak tedy docílit integrace obou prvků v jeden? Metodicky se pomocnému kontaktu nadefinuje přiléhavá plocha a bod uchycení, obdobně jako v případě jističe. Poté se na jističi i na pomocném kontaktu vytvoří bod spojení. Jednoduchým přiblížením pomocného kontaktu k jističi dojde k propojení.



Obr. 20 Vytvoření bodu spojení

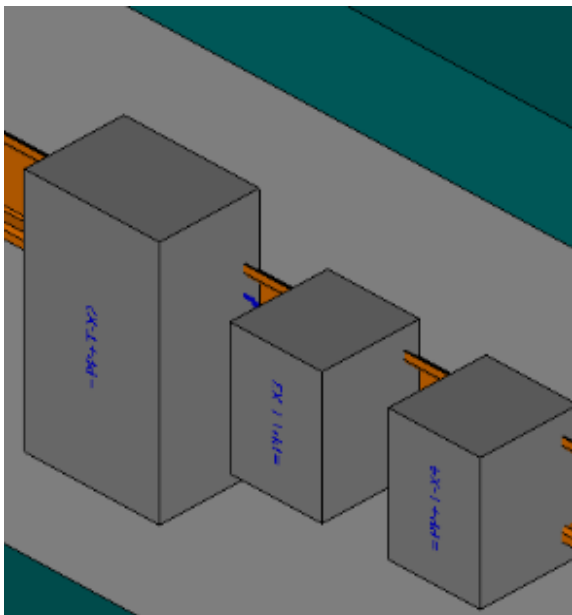


Obr. 21 Integrace jističe a pomocného kontaktu

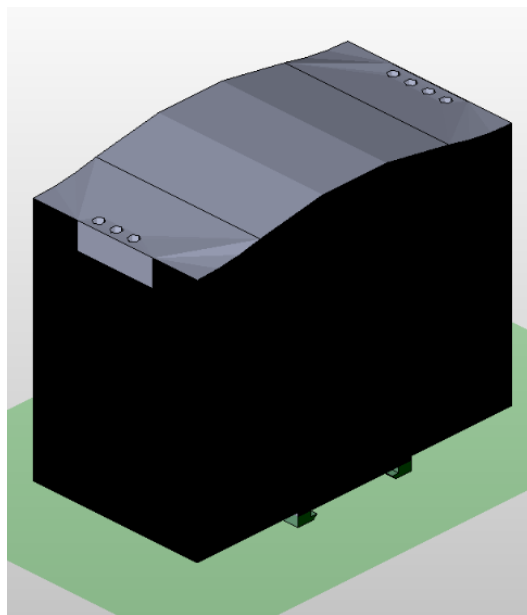


Obr. 22 Bod spojení pomocného kontaktu

Může však nastat i situace, kdy komponent nebude mít vytvořený 3D model stažitelný z Data Portalu. Pakliže se tato situace objeví, je možné ji řešit dvěma způsoby, přičemž každý z nich bude na jiném stupni konkrétnosti. Ta snadnější, avšak ne moc věrohodná, varianta spočívá v doplnění hodnot výšky, šířky a hloubky do nastavení prvku. Tímto manuálním vložením docílím automatického vykreslení obecného prvku na základě vložených rozměrů. Ve výsledném 3D modelu bude tento komponent vizualizován jako grey box podle rozměrů, které jsem zadal. Přesnějším řešením je možnost propojení vlastností CAD softwarů a ePlanu Pro Panel. Kolega, který se ve firmě specializuje na projektování v CAD softwarech, je schopen podle katalogového listu mnou požadovaný prvek projektově vytvořit. Důležité ovšem je, aby byl projekt uložen s příponou STEP, která je kompatibilní s ePlanem. Námí vytvořený model je adekvátní funkční alternativou za neexistující model v Data Portalu. V případě této zakázky však nebylo nutné použít ani jednu z popsaných náhradních metod, jelikož Data Portal obsahoval modely všech hledaných komponentů.



Obr. 23 Grey box s definovanými rozměry

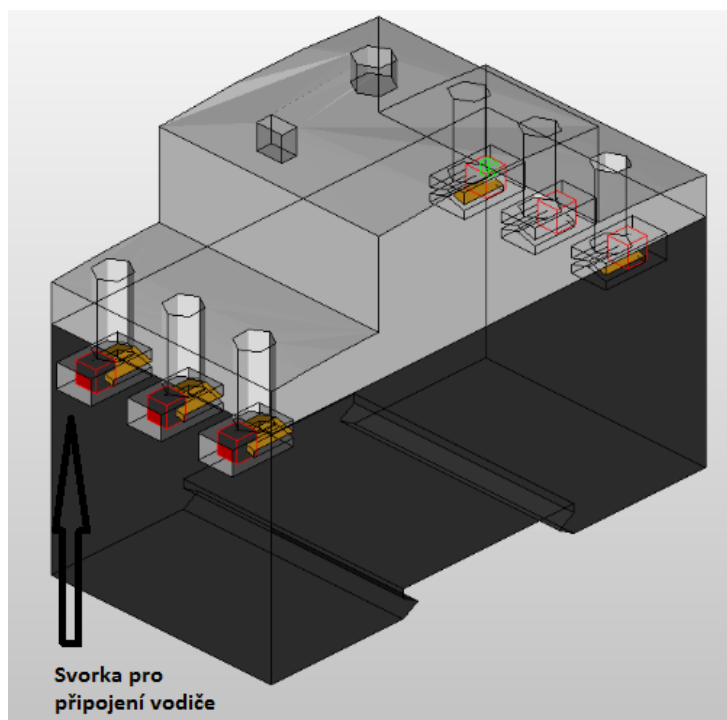


Obr. 24 Prvek ze softwaru SolidWorks

Na Obr. 23 je možno vidět automaticky vykreslený prvek podle zadaných rozměrů.

Na Obr. 24 je vytvořený prvek, který není možné stáhnout z Data Portalu. Proto jej bylo nutné vymodelovat v softwaru SolidWorks. V případě tohoto prvku se jednalo o zdroj na 24V.

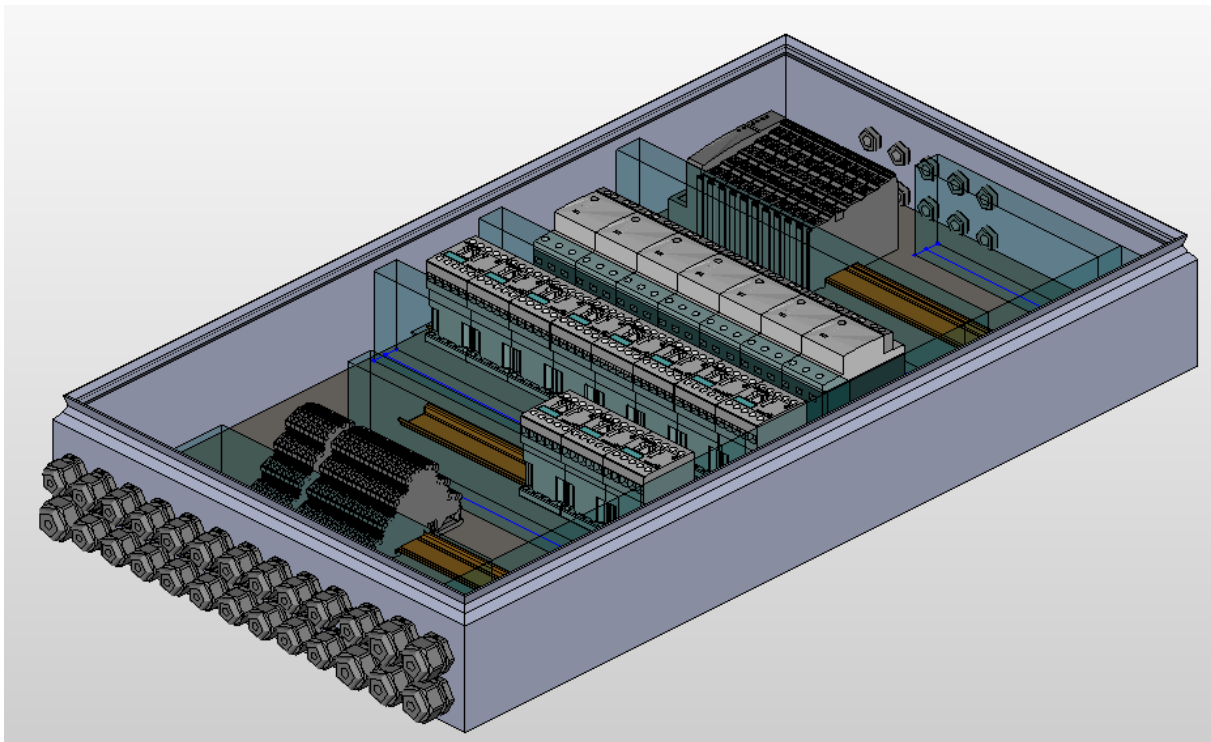
Jelikož jsou samozřejmě všechny komponenty v rozvaděči propojeny vodiči, musel jsem si pro každý připojovací kontakt definovat místo tohoto připojení i s náležitým popisem. Popis musí být stejný jako ve schématu. Jednoduše jsem si opět zvolil vhodný nástroj, kterým se označí místo, kde dojde k napojení vodiče. Pokud je u místa, kde chci, aby bylo provedeno připojení vodiče, určitá spojovací část originálního prvku, je vhodné umístit připojovací kontakt právě tam. Vyhýbám se tak případným problémům s nepřipojením vodiče do místa, které jsem stanovil.



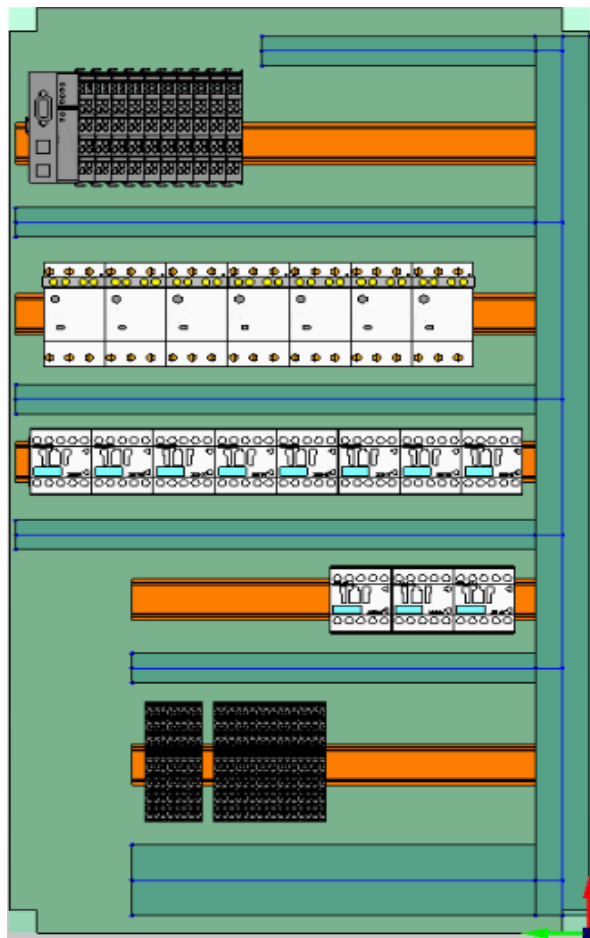
Obr. 25 Definování místa pro připojení vodiče

4.2.3.4 Rozvržení a skladba komponent do rozvaděče

Po vytvoření makra pro každý prvek jsem mohl přistoupit k vložení všech komponent do rozvaděče. Jednotlivé prvky se skládají na DIN lišty podle náhledu od zákazníka. ePlan umožňuje funkce jako mnohonásobné vložení stejného prvku či nastavení konkrétní hodnoty odsazení od daného prvku. Tyto funkce urychlují celý proces implementace vytvořených komponentů do rozvaděče, aby vše bylo podle přání zákazníka. Rozvaděč může obsahovat i jiné komponenty než ty, které se umísťují na montážní panel. Může se jednat o vývodky, konektory, ventilátory, osvětlení atd. V případě pojednávané zakázky byly použity pouze kabelové vývodky. ePlan dokáže kontrolovat, zda jsem použil všechny komponenty uvedené ve schématu, respektive všechny své uložené prvky s vytvořenými makry. Nemůže se tedy stát, že bych model osadil nekompletní. Díky definovaným upevňovacím bodům nebyl problém komponenty na DIN lištu uchytil.



Obr. 26 Osazená rozvaděčová skříň bez dveří



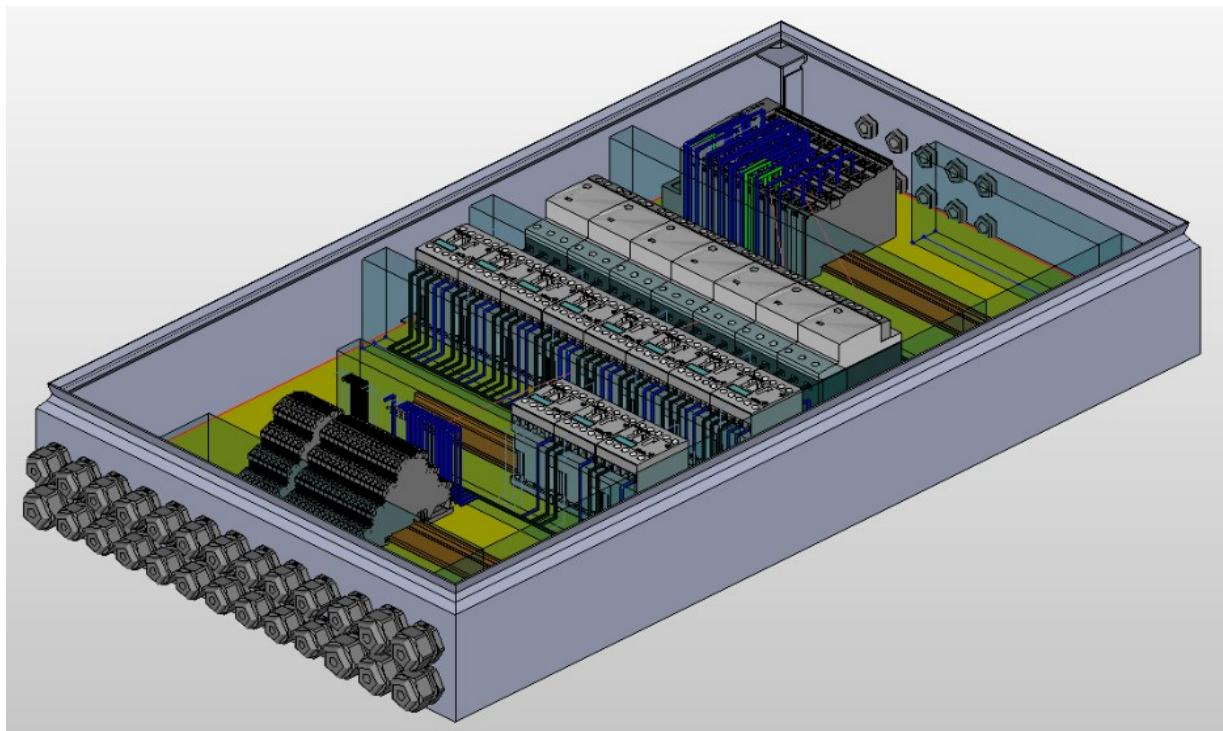
Obr. 27 Osazený montážní panel

4.2.3.5 Vodičové propojení

Pokud je součástí schématu nakresleného v ePlanu také informace o barvě a průřezu vodičů, je možné přesně nasimulovat reálné propojení jednotlivých prvků. Přesnost připojení vodičů závisí na preciznosti, s jakou jsem si vytvořil připojovací bod při tvorbě makra. Při prvním použití této funkce se mi vodiče chaoticky propojily na místech, kde jsem je nepožadoval. Drátování pak bylo nepoužitelné. S přibývajícím množstvím zpracovaných projektů se kvalita a věrohodnost propojení zlepšovala.

Pomocí simulace vodičového propojení lze snadno detekovat délky jednotlivých vodičů. Na základě této informace se tvoří drátovací tabulky. Drátovací tabulka je dokument, podle kterého dílna snadno připraví vodiče pro vydrátování rozvaděče. Tento způsob synergie mezi projekční kanceláří a výrobou je velice efektivní. Drátovací tabulka je tedy návod pro dílnu, jak dlouhý má být vodič a odkud kam povede.

ePlan Pro Panel nabízí možnost využít výpočet optimální dráhy vodičů nebo podat informaci o zaplnění kabelových kanálů. K tomu však potřebuje znát vnější průměr vodiče. Dále umožňuje filtrovat cestu vodičů na základě barvy, průřezu nebo druhu rozvodu. To znamená, že si můžu definovat, že např. vodiče s průřezem 2.5 mm modré barvy povedou kabelovými kanály pouze vpravo a vodiče černé barvy s průřezem 4 mm pouze kabelovými kanály umístěnými vlevo. Ani jednu z těchto funkcí jsem v praxi nevyužil. Zaplnění kabelových kanálů lze odhadnout podle počtu komponentů v rozvaděči. Podle míry zkušenosti lze poté zákazníkovi nabídnout jiný rozměr kabelového kanálu. S podmínkou selektovat dráhu vodičů podle barvy a průřezu jsem nesetkal.



Obr. 28 Vodičové propojení všech komponentů v rozvaděči

4.2.3.6 Generování NC dat

Jak již bylo zmíněno, na rozvaděči se mohou nacházet otvory různých velikostí pro komponenty do nich umístěné. Jedná se jak o prvky, které jsou na montážním panelu, ale i o prvky, které jsou mimo vnitřní prostor skříně. Tyto otvory je třeba, na základě podkladů, kvalitně vyvrtat, aby nedošlo k poškození skříně. V případě montážního panelu, při práci na tomto projektu, jsem musel definovat otvory pro přichycení kabelových žlabů a DIN lišt. Předem jsem ale musel nastavit, jakou metodou budou otvory vyvrtány, to znamená, jaké bude zvoleno uchycení. Standardně se používá uchycení pomocí nýtů, takže jsem se rozhodl pro tuto metodu. Při práci na předchozích projektech jsem však dostal i zadání, kde rozvaděč obsahoval transformátor. Ten se nepřipevňuje na DIN lištu jako ostatní prvky, ale montuje se přímo na montážní panel. Proto je nutné vyvrtat pro něj otvory na uchycení. Metoda uchycení je v tomto případě šroubová. Pokud potřebujeme vyvrtat otvory po obvodu skříně, ve většině případů se tak provádí pro ventilátory, kabelové vývodky nebo konektory. V případě popisovaného projektu šlo pouze o kabelové vývodky.

Všechny tyto otvory se musejí do modelu zanést. Podle zadaných rozměrů se v ePlanu vytvoří vrtací plán. Vytvořený vrtací plán je kompatibilní s vrtacím strojem Perforex, nacházejícím se ve firmě. Po uchycení montážního panelu, nebo části skříně, do které má být vytvořen otvor, se do stroje Perforex jednoduše nahraje vrtací plán. Na základě toho se do skříně vyvrtají otvory.

4.2.3.7 Využití modelu

Využití tohoto modelu je všestranné. Výsledný 3D model je součástí každé kompletní dokumentace vytvořené v Behr Bircher Cellpack. Po uložení do souboru PDF lze jednotlivé prvky zastínit, takže si je možné udělat jasnou představu o vizualizaci ve všech variacích, což zákazníci pozitivně kvitují. Model je užitečný při kontrole, zda se veškerý obsah skříně dokáže do rozvaděče fyzicky umístit. V tuto chvíli doplňuje prostorou zkoušku, která se po nařízení provádí na dílně. Tím mnohonásobně šetří čas. Dále, podle předchozího popisu, generuje vrtací plán, podle kterého se vytvoří jednotlivé otvory do montážního panelu, ale i do pláště skříně. Po simulaci vydrátování se podle informací z modelu tvoří drátovací tabulky. ePlan Pro Panel tedy napomáhá k efektivní posloupnosti práce bez zbytečného promrhání potřebného času při výrobě. Všechny obrázky použité pro demonstraci plnění úkolu byly regenerovány z programu ePlan Pro Panel.

4.3 Tvorba ověření návrhu podle normy ČSN EN 61439

4.3.1 ČSN EN 61439

Nová norma ČSN EN 61439 upravuje výrobu rozvaděčů nízkého napětí. Vstoupila v platnost dne 1.11.2014 a nahradila stávající normu ČSN EN 60439. Norma jasně definuje, kdo je výrobcem rozvaděčové skříně, označovaný jako původní výrobce, a kdo je výrobcem rozvaděče, co do smyslu jeho osazení, vydrátování a funkčnosti. Původní výrobce je tím nejpovolanějším a jako jediný dokáže ručit za svůj výrobek. Zároveň to však neznamená, že by se oprostil od legislativních závazků. Norma jasně ukládá, jaké parametry a testy musí skříně splňovat. Na druhou stranu, výrobce rozvaděče zároveň musí, podle nové normy, vystavit ověření návrhu.

Celá norma se dělí na restrukturované části podle toho, o jaké zařízení se jedná.

Členění normy	Typ zařízení
ČSN EN 61439-2	Výkonové rozvaděče
ČSN EN 61439-3	Rozvodnice
ČSN EN 61439-4	Staveništní rozvaděče
ČSN EN 61439-5	Rozvaděče pro rozvod energie
ČSN EN 61439-6	Přípojnicové rozvody
IEC 61439-7	Rozvaděče pro aplikace, prostory a instalace zvláštní povahy

Tab. 5 Jednotlivé části normy ČSN EN 61439 co do smyslu rozdělení zařízení [12]

4.3.2 Ověření návrhu

Ověření návrhu slouží k ověření, zda návrh rozvaděče splňuje dané části normy. Jednotlivým ověřením musí vyhovět jak původní výrobce, tak i výrobce rozvaděče. Původní výrobce musí zpracovat kompletní a podrobnou dokumentaci ověření návrhu pro jeho výrobek, včetně příslušných zpráv a protokolů. Tato dokumentace by měla být archivována po dobu 10 let. Původní výrobce není povinen poskytnout kompletní dokumentaci výrobcí rozvaděče. Postačí souhrnná zpráva, že rozvaděč vyhověl jednotlivým částem ověření. Ta by však měla obsahovat zvolenou metodu ověření, potvrzení naměřených hodnot a čísla jednotlivých protokolů. Čísla protokolů se pak uvedou k příslušným bodům výsledného ověření návrhu vytvořeným výrobcem rozvaděče. Souhrn splněných bodů dává informaci, že rozvaděč funguje v rámci celku bezchybně. Jednotlivé části ověření mohou být ověřovány různými metodami. Může se jednat o zkoušení, srovnání s referenčním návrhem a hodnocení. [12]

4.3.3 Jednotlivá části ověření

Část	Ověřovací charakteristika	Metoda ověření		
		Zkoušení	Srovnání s referenčním návrhem	Hodnocení
1	Pevnost materiálů a částí:			
	Odolnost proti korozi	■	-	-
	Charakteristiky izolačních materiálů:			
	Tepelná stabilita	■	-	-
	Odolnost proti nadměrnému teplu vzplanutí a šíření plamene v důsledku vnitřních elektrických jevů	■	-	■
	Odolnost proti ultrafialovému záření	■	-	■
	Zvedání	■	-	-
	Mechanický náraz	■	-	-
	Značení	■	-	-
2	Stupeň ochrany skříní	■	-	■
3	Vzdušné vzdálenosti	■	-	-
4	Povrchové cesty	■	-	-
5	Ochrana před úrazem el. Proudem a integrita ochranných obvodů			
	Účinná spojitelnost uzemnění neživých částí rozvaděče a ochranných obvodů	■	-	-
	Zkratová odolnost ochranného obvodu	■	■	-
6	Vestavění spínacích přístrojů a součástí	-	-	■
7	Vnitřní elektrické obvody a spoje	-	-	■
8	Svorky pro vnější vodiče	-	-	■
9	Dielektrické vlastnosti:			
	Výdržné napětí průmyslového kmitočtu	■	-	-
	Impulzní výdržní napětí	■	-	■
10	Meze oteplení	■	■	■
11	Zkratová odolnost	■	-	■
12	Elektromagnetická kompatibilita	■	-	■
13	Mechanická funkce	■	-	-

- ano
- ne

Tab. 6 Ověření návrhu, která mají být provedena [12]

V Tab. 6 jsou uvedena jednotlivá ověření, která musejí být v rámci normy ČSN EN 61439 splněna. Část 1-5 je povinná pro původního výrobce rozvaděče. Na základě provedené metody ověření vystaví dokument, jehož číslo může dále poskytnout výrobcí rozvaděče. Zbylé části musí ověřit výrobce rozvaděče. Aby to bylo proveditelné, musí mít k dispozici kompletní výrobní dokumentaci.

4.3.4 Definice jednotlivých ověření prováděných ve firmě

A) Vestavba spínacích přístrojů

Identifikace a instalace vestavěných prvků musí být v souladu s údaji uvedenými ve výrobní dokumentaci. Jedná se přehlednost všech přístrojů, ideální situování a rozestupy mezi jednotlivými komponentami. Musejí být splněny i instrukce zadané výrobcem přístroje. [12]

B) Vnitřní elektrické obvody a spoje

Je nutné ověřit vnitřní propojení proudových obvodů. Kontrola šroubových spojů by měla být provedena namátkou na souboru vzorků. Především se jedná o správné dotažení šroubů a kontrolu mechanických momentů. Vodiče musejí odpovídat výrobní dokumentaci. [12]

C) Svorky pro vnější vodiče

Je nutné zkontrolovat druh a počet svorek použitých ve výrobní dokumentaci. Součástí kontroly je i ověření správnosti značení svorek. [12]

D) Dielektrické vlastnosti

Dielektrické vlastnosti musejí být při průmyslovém kmitočtu zkoušeny po dobu nejméně 1 sekundy na všech obvodech rozvaděče. Výjimku tvoří obvody, které jsou určeny pro nižší zkušební napětí. Pomocné obvody, které jsou chráněny jistícím prvkem se jmenovitou hodnotou do 16A, nebo již byly podrobeny provozní zkoušce, nemusejí být dodatečně zkoušeny. [12]

E) Meze oteplení

Je to nejsložitější a časově nejnáročnější část ověření bez ohledu, jakou metodu ověřování zvolíme.

I. Ověření zkouškou lze provést třemi způsoby

- Ověření kompletního rozvaděče – provádí se kompletní souhrnné zkoušení sestavy rozvaděče. [12]
- Samotné ověřování jednotlivých funkčních jednotek a kompletního rozvaděče – jednotlivé funkční jednotky se zkouší odděleně a kompletní sestava je testována při paralelním provozu funkčních jednotek. Výstupem je informace o maximálním jmenovitém proudu a součiniteli soudobosti. [12]
- Ověření se zřetelem na jednotlivé funkční jednotky a distribuční přípojnice samostatně a na kompletní rozvaděč – pro modulární koncepci s proměnným počtem polí rozvaděče. Hlavní i distribuční systém přípojnic se testuje na extrémní zatížení. [12]

II. Odvození jmenovitých hodnot – provádí se podle různých metodik. Předpokládá se doložení příslušných původních testů. [12]

III. Výpočty – při zvolení metody pomocí výpočtů, rozděluje se ověření na kategorie do 630A a do 1600A. Rozvaděče na vyšší proudy musí být ověřeny některou z předchozích metod. [12]

Rozvaděče do 630A

- Nesmí překročit jmenovitý proud 630A [12]
- Musí jít o nízkonapěťový rozvaděč s jedním prostorem [12]
- Musí být k dispozici údaje o všech ztrátových výkonech [12]
- Zařízení produkující výkonové ztráty musejí být rozloženy rovnoměrně [12]
- Veškeré instalované součásti musejí být dimenzovány na 80% maximální přípustné hodnoty jmenovitého proudu [12]
- Nesmí být narušená cirkulace vzduchu [12]
- Vodiče nesoucí proudy nad 200A musejí být uloženy tak, aby nedošlo k dalšímu oteplování vlivem vířivých proudů [12]
- Musejí být známe veškeré výkonové ztráty skříně při daném způsobu instalace [12]
- Při použití aktivního chlazení musejí být k dispozici informace od výrobce [12]

Pokud jsou splněny všechny tyto body, může se začít s výpočtem.

Rozvaděče do 1600A

- Nesmí překročit jmenovitý proud 1600A [12]
- Rozvaděč s jedním a více prostory umístěnými samostatně nebo vedle sebe [12]
- Musí být k dispozici informace o tepelných ztrátách [12]
- Zařízení produkující výkonové ztráty musejí být rozloženy rovnoměrně [12]
- Veškeré instalované součásti musejí být dimenzovány na 80% maximální přípustné hodnoty jmenovitého proudu [12]
- Nesmí být narušena cirkulace vzduchu [12]
- Vodiče nesoucí proudy nad 200A musejí být uloženy tak, aby nedošlo k dalšímu oteplování vlivem vířivých proudů [12]
- Pokud je zaneseno přirozené chlazení, musí být plocha výstupního otvoru minimálně 1,1 násobkem vstupního otvoru [12]
- Maximálně 3 mezistěny v rozvaděči [12]

Pokud jsou splněny všechny tyto body, může se začít s výpočtem.

F) Zkratová odolnost

Rozvaděče do 10kA nemusejí být ověřovány [12]

G) EMC

Je třeba uvést příslušné prostředí

A – Průmyslové prostředí

B – komerční prostředí

[12]

H) Mechanická funkce

Ověřuje se mechanická funkce zámků, ovládacích a blokovacích prvků. Kontroluje se mechanické nastavení všech přístrojů. [12]

At' se jedná o jakoukoli zkoušku, vždy musí být uvedeno číslo protokolu, zvolená metoda ověření a osoba, která zkoušku provedla.

4.3.5 Definice zadaného úkolu

Vytvoření ověření je založeno na úplné a plnohodnotné výrobní dokumentaci. Moje úloha byla na základě dokumentace ověřovat část 10.6 Vestavba spínacích přístrojů, 10.7 Vnitřní elektrické obvody a spoje a 10.8 Svorky pro vnější vodiče.

4.3.6 První fáze ověření návrhu

Jelikož neexistuje žádný stanovený vzor ověření návrhu, vytvořili jsme si, podle požadavků normy, tabulky, do kterých jsme zapisovali, zda dané ověření splnilo, nebo nespĺnilo kritéria ověření. Při ověřování mnou konkrétních částí jsem využíval především výrobní dokumentaci. Jako první je nutné uvést rozměry rozvaděče a vlastnosti s tím spojené.

Rozměry rozvaděče	
Šířka [mm]	600
Výška [mm]	600
Hloubka [mm]	350
Celková hmotnost [kg]	-
Třídění EMC dle prostředí	1
Stupeň znečištění	2
Speciální provozní podmínky	žádné

Tab. 7 Vstupní data o rozvaděči

Rozměry jsou samozřejmě základem pro veškerou práci. Hmotnost celého rozvaděče se od stolu obtížně odhaduje, proto jsem ji doplňoval po dokončení výroby, kdy se hotový rozvaděč zvážil pomocí speciální váhy. Jelikož se jednalo o rozvaděč pro průmyslové prostředí, zadal jsem EMC kategorii 1. Stupeň znečištění je založen na množství hygroskopického prachu, nebo plynů a na vlhkosti v rozvaděči.

Stupeň 1	žádné znečištění, pouze sucho
Stupeň 2	výskyt nevodivého znečištění, musí se počítat s kondenzací
Stupeň 3	výskyt vodivého znečištění, vznik vodivosti vlivem kondenzace
Stupeň 4	znečištění vytváří trvalou vodivost, vliv např. deště

Tab. 8 Rozdělení stupně ochrany [13]

Jelikož byl tento rozvaděč určen pro klasické průmyslové podmínky, nebyly zde žádné speciální provozní podmínky.

Poté jsem doplňoval požadované napěťové a proudové hodnoty pro napájení a další distribuce.

Požadované / zadané hodnoty	
Jmenovité napětí U_n [V]	400
Jmenovité pracovní napětí U_e [V]	400
Jmenovité izolační napětí U_i [V]	600
Jmenovité impulzní výdržné napětí U_{imp} [kV]	2,5
Jmenovitý proud rozváděče I_n [A]	15
Jmenovitý proud obvodu I_{nc} [A] (max. 110A)	5
Jmenovitý dynamický proud I_{pk} [kA]	20
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud I_{cw} [A]	15
Jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{cc} [kA]	10
Součinitel soudobosti rozváděče RDF [-]	0,5
Jmenovitá frekvence f_n [Hz]	50
Typ sítě	TN-S

Tab. 9 Požadované / zadané hodnoty

Údaje uvedené v Tab. 9 jsou vstupními informacemi o napěťových a proudových hodnotách, se kterými připojený rozvaděč operuje. Musejí být jasně známé hranice obou veličin.

Jmenovité napětí – musí být přinejmenším rovno jmenovitému pracovnímu napětí soustavy [14]

Jmenovité pracovní napětí – napětí kteréhokoli obvodu nesmí překročit jmenovité napětí [14]

Jmenovité izolační napětí – jeho hodnota nesmí být menší než U_n nebo U_e a zároveň se podle něj určuje dielektrické zkušební napětí a posuzují povrchové cesty. [14]

Jmenovité impulzní výdržné napětí – musí převyšovat hodnotu přechodného přepětí v soustavě [14]

Jmenovitý proud rozváděče – hodnota proudu, který může daný obvod dále rozvádět bez nadměrného oteplení [14]

Jmenovitý dynamický proud – jeho maximální hodnota musí být větší než maximální hodnota zkratového proudu [14]

Jmenovitý krátkodobý výdržný proud – musí být větší než hodnota zkratového proudu I_{cn} v místě připojení napájení [14]

Jmenovitý podmíněný zkratový proud – jeho maximální hodnota musí být větší než efektivní hodnota zkratového proudu po dobu provozu zařízení chránícího před zkratem [14]

Součinitel soudobosti rozváděče – poměrná velikost jmenovitého proudu, kterou mohou být vývodní obvody trvale a současně zatěžovány [14]

Všechny tyto vstupní informace jsou v dokumentaci uvedeny, nebo jsou na jejím základě zjistitelné.

Dále se doplňují údaje o předřazeném jištění. Nejde o nic jiného, než že jsem ve schématu našel, jaké je použito jištění na vstupu. Přitom mě zajímal jmenovitý proud pojistky a její vypínací charakteristika.

Předřazené jištění	
Jmenovitý proud pojistky I_n [A]	10
Charakteristika pojistky	C

Tab. 10 Předřazené jištění

Poslední částí, kterou jsem doplňoval v této fázi ověření, jsou údaje, které souvisejí s bezpečím.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem	
Základní ochrana	Přepážky nebo skříně
Ochrana při poruše	Automatickým odpojením
Stupeň ochrany IP	IP 54
Ochrana před mechanickými rázy IK	IK 01
Typ konstrukce	Pevné části
Prostředí instalace	Vnitřní prostory
Způsob instalace	Stabilní
Pro používání	Osoba poučená
Druh zařízení jisticího před zkratem	Jiné

Tab. 11 Údaje související s ochranou před elektrickým proudem

Základní ochrana je jasná. Ověřuje se, jaká je použita metoda a opatření před úrazem elektrickým proudem. Zvolené opatření je v tomto případě možno vidět v Tab. 11. Další metody mohou být např. ochrana izolací živých částí, ochrana zábranou atd. Ochrana při poruše je také sebevysvětlující. Podle dokumentace jsem zjišťoval, zda skříň obsahuje jisticí prvky, které v případě poruchy vybaví. Stupeň ochrany jsem definoval podle použitých prvků. Ochrana před mechanickými rázy se zjišťuje z katalogu daného prvku.

IK kód	1K00	1K01	1K02	1K03	1K04	1K05	1K06	1K07	1K08	1K09	1K10
Energie nárazu [J]	*	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
*	nechráněno										

Tab. 12 Stanovení nárazu [15]

Prostředí instalace popisuje umístění rozvaděče. V případě průmyslových rozvaděčů se předpokládá, že s nimi bude manipulovat pouze osoba poučená. Nicméně tento údaj musí být taky zanesen.

4.3.7 Část 10.6 Vestavba spínacích přístrojů

V této fázi se kontrolují přístroje a součásti umísťované do rozvaděče. Řeší konkrétnosti v komplexní oblasti instalovaného materiálu. Jednotlivé body kontroly jsou rozděleny do několika tabulek s jasně definovanými popisy kontroly. Ověření jsem prováděl za pomoci výrobní dokumentace i samotného vizuálního a mechanického zkontrolování rozvaděče. Tímto se dvojnásobně ztvrdí věrohodnost ověření. Pokud jsem daný bod ověření zkontroloval, zapsal jsem do tabulky zkratku OK.

Pevné části (pevně smontované části přístrojů)			
Demontáž možná pouze s použitím nástroje	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných pevných částí	ověřeno	OK	

Tab. 13 Pevné části

Odnímatelné části			
Bezpečné odpojení od hlavního obvodu	ověřeno	OK	
Nemožné vyjmutí pod zátěží	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných částí	ověřeno	OK	

Tab. 14 Odnímatelné části

Volba spínacích přístrojů a součástí			
Spínací přístroje a součásti odpovídají příslušným normám	ověřeno	OK	
Dimenzování přístrojů a součástí	ověřeno	OK	
Zkratová odolnost a selektivita (koordinace jisticích prvků)	ověřeno	OK	
Koordinace spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	

Tab. 15 Volba spínacích přístrojů a součástí

Instalace			
Instalace odpovídá pokynům od výrobce přístrojů	ověřeno	OK	
Instalace odpovídá pokynům výrobce skříně (jsou-li zadány)	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	

Tab. 16 Instalace

Přístupnost			
Snadná přístupnost zařízení pro nastavování	ověřeno	OK	
Přístupnost pro údržbu	ověřeno	OK	
Správné umístění svorek	ověřeno	OK	
Zobrazovací prvky mezi 0,2 a 2,2 m nad základnou rozvaděče	ověřeno	OK	
Ovládací zařízení mezi 0,2 a 2,2 m nad základnou rozvaděče	ověřeno	OK	
Ovladače pro nouzové vypnutí mezi 0,8 a 1,6 m nad základem rozvaděče	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	

Tab. 17 Přístupnost

Přepážky			
Bezpečné zakrytí ručně spínaných přístrojů	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných přepážek	ověřeno	OK	

Tab. 18 Přepážky

Směr činnosti a indikace poloh spínání			
Jasná identifikace poloh spínání pro spínací přístroje a součásti	ověřeno	OK	
Jasná identifikace směru činnosti	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	

Tab. 19 Směr činnosti a indikace poloh snímání

Signální žárovky a tlačítka			
Barvy souhlasí s IEC 60073	ověřeno	OK	
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK	
Vizuální prohlídka vestavěných spínacích přístrojů a součástí	ověřeno	OK	

Tab. 20 Signální žárovky a tlačítka

Jak již bylo zmíněno. Nejprve jsem vše ověřil podle výrobní dokumentace. Po vyrobení rozvaděče jsem znovu prošel každý bod ověření i s vizuální a mechanickou kontrolou. Podle popsání bodu jsem volil metodu, s jakou jsem daný bod ověřil.

4.3.8 Část 10.7 Vnitřní elektrické obvody a spoje

V této části ověřuji vnitřní propojení proudových obvodů. Jedná se o hlavní a pomocné obvody.

Hlavní obvody					
Požadovaná zkratová odolnost	10	kA	skutečná		kA
Provedení dle zadání výrobce				ověřeno	OK
Požadované dimenzování nulového vodiče	-	mm ²	skutečné	-	mm ²
Požadované dimenzování PEN vodiče	-	mm ²	skutečné	-	mm ²
Požadované dimenzování PE vodiče	-	mm ²	skutečné		mm ²
Souhlasí s technickou dokumentací				ověřeno	OK

Tab. 21 Hlavní obvody

V případě zkratové odolnosti do 10kA není nutné provádět zkoušku. V naprosté většině mnou ověřovaných případů se jednalo právě o rozvaděče se zkratovou odolností do 10kA. Relevantní údaj, který se uvádí pro požadované dimenzování vodičů, je průřez. Ten se vždy uvede k použitému typu.

Pomocné obvody		
Ochrana proti zkratu přístrojem (pojistka, jistič)	ověřeno	OK
Volba průřezu vodičů	ověřeno	OK
Souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK

Tab. 22 Pomocné obvody

V případě pomocných obvodů jsem kontroloval volbu použitého přístroje sloužícího k jistění proti zkratu. Zároveň je nutné ověřit průřez vodiče k tomuto přístroji a všech vodičů použitých v pomocných obvodech.

Holé a izolované vodiče			
Izolace splňuje jmenovité izolační napětí U_i	ověřeno	OK	
Pevnost šroubů a svorek	ověřeno	OK	
(Ověření utahovacích momentů dle montážních návodů, např. přístrojů, svorek, spojů, atd.)	ověřeno	OK	
Vizuální kontrola šroubových a svorných spojů	ověřeno	OK	

Tab. 23 Holé a izolované vodiče

Kontroloval jsem uchycení všech svorek na montážním panelu. I když kontrolu utahovacích momentů provádí teamleader před tím, než jde rozvaděč na zkušebnu, namátkou jsem vždy vybral sérii šroubů, které jsem ověřil. Po následné proceduře následovala vizuální kontrola všech šroubů a svorek s připojenými vodiči.

Značení vodičů v hlavních a pomocných obvodech		
Dle údajů ve schématech zapojení	ověřeno	OK

Tab. 24 Značení vodičů v hlavních a pomocných obvodech

U značení vodičů v hlavních a pomocných obvodech jsem kontroloval dokumentaci, zda je vše adekvátně označeno a popsáno.

Značení ochranného a nulového vodiče v hlavních obvodech			
	Značení ochranného vodiče (popis nebo barva)	ověřeno	OK
	Značení nulového vodiče (popis nebo barva)	ověřeno	OK

Tab. 25 Značení ochranného a nulového vodiče v hlavních obvodech

4.3.9 Část 10.8 Svorky pro vnější vodiče

V této části se kontrolují vnější svorky. Tato kontrola je, z těch, které jsem prováděl, nejméně časově náročná. Pouze se podle dokumentace ověří dostatečný počet svorek, jejich správný typ pro použité vodiče a jejich označení. Označena musí každá svorka a svorkovnice. Po výrobě jsem prováděl vizuální prohlídku všech svorek.

Rozváděč nn			
	Dostatečný počet svorek	ověřeno	OK
	Výběr průřezu vodičů	ověřeno	OK
	Dostatečné dimenzování svěrného prostoru svorek	ověřeno	OK
	Kabelové vývodky připraveny/je s nimi počítáno	ověřeno	OK
	Označení svorek souhlasí s technickou dokumentací	ověřeno	OK
	Vizuální prohlídka svorek pro vnější vodiče	ověřeno	OK

Tab. 26 Ověření svorek v rozvaděči

4.3.10 Poznátky

Kontrolu jednotlivých bodů lze provádět na základě prohlídky vyrobeného rozvaděče nebo prohlídkou konstrukční dokumentace. Já jsem pro jistotu volil obě metody. Dosáhl jsem tak jistoty, že vše je v pořádku. U každé části vyhotoveného ověření musí uvedeno číslo protokolu, datum a jméno člověka, který ověření provedl. Po většinu času plnění tohoto úkolu jsem pracoval se známým kolegou, který se procesu ověřování návrhu věnuje.

5 Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe

Během odborné praxe jsem využil spoustu cenných znalostí nabytých na VŠB – TU Ostrava.

U úkolů které jsem plnil, jsem se pravidelně setkával s elektrotechnickými přístroji a prvky. Proto jsem využíval získaných znalostí co do principu funkce každého přístroje a prvku. V tomto případě jsem nejvíce zúročil znalosti získané z předmětů Elektronika, Mechatronické systémy, Výkonové polovodičové systémy I, Principy zařízení komerční elektroniky.

Jelikož jsem pracoval s vnitřními systémy rozvaděče, potřeboval jsem znát typy a vlastnosti sítí, ke kterým může být připojen. Zde jsem nejvíce využil znalosti z předmětu Energetika.

Každodenně jsem však pracoval s technickou dokumentací a schémata. Ve všech technických předmětech, které jsem ve škole měl, je nutné se ve schématech orientovat. Po několika dnech zvykání si na dokumentace, které se ve firmě používají, tak nebyl žádný problém s adaptací a přizpůsobením se firemním standardům.

6 Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe

Celkovou scházející dovedností bych nazval nedostatek zkušeností. Obecně si myslím, že jsem se vypořádal se všemi zadanými úkoly. Jen bylo důležité nastudovat daný problém. To samozřejmě ubíralo časové dispozice. Osobně si troufám říci, že bych se po všech splněných úkolech a nasbíranými zkušenostmi mohl stát plnohodnotným zaměstnancem.

Pro mě asi největší devízou byla předchozí nezkušenost při práci v softwaru ePlan. Tento projektový program je obrovskou pomůckou, avšak jeho velké množství funkcí požaduje určitou praxi při používání. S přibývajícimi projekty jsem zkušenostní deficit postupně odstraňoval.

Pokud bych měl pojmenovat spíše scházející znalost než dovednost, určitě bych zmínil jazykovou vybavenost. Jelikož jsem realizoval zakázky i pro zahraniční zákazníky, nebylo nic neobvyklého, když byla kompletní dokumentace v cizím jazyce. Pokud šlo o anglický jazyk, tak to nebylo zase tak velkým problémem. Ale pracoval jsem i s německou či ruskou dokumentací. Pokud v ní bylo něco nejasného, nejjednodušším řešením bylo problém vyřešit telefonicky. Většinou byli všichni ochotni komunikovat v angličtině. Může se ale stát, že ne vždy to bude možné. Proto se budu chtít zdokonalit i v jiném světovém jazyku, než je ten anglický.

7 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Během své praxe jsem tvořil i cenové nabídky pro zákazníky, nebo se podílel na tvorbě výsledné dokumentace. Na základě cenové nabídky se rozhodovalo, zda od zákazníka dostaneme objednávku na nový projekt. Součástí vytvořené nabídky, nebo vypracování kompletní dokumentace, jsou i jednotlivé dílčí úkoly, které jsem plnil, a které jsou popsány v této práci.

Cenová nabídka je vytvořena podle dokumentace od zákazníka. Jako junior vedoucí projektu jsem musel zkontrolovat příchozí podklady, zda je vše správně nadimenzováno a v případě zakázky vyrobitelné. Co se týkalo neshod, nebo chybějících součástí, vnášel jsem do nabídky vlastní technickou invenci. To znamenalo, přidat určitý komponent, změnit typ kvůli proudovým hodnotám, navrhnout ventilační systém atd. Vše se souhlasem zákazníka. Právě navrhnutí ventilačního systému pro odvod ztrátového tepla je zpracováno jako jeden ze zadaných úkolů. Pokud bylo vše technicky vyřešeno, přicházela na řadu obchodní stránka. Vše se muselo nacenit, aby se zákazníkovi podala relevantní cenová informace. Během své praxe jsem získal pro firmu několik zakázek.

Pokud zákazník neměl přesně definované podklady a chtěl vytvořit cenou nabídku, vypracovali jsme na jeho přání kompletní výrobní dokumentaci. Výrobní dokumentace vytvořená u nás obsahuje schéma, kusovník materiálu a 3D model rozvaděče. Od 1. 11. 2014 pak dokumentaci u nás podrobujeme tvorbě ověření návrhu podle normy ČSN EN 61439. Úkolu tvorby 3D modelu a problematiky ověření návrhu podle normy ČSN EN 61439 se také věnuji ve vypracovaných úkolech.

I když jsem pracoval po většinu času v kanceláři, po splnění svých úkolů jsem se vždy snažil dovídat více o fungování výroby a ostatních částí firmy.

Závěrečným zhodnocením bych zmínil, že jsem velice rád, že jsem si vybral tuto formu bakalářské práce. Sám na sobě cítím, že je důležité spojit teorii z VŠB-TU Ostrava s praxí zaměřeného oboru. Myslím, že touto formou se mi to povedlo. Zároveň na sobě pozoruji, že jsem se dostal technicky zase o stupeň výše. Cenné zkušenosti a rady se mi určitě budou hodit do profesního života.

Literatura

- [1] O nás. *Bircher Process Control*. [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.bircher.cz/cz/O-nas>
- [2] Elektromagnetická kompatibilita. *Pilsfree*. [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: https://home.pilsfree.net/fantom/FEL/EMC/EMC_skripta.pdf
- [3] Základy elektromagnetické kompatibility. *Elektrorevue*. [online]. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00041/index.html>
- [4] Elektromagnetická kompatibilita. *Slideplayer*. [online]. [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2339046/>
- [5] Silná elektromagnetická pole. *Rittal* [online]. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.rittal.com/cz-cs/content/cs/support/technischeswissen/emvkonzept/intensiveemfelder/intensiveemfelder.jsp>
- [6] Elektromagnetické stínění. *Urel*. [online]. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/~drinovskyy/?download=BEMC_2010_P_05.pdf
- [7] Stupeň krytí. *Wikipedie*. [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Stupe%C5%88_kryt%C3%AD
- [8] Tepelné ztráty rozvaděčů. *Google*. [online] [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffeil.vsb.cz%2Fkat410%2Fstudium%2Fstudijni_materialy%2Fpez%2Fs_polecne%2FTepelne_zraty_rozvadecu.doc&ei=8yRBVfXbEcPwUuatgLAH&usg=AFQjCNGPMNDMPuotJW-J503Bo26bDx4HQg&bvm=bv.91665533,d.d24
- [9] Ventilátor s filtrem TopTherm. *Elektrika*. [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/rittal-nove-ventilatory-ebm-papst-pripojnicove-systemy-software-power-engineering-5-0-dobijeci-stanice-pro-elektromobily-1>
- [10] Výstupní mřížka. *Rittal*. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.rittal.com/cz-cs/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0168KLIMA1/PGR1953KLIMA1/PGR2010KLIMA1/PRO0301KLIMA1&productID=3238200>
- [11] ePlan Pro Panel. *ePlan*. [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.eplan.cz/cz/reseni/elektrotechnika/eplan-pro-panel/>

- [12] SCHELL, Michael. *Výroba rozváděčů podle nového souboru norem ČSN EN 61439¹*. Rittal Czech s. r. o., 2014, Praha, 91s.
- [13] Rozvaděče nn. *Elektrika*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupné z:
<http://elektrika.cz/data/clanky/typorioz2040303>
- [14] Rozvaděče pro distribuční soustavy. *Google*. [online]. [cit. 2015-4-25] Dostupné z:
http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCwQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.csvts.cz%2Fceny%2Fprezentace%2Frozvadece_nn%2Frozvadece_penda.ppt&ei=aC1HVY3FF4L1UOKXg6gL&usg=AFQjCNE_L0Fg1S5LrIHHJL_aB4J7n6qDQA&bvm=bv.92291466,d.d24
- [15] IK kód. *VŠB*. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z:
http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/TZB/IK_kod.pdf