



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

NÁVRH MĚŘICÍHO SYSTÉMU PRO MĚŘENÍ SPOTŘEBY A KVALITY ELEKTRICKÉ ENERGIE V AREÁLU FSI VUT V BRNĚ

DESIGN OF A SYSTEM FOR MEASURING THE CONSUMPTION AND QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY IN
THE BUILDINGS OF THE BUT CAMPUS IN BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zbyněk Holotík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Daniel

Janík

BRNO 2024



Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Zbyněk Holotík

ID: 230370

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Návrh měřicího systému pro měření spotřeby a kvality elektrické energie v areálu FSI VUT v Brně

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Rešerše vhodných systémů pro měření spotřeby a kvality elektrické energie s možností dálkového přístupu, kompatibilních s BMS systémem, používaným na VUT
2. Seznámení se s topologií a způsobem provedení rozvodů elektrické energie v areálu FSI VUT v Brně
3. Grafické zpracování topologie NN rozvodů elektrické energie v areálu FSI
4. Návrh vhodného měřicího systému pro monitoring spotřeby a kvality elektrické energie na základě provedené rešerše
5. Vypracování výkresové dokumentace navrženého řešení
6. Vypracování technické zprávy pro navržené řešení

DOPORUČENÁ LITERATURA:

doporučená literatura podle pokynů vedoucího závěrečné práce

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 29.5.2024

Vedoucí práce: Ing. Daniel Janík

prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řešení podružného měření spotřeby a kvality elektrické energie v budovách Fakulty strojního inženýrství na VUT v Brně, tak aby toto měření bylo kompatibilní s BMS systémem používaným na VUT. Podružné měření pomůže energetickému managementu fakulty a také celé univerzity. Dále se práce zabývá dokumentací a technickou zprávou k tomuto návrhu. Jako poslední bod je zmapování rozvodů nízkého napětí v areálu FSI.

Klíčová slova

Měřicí transformátor, Rozváděč, měření, kvalita elektrické energie, vzdálené měření, podružné měření, spotřeba elektrické energie, měřicí moduly, trafostanice, lokální sběrnice, systém měření, areál, kabelová trasa, kabel, přívod, napájení, vedení, vývod, jištění.

Abstract

This bachelor's thesis deals with the design of a secondary measurement solution for the consumption and quality of electrical energy in the buildings of the Faculty of Mechanical Engineering at BUT in Brno, so that this measurement is compatible with the BMS system used at BUT. Secondary measurement will help the energy management of the faculty and also the entire university. Furthermore, the work deals with the documentation and technical report for this proposal. The last point is the mapping of low voltage distributions in the FSI area.

Keywords

Measuring transformer, Switchboard, measurement, power quality, remote measurement, secondary measurement, power consumption, measurement modules, substation, local bus, measurement system, campus, cable route, cable, supply, power supply, line, outlet, fuse

Bibliografická citace

HOLOTÍK, Zbyněk. *Návrh měřicího systému pro měření spotřeby a kvality elektrické energie v areálu FSI VUT v Brně* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/158770>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Daniel Janík.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Zbyněk Holotík
VUT ID studenta:	230370
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2023/2024
Téma závěrečné práce:	Návrh měřicího systému pro měření spotřeby a kvality elektrické energie v areálu FSI VUT v Brně

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 29. května 2024

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Danielu Janíkovi, za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé Bakalářské práce.

V Brně dne: 29. května 2024

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK	9
ÚVOD	10
1. SYSTÉMY MĚŘENÍ	11
1.1 MĚŘENÍ SPOTŘEBY EL. ENERGIE V AREÁLU FSI	11
1.2 SYSTÉMY MĚŘENÍ VHODNÉ PRO FSI.....	11
1.2.1 <i>Shelly Pro 3EM</i>	12
1.2.2 <i>Monitor Zamel MEM-21</i>	15
1.2.3 <i>KMB systems</i>	17
2. TOPOLOGIE ELEKTROINSTALACE NA FSI	21
2.1 TOPOLOGIE NN ROZVODŮ BUDOVY A1	22
2.2 TOPOLOGIE NN ROZVODŮ BUDOV A2, KH2	22
2.3 TOPOLOGIE NN ROZVODŮ BUDOV A3, KH3.....	23
2.4 TOPOLOGIE NN ROZVODŮ BUDOVY A6.....	24
2.5 TOPOLOGIE NN ROZVODŮ OSTATNÍCH BUDOV FSI	24
2.6 KABELOVÉ VEDENÍ V AREÁLU FSI	24
3. NÁVRH PODRUŽNÉHO MĚŘENÍ	26
3.1 NÁVRH PODRUŽNÉHO MĚŘENÍ BUDOVY A1	30
3.1.1 <i>Návrh podružného měření v rozvaděči RH.A1</i>	30
3.1.2 <i>Návrh podružného měření v rozvaděči RM.03</i>	32
3.1.3 <i>Návrh podružného měření v rozvaděči RM.10</i>	33
3.1.4 <i>Návrh podružného měření v rozvaděči RM.19</i>	35
3.2 NÁVRH PODRUŽNÉHO MĚŘENÍ BUDOVY A2	36
3.3 NÁVRH PODRUŽNÉHO MĚŘENÍ BUDOVY A3	37
3.4 DOPORUČENÍ PRO AREÁLOVÉ MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE PŘI REKONSTRUKCI TRAFOSTANIC D1 A D4	39
4. ZÁVĚR	41
5. LITERATURA	42
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
SEZNAM PŘÍLOH	45

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Přístrojový transformátor proudu, pevné provedení [14]	12
Obrázek 2: Proudová měřicí sonda, pružné provedení [15]	12
Obrázek 3.: Ilustrační fotka systému Shelly [1]	14
Obrázek 4.: Základní schémata zapojení systému Shelly [16].....	14
Obrázek 5.: Schématický popis modulu Monitor Zamel MEM-21 [3].....	16
Obrázek 6.: Sestava měření Monitor Zamel MEM-21 [4]	16
Obrázek 7.: Měřicí transformátor s dělitelným jádrem na pásovinu [12]	17
Obrázek 8.: Rozměry pevného dělitelného transformátoru na kabel [12].....	18
Obrázek 9.: Rozměry pevného dělitelného transformátoru na pásovinu [12]	18
Obrázek 10.: Rozměry pružného transformátoru [13]	19
Obrázek 11.: Modul KMB BCPM 233 [11]	20
Obrázek 12.: Rozšiřující modul KMB EMI 12 [7]	20
Obrázek 13.: Plán budov areálu FSI [17].....	21
Obrázek 14.: Příklad zapojení modulu BCPM 233 [7]	26
Obrázek 15.: Ukázka zapojení komunikace RS 485 [7]	27
Obrázek 16.: Rozšiřující modul ELI 12 HALL [9]	29
Obrázek 17.: Rozšiřující modul EMI 12 FLEX [10]	29

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.: Specifikace Systému Shally Pro 3EM [2].....	13
Tabulka 2.: Technická specifikace systému Zamel [5]	15
Tabulka 3.: Přehled přístrojových transformátorů v rozvaděči RH.A1 [12] [13]	32
Tabulka 4.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozvaděč RM.03 [12]	33
Tabulka 5.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozvaděč RM.10 [12]	34
Tabulka 6.:Přehled přístrojových transformátorů pro rozvaděč RM.19 [12]	35
Tabulka 7.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozvaděč RH-A2 [12] [13].....	37
Tabulka 8.: Přehled měřících transformátorů pro rozvaděč RH-A3 [12] [13]	39

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá podružným měřením spotřeby a kvality elektrické energie. Podružné měření využívají především větší odběrová místa ať už komerční či soukromá. Díky podružnému měření je vlastník či provozovatel schopen určit, v jakých místech elektroinstalace je jaká spotřeba elektrické energie neboli kde je možné případně snížit nebo optimalizovat spotřebu elektrické a tak ušetřit. Je to nutný předpoklad k zavedení a využívání energetického managementu v rámci organizace.

Aktuální stav měření elektrické energie v rámci areálu Fakulty strojního inženýrství je zastaralý a pro účely energetického managementu nedostatečný. V současné době slouží toto měření pouze pro podružné poměrové přefakturování spotřeby elektrické energie v rámci jednoho odběrného místa v rámci kampusu VUT Pod palackého vrchem, protože z trafostanic v rámci areálu jsou napojeny kromě budov FSI i některé budovy Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií a budovy Centra sportovních aktivit. Dále měření slouží pro přehled spotřeby na úrovni jednotlivých budov, protože fakulta disponuje i výrazně energeticky náročnými provozy. Aktuálně používané zařízení pro měření spotřeby elektrické energie s dálkovým odečtem komunikuje prostřednictvím zastaralých technologií a již neexistuje softwarová podpora pro jeho efektivní využívání. Díky tomu není možné tento systém integrovat do aktuálně používaných celouniverzitních systémů pro řízení budov, a tedy není možné zde aplikovat nastavbu pro energetický management.

Nový systém, jehož návrhem se zabývá tato práce, by měl daleko podrobněji sledovat energetické toky v rámci pater jednotlivých budov a měl by dát solidní základ k následnému vyhodnocování a optimalizaci spotřeby elektrické energie. V dnešní době je kladen důraz i na kvalitu dodávané energie, proto návrh systému zohledňuje i tento aspekt.

Prvním cílem práce bylo obeznámení s vhodnými systémy měření spotřeby a kvality elektrické energie. Hlavními parametry pro systém měření byli komunikační rozhraní, jednoduchá instalace a kompatibilita se systémy na VUT. Na základě těchto parametrů byla sepsána rešerše v první kapitole.

Seznámení s topologií a provedením rozvodů elektrické energie byl druhý cíl práce. Na základě informací z dostupných výkresů je topologie FSI popsána v kapitole druhé. Ta se zabývá jak rozvody v budovách areálu tak i kabelovým vedením mezi budovami. Dalším cílem práce bylo grafické zpracování těchto kabelových tras, které je vypracováno v příloze F.

Nejdůležitějším cílem práce byl návrh měření spotřeby a kvality elektrické energie na základě rešerše z první kapitoly. Popis návrhu je zpracován v kapitole třetí. Zde je blíže popsán vybraný systém měření a jeho složení. Grafické zpracování návrhu je v přílohách A-E. Stejně tak vypracovaná technická zpráva pro navržené řešení je v příloze G.

1. SYSTÉMY MĚŘENÍ

Měření spotřeby a kvality elektrické energie je nezbytnou součástí každé elektroinstalace. Základním účelem měření spotřeby je fakturace. Zpravidla se jedná o elektroměr přiřazený danému odběrnému místu distributorem elektrické energie.

Další měření, často nazývané jako podružné, není z pohledu distributora nutné. Má informativní účel. Provozovatel dané elektroinstalace provádí podružné měření ze své vlastní iniciativy. Ať už se jedná o pouhou zvědavost, například kde v areálu jsou největší odběry, měření specifického zařízení nebo technologie, nebo jde o fakturační měření nájemních prostor.

1.1 Měření spotřeby el. energie v areálu FSI

V případě areálu FSI jde o dodatečné, podružné měření za účelem zmapovat energetické toky v rámci areálu. Stávající měření mapuje pouze odběry v jednotlivých budovách, pro přesnější mapování je potřeba měřit odběry uvnitř budov.

V areálu FSI je 17 budov, některé jsou pouze chodbami a spojnicemi, v některých budovách se nacházejí dílny a laboratoře se speciálním, elektricky náročným vybavením. A posledním druhem budov jsou učebny, posluchárny. Samozřejmě jsou i budovy, ve kterých se nachází i laboratoře i učebny. Budovy jsou mnohdy rozsáhlé, a proto je nedostatečné měřit spotřebu pouze budovy, jakož to celku.

1.2 Systémy měření vhodné pro FSI

Pro výběr vhodného systému podružného měření kvality a spotřeby elektrické energie v areálu FSI existuje několik jasných kritérií, která musí být zohledněna. Jedním z nejdůležitějších, kromě přijatelné ceny, je kompatibilita s BMS systémem používaným na VUT. K této kompatibilitě je zapotřebí komunikační rozhraní, ideálními komunikačními sběrnici je BACnet, Modbus TCP nebo Modbus RTU.

Další kritérium je už zmíněná cena, ta hraje roli v každém investičním projektu. Cena systému měření úzce souvisí s kvalitou a přesností měření, proto je nutné volit kompromisy. Systém, který bude mít největší přesnost měření, bude za zbytečně vysokou cenu, obzvláště v případě FSI, kde je tento systém pouze k informativním účelům.

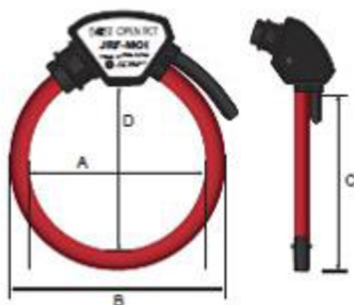
Cena a přesnost se mění nejen v závislosti na vybraném systému, ale i na vybraných komponentech v rámci jednoho systému. Jedná se například o měřicí senzory, v případě požadovaného systému jde o měřicí transformátory proudu. Tyto transformátory mají různá provedení, to má vliv jak na cenu, tak na přesnost měření.

Pro tuto práci jsou nejdůležitější dvě provedení měřicích transformátorů a to pružné nebo pevné provedení s dělitelným jádrem. V případě pružného provedení se jedná

o snímač případně nazývaný jako měřicí sonda nebo flexibilní snímač. Obě varianty jsou prováděny i s nedělitelným jádrem, to však není vhodné pro instalaci na FSI, kde je potřeba instalovat snímače na stávající kabeláž bez výrazných zásahů do elektroinstalace. Na obrázku 1. je vidět pevné provedení, na obrázku 2. je ukázka pružného provedení s dělitelným jádrem.



Obrázek 1: Přístrojový transformátor proudu, pevné provedení [14]



Obrázek 2: Proudová měřicí sonda, pružné provedení [15]

Při porovnání obou variant je patrné, že tyto snímače nejsou zcela zaměnitelné. Pružné provedení je lépe použitelné v případě velkých průřezů nebo v případě vícenásobného vedení, kdy je schopno pojmout více vodičů najednou. Naopak pevné provedení se více hodí do menších prostor.

Na trhu lze najít spousta systémů splňujících výše uvedená základní kritéria. Mezi nimi jsou jisté rozdíly, které nepatří k primárním kritériím, ale i tak je lze zohlednit a mohou velmi ovlivnit výběr systému. Některé z možných systémů jsou rozebrány v následujících podkapitolách.

1.2.1 Shelly Pro 3EM

Prvním vybraným systémem je Shelly Pro 3EM, jde o třífázový elektroměr s montáží na DIN lištu. K tomuto jednoduchému modulu lze připojit tři proudové transformátory prodávané přímo ve funkční sadě. Sady tohoto systému jsou

odstupňovány podle maximálních hodnot proudu a to 50, 120 a 400 A. Komunikace je možná jak přes LAN kabel tak přes WIFI i Bluetooth. [1]

Systém Shelly Pro 3EM umožňuje čtyř kvadrantové měření. To umožňuje měřit jak energii spotřebovanou, tak energii vyrobenou, například fotovoltaickou elektrárnou. Třída přesnosti je B což odpovídá přesnosti měření $\pm 1\%$ v rozmezí 2 – 120 A u menších proudů odchylka stoupá (uvedené hodnoty jsou pro sadu s maximálním proudem 120 A). Tento systém také nabízí funkci skriptování což umožňuje rozšíření o další funkce. Dále je Shelly Pro 3EM kompatibilní s asistenty jako je Alexa, Google home, i se systémy android a iOS. [2]

Další specifikace pro sadu s maximálním proudem 120 A jsou uvedeny v tabulce 1.

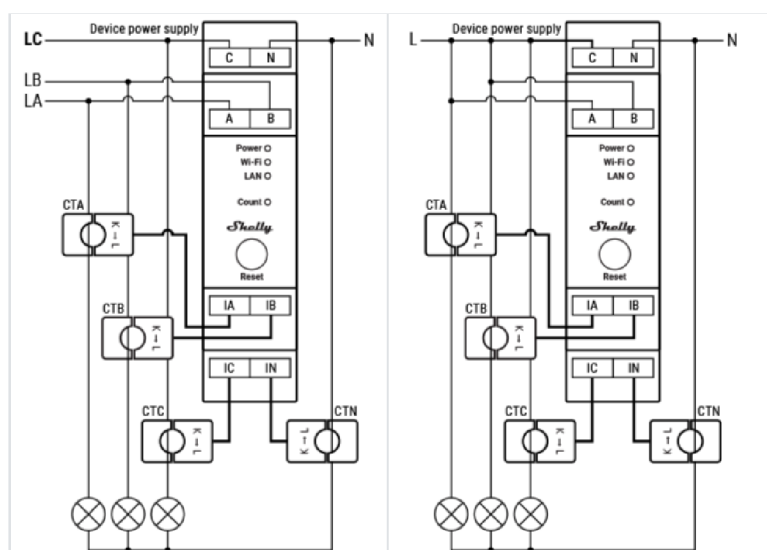
Tabulka 1.: Specifikace Systému Shelly Pro 3EM [2]

Proudový:	3 x CT120
Transformátor Rozměry (VxŠxH):	94x19x69 $\pm 0,5$ mm
Hmotnost:	62 ± 1 g
Upevnění:	Lišta DIN
Šroubové svorky:	max. krouticí moment: 0,4 Nm
Délka odizolovaného vodiče:	6 až 7 mm
Materiál pláště:	plast
Napájecí napětí AC:	110 - 240 V, 50/60 Hz
Spotřeba energie:	< 3 W
Snímač teploty:	Ano
Voltmetry (RMS pro každou fázi):	100 - 260 V
Přesnost voltmetrů:	$\pm 1\%$
Ampérmetry (RMS přes CT pro každou fázi):	0 - 120 A
Okolní teplota:	-20 °C až 40 °C / -5 °F až 105 °F
Vlhkost:	30 % až 70 % relativní vlhkosti
Maximální nadmořská výška:	2000 m / 6562 ft
Přesnost ampérmetrů:	$\pm 1\%$ (2 - 120 A), $\pm 2\%$ (1 - 2 A), $\pm 5\%$ (0 - 1 A).
Měřiče výkonu a energie:	Činný a zdánlivý výkon; činná a zdánlivá energie; účinník; základní činná a základní jalová energie
Ukládání naměřených dat:	Nejméně 60 dní s rozlišením dat 1 min.
Export dat:	CSV pro zaznamenané hodnoty PQ, export ve formátu JSON prostřednictvím RPC

Tento systém umožňuje třífázové měření prostřednictvím jednoho modulu na DIN lištu. Tato varianta není příliš vhodná pro rozsáhlejší měření. Každý modul by potřeboval samostatnou datovou zásuvku, což zvyšuje náklady na celý systém měření. Další nespornou nevýhodou je, že systém je pouze se třemi maximálními proudy a nelze koupit samotný modul bez měřicích transformátorů. Samotné transformátory jsou jen v pevném provedení, což znamená, že místa s vícenásobným vedením jsou tímto systémem prakticky neměřitelné nebo by se snížila přesnost měření. Na obrázku 3. je ilustrační fotka měřicího modulu i s transformátory. Na obrázku 4. jsou znázorněna dvě základní schémata zapojení. V levé části je příklad třífázového zapojení, v pravé části je zapojení jednofázové.



Obrázek 3.: Ilustrační fotka systému Shelly [1]



Obrázek 4.: Základní schémata zapojení systému Shelly [16]

1.2.2 Monitor Zamel MEM-21

Jde o systém určený pro montáž na DIN lištu. Monitor Zamel MEM-21 je určen k měření energií, napětí, proudu a výkonu a to na třech fázích. Komunikace je zde možná pouze pomocí bezdrátového internetového připojení. Tato možnost není uvažovaná v předběžných návrzích v kapitole 1.2 Systémy měření vhodné pro FSI, přesto je tato možnost vcelku jednoduše proveditelná díky plošné síti WIFI, která pokrývá téměř celý areál FSI, ale je preferovaná varianta komunikace prostřednictvím datových kabelů. [3]

Stejně jako systém Shally je i tento systém schopný měřit jak spotřebovanou, tak vyrobenou elektřinu. V případě FSI je toto vhodné díky FVE, která se zde nachází. Veškerá naměřená data lze archivovat v cloudu a exportovat je ve formátu vhodném pro aplikaci Exel. Pro fungování je nutný ovladač EFC-01 s aktivní službou Extra life cloud. Což znamená potřebu následných výdajů pro aktivaci této služby. V poměru k celé investici to jistě není nijak závratná část, ovšem není vhodné ji opomenout. [4]

Některé další specifikace se nacházejí v tabulce 2.

Tabulka 2.: Technická specifikace systému Zamel [5]

Snímače:	3 CT 100 A / 33,3 mA
Rozměry (VxŠxH):	90 x 35 x 66 mm
Hmotnost:	40 g
Upevnění:	Lišta DIN
Materiál pláště:	plast
Napájecí napětí AC:	3 x 230 V / 400 V
Napájecí svorky	L1, L2, L3, N
Frekvence napájecího napětí:	50 / 60 Hz
Spotřeba energie:	1,5 W
Míra krytí:	IP20
Voltmetry (RMS pro každou fázi):	100 - 260 V
Ampérmetry (RMS přes CT pro každou fázi):	0 - 100 A
Okolní teplota:	-10 °C až 55 °C
Měřiče výkonu a energie:	Činný a zdánlivý výkon
Přenos dat:	Pásmo ISM 868 MHz
Export dat:	Formát xls.

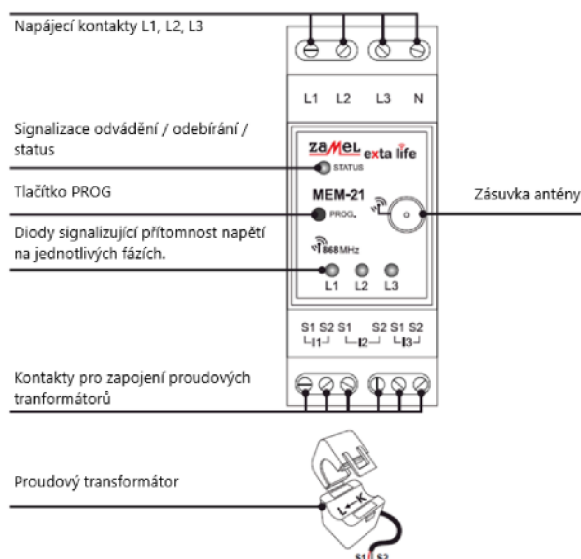
Výhodou tohoto systému, na rozdíl od předchozího, je uvádění převodu měřicích transformátorů, tento převod je z tabulky 2. 100 A/333 mA. To umožňuje teoreticky nahradit tyto transformátory podle potřebného maximálního proudu. Záměna

transformátorů jde pouze teoreticky, protože vyhodnocovací jednotka je přímo v sestavě s určitými transformátory, není vhodné je vyměnit za větší, je však možné vyměnit pevné provedení za pružné. Co se týče velikosti vodiče, nabízí se větší variabilita. Naopak menší variabilita je způsobena pouze jednou možností maximálního proudu. [3]

Na obrázku 5. je fotografie sestavy Monitor Zamel MEM-21 skládající se z měřicího modulu s SMA anténou a tří měřicích transformátorů proudu. Na obrázku 6. je schématický popis měřicího modulu.



Obrázek 6.: Sestava měření Monitor Zamel MEM-21 [4]



Obrázek 5.: Schématický popis modulu Monitor Zamel MEM-21 [3]

1.2.3 KMB systems

Firma KMB systems nabízí širokou škálu měřicích modulů. Jednotlivé měřicí moduly jsou propojitelné a tím je možno navyšování měřicích vstupů. Jeden hlavní modul může být propojen s několika rozšiřujícími. Hlavní modul má nejčastěji čtyři třífázové měřicí vstupy. Rozšiřující moduly mohou rozšířit měřicí soupravu o dalších 16 třífázových vstupů. Kombinace několika takových modulů dává opravdu širokou možnost měření. Moduly jsou prodávány samostatně bez měřicích transformátorů, díky tomu je možnost vybrat vhodný měřicí transformátor pro daný nominální proud. [6]

KMB systems nabízí transformátory, jak pevné, tak pružné s dělitelným jádrem. Nabízí i transformátory s nedělitelným jádrem, to však není pro účely tohoto návrhu vhodné, jelikož pro použití na FSI jsou daleko vhodnější ty s jádrem dělitelným. [6]

Pevné provedení měřicích transformátorů od KMB systems má dva druhy. Prvním z nich je připojení na drát, podobný už byl ukázán na obrázku 1. Druhý je upraven speciálně k připojení na pásovinu. Tento speciálně upravený druh je vidět na obrázku 7. na první pohled je zřejmá protáhlost samotného transformátoru, dále si můžeme povšimnout, že se jádro nedělí v polovině, jako je tomu při provedení na kabel, ale na konci obdélníkového otvoru. Díky tomu se lépe navléká na dlouhou a úzkou pásovinu. [6]

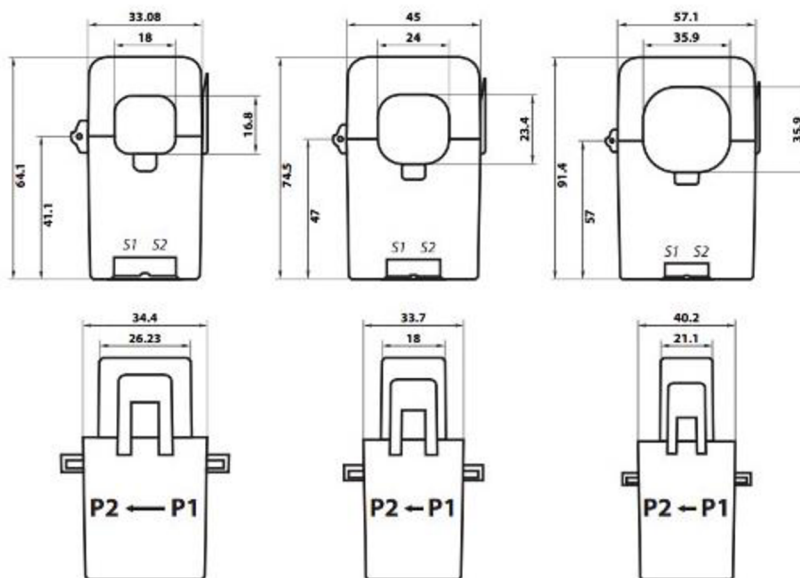


Obrázek 7.: Měřicí transformátor s dělitelným jádrem na pásovinu [12]

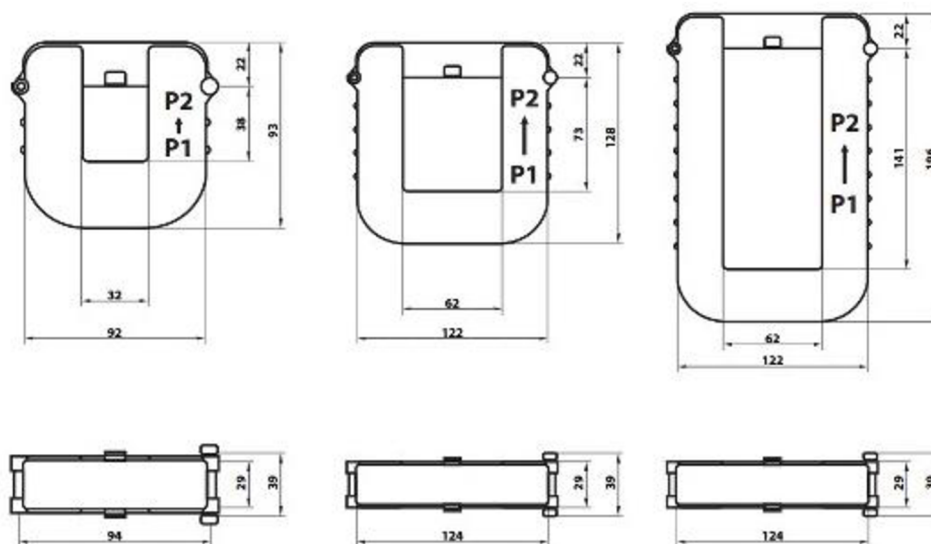
Kromě rozdílu ve stavbě transformátu je rozdíl také v řadě jmenovitých proudů. Pásovinami protéká téměř vždy větší proud než kabelem, proto jsou transformátory

na pásoviny dimenzované na větší měřené proudy. Řada jmenovitých proudů u transformátorů na kabel začíná velmi nízko a to již v jednotkách ampérů a končí s hodnotou 600 A. Naproti tomu transformátory na pásoviny začínají svou řadu na 250 A a končí s číslem 2 400 A. [6]

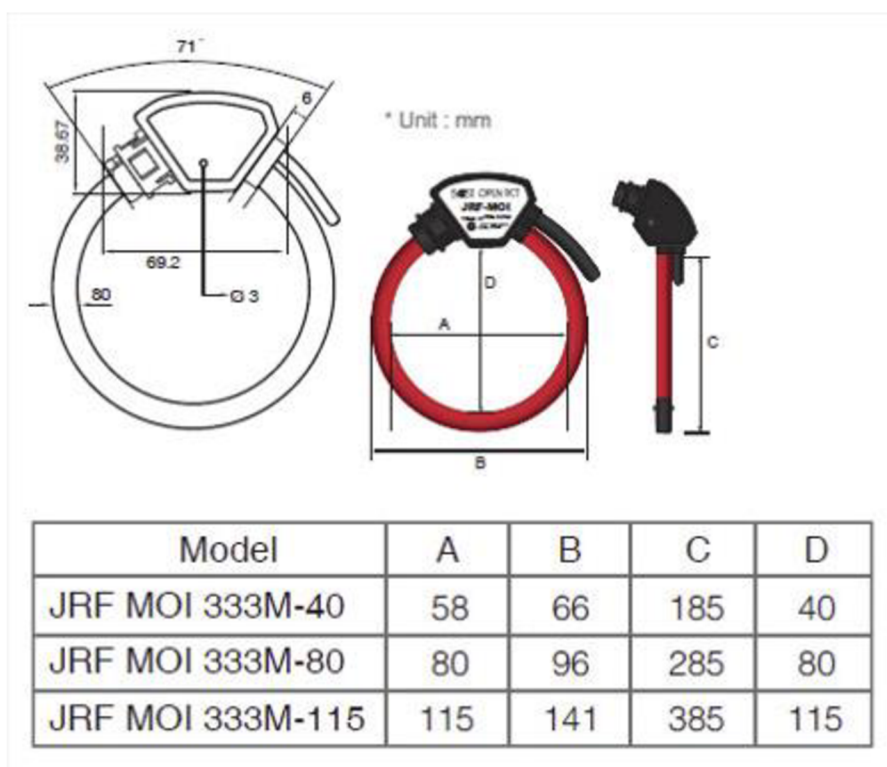
Pružné transformátory nazývané také Rogovského sondy. Mají zdaleka nejširší řadu nominálních proudů. Jejich řada jde od 100 A až po 6 000 A. Stejně jako obě pevná provedení tak i pružné provedení od KMB systems jsou k dostání ve třech rozměrech. Tyto rozměry jsou na obrázcích 8., 9. a 10. [6]



Obrázek 8.: Rozměry pevného dělitelného transformátoru na kabel [12]



Obrázek 9.: Rozměry pevného dělitelného transformátoru na pásovinu [12]



Obrázek 10.: Rozměry pružného transformátoru [13]

Moduly jsou nabízeny jako měřicí či analyzační. Jak měřicí tak analyzační moduly jsou v různých provedeních a s různými třídami. Základními provedeními jsou, provedení panelové do dveří rozváděče a provedení na DIN lištu. Analyzátoři a měřicí přístroje do panelu obsahují nejčastěji LCD displej pro okamžité zobrazení zvolených naměřených hodnot. Tato varianta je výhodná pro obsluhu v místě daného rozváděče. Pro takovou obsluhu odpadá potřeba jakéhokoli dalšího přístroje, který by po připojení zobrazoval naměřené hodnoty, dokonce jsou hodnoty vidět bez potřeby otevřít rozváděč. Zobrazování hodnot na zavřeném rozváděči může být i bezpečnostní výhodou. [6]

I některé analyzátoři na DIN lištu nabízejí zobrazení na displeji, v takovém případě je však zapotřebí otevřít dveře rozváděče, což může v případě nezakrytovaného rozváděče znamenat bezpečnostní riziko. Na FSI jsou veškeré odečty plánovány vzdáleně. To znamená, že u modulů není vyžadován displej. Vzdálený odečet nabízí i provedení na dveře, to však znamená složitější montáž. Pro rozsáhlá měření jako je plánované na FSI, je tedy vhodnější provedení na DIN lištu. Varianta modulů bez displeje rozšiřuje škálu možností a snižuje cenu modulu, na což je také potřeba brát zřetel, jelikož cena je atributem pro výběr systému. [6]

Mezi moduly energetického managementu lze najít vícekanálový analyzátor BCPM 233. Kromě elektroměru třídy 0.2S jde o certifikovaný analyzátor kvality energie třídy A. Tento modul umožňuje měřit dvanáct jednofázových případně čtyři třífázové

vývody. Mimo to lze připojit přes lokální sběrnici až další čtyři rozšiřující moduly EMI 12. Rozšiřující moduly mají dvanáct jednofázových měření, neboli další čtyři třífázové vstupy. [7]

Modul BCPM 233 má velikost devíti standardních modulů což není málo, ovšem s uvážením všech vlastností modulu nejde o neúměrnou velikost. Modul je schopen měřit standardní elektrické parametry, například frekvenci, napětí jak síťové tak fázové, činné a jalové výkony, proudy, účinníky. Je také schopen měřit nesymetrie až 128 harmonických a celkové harmonické zkreslení, mimo jiné. Pro místní sběr dat a konfiguraci má tento modul USB port. Vzdálenou správu umožňuje sériové a ethernetové rozhraní prostřednictvím aplikace ENVIS. Jedná se o velmi užitečný modul, který je vidět na obrázku 11. Rozšiřující moduly EMI 12 mají velikost tří standardních modulů ten je na obrázku 12. [7]



Obrázek 11.: Modul KMB BCPM 233 [11]



Obrázek 12.: Rozšiřující modul KMB EMI 12 [7]

2. TOPOLOGIE ELEKTROINSTALACE NA FSI

Elektrické rozvody v areálu FSI jsou řešeny kabelovým vedením. V každé budově je jeden hlavní rozváděč. Další dělení rozvodů se liší podle počtu podlaží a účelu místností. Celý areál má několik budov, budovy jsou označeny písmenem a číslem. Základních budov označených na obrázku 13. je devatenáct.



Obrázek 13.: Plán budov areálu FSI [17]

Z toho v budovách D1 a D4 jsou umístěné trafostanice a VN a NN rozvodny. Z těchto transformátorů jsou napájeny i budovy T8 a T10 patřící pod FEKT a budovy v areálu CESA. Konkrétně z transformátorů v budově D4. V každé z těchto dvou budov je sedm vysokonapěťových transformátorů, standardně se pro provoz aktuálně využívá v každé trafostanici pět.

Největší dominantou je budova A1. Budova A1 je nejvyšší budovou v areálu, má 20 podlaží včetně střechy, je zvýrazněná na obrázku 13. Z hlediska topologie NN rozvodů se jedná o nejrozsáhlejší budovu. Její topologie je popsána v další podkapitole. Budovy A1-A6 jsou stavebně spojeny. Stejně tak budovy C1-C3 jsou stavebně spojeny jak společně, tak i s budovami B1-B3.

Rozvody elektrické energie mezi budovami jsou vedeny v kabelových kanálech, těmito kanály vedou přívody z trafostanic do rozváděčů v budovách. Některé z kanálů jsou průchozí. Kabelová vedení mezi budovami jsou znásobena paralelně pro snížení proudu v jednom kabelu. Například přívod do budovy A1 je realizovaný šesti paralelními kabely AYKY 3x240+120 jak je vysvětleno v následující kapitole, ve které je popsána topologie budovy A1.

2.1 Topologie NN rozvodů budovy A1

Do budovy A1 jsou veškerá napájení přivedena do rozváděče RH.A1. Připojení jsou realizována třemi přívody. První přívod obsahuje 6 kabelů AYKY 3x240+120, označení AYKY znamená, že se jedná o kabel s hliníkovým jádrem a izolací z PVC. Označení 3x240+120 udává počet a průřezy vodičů a to, že fázové vodiče jsou tři a každý z nich má průřez 240 mm², k nim je v kabelu veden ochranný vodič PEN o průřezu 120 mm².

Takovéto vedení složené z více kabelů je nazýváno paralelní vedení. Toto paralelní vedení je hlavním přívodem elektrické energie do budovy. Rozváděč RH.A1 je hlavním uzlem v budově. Z něj jsou napájeny podružné rozváděče RM.3, RM 10, RM.19 a RMS.20, výtahy a některé datové rozváděče. Dále jsou z rozváděče RH.A1 vedeny přívody pro zálohování důležitých obvodů.

Ze zmíněných podružných rozváděčů RM.3, RM 10 a RM.19 jsou dále napájeny rozváděče na jednotlivých patrech, v rámci této práce nazývané patrovými rozváděči. Rozváděč RMS.20 je jedním z patrových rozváděčů, na rozdíl od ostatních je však napájen přímo z hlavního rozváděče.

Ze zmíněných podružných rozváděčů RM.3, RM 10 a RM.19 jsou dále napájeny rozváděče na jednotlivých patrech, v rámci této práce nazývané patrovými rozváděči. Rozváděč RMS.20 je jedním z patrových rozváděčů, na rozdíl od ostatních je však napájen přímo z hlavního rozváděče.

Zmíněné patrové rozváděče zajišťují především napájení světelným a zásuvkovým obvodům daného patra. V budově A1 se nacházejí i specializované laboratoře, ty mají často samostatný rozváděč napájený z patrového rozváděče. Nejde-li o počítačovou učebnu, takové jsou napájeny přímo z patrových rozváděčů.

2.2 Topologie NN rozvodů budov A2, KH2

Budova A2 má 9 podlaží. Jedno z pater se nachází pod zemí a jedním patrem je plochá střecha, na které je strojovna výtahu. Celkem se na těchto devíti patrech nachází osmnáct silových rozváděčů, osm rozváděčů stávajícího měření, tři datové rozváděče a jeden rozváděč EPS. V prvním podzemním podlaží je rozváděč RMH/A2, který slouží pro motorickou zátěž. Přívody do tohoto rozváděče z budovy D1 a záložní přívody z budovy A1 byly v rámci rekonstrukce přepojeny do nového rozváděče RH.A2 v prvním nadzemním podlaží.

Rozváděč RH-A2 je hlavním rozváděčem pro budovu. Hlavní přívod je realizován čtyřmi kabely AYKY 3x 240 + 120. Z rozváděče RH.A2 jsou napájeny podružné rozváděče na jednotlivých patrech RP-1 až RP-15. Na jednotlivých patrech jsou umístěny obvykle dva podružné silové rozváděče, pouze na třetím nadzemním podlaží jsou umístěny tři, jeden z toho je rozváděč RPO, což je rozváděč napájení požárních systémů. A na osmém podlaží, kterým je střecha, je pouze jeden rozváděč.

Stávající rozváděče měření nemají komunikační rozhraní, což je důvod k zanedbání tohoto měření, jelikož není možnost připojení ke komunikační síti. Na každém patře se nachází jeden rozváděč měření, který je vždy napájen z podružného rozváděče RP-x na daném patře.

Rozváděče RP-x jsou podružné rozváděče napájení klasické elektroinstalace i technologií. Přívody do jednotlivých podružných rozváděčů jsou realizovány pětižilovými CYKY kabely o různých průřezech od 10 mm² až po 95 mm² podle energetické náročnosti technologií a učeben.

S budovou A2 úzce souvisí budova KH2. Tato budova (kloubová hala) není znázorněná na obrázku 13, jelikož nejde o významnou budovu. Jde pouze o spojnici mezi budovami A2, A4 a A5. V této budově se nenachází žádné učebny a její energetická náročnost se omezuje především na světla a zásuvkové okruhy. Proto není problém veškerou elektroinstalaci napájet z rozváděčů budovy A2.

2.3 Topologie NN rozvodů budov A3, KH3

Budova A3 je velmi podobná budově A2. Stejně jako u budovy A2 je i v budově A3 napájení realizováno z budovy D1 a zálohováno z budovy A1. Jsou zde také použity čtyři kabely AYKY 3x 240+120 pro hlavní i zálohový přívod. I počet a rozložení rozváděčů je velmi podobný jako u budovy A2. Jsou zde pouze mírné rozdíly a to v rozváděčích R.C- xx.

Konkrétně se jedná o rozváděče R.C-214, R.C-215, R.C-219, R.C-519, R.C-614 a R.C-801. První číslice odpovídá patru umístění rozváděče. Rozváděče R.C-xxx jsou kompenzačními rozváděči. Jejich umístění odpovídá kompenzaci účinníku laboratoří na jednotlivých patrech. Kompenzace účinníku je velmi důležitou součástí náročnějších instalací. V případě, kdy se v jednom místě nachází napojení více spotřebičů s výrazně induktivním či kapacitním odběrem je potřeba takový odběr kompenzovat právě opačným kompenzátozem.

Dalším rozdílem jsou rozváděče v prvním podzemním podlaží. Nachází se zde rozváděč roh/A3 ze kterého je napájen RCHL-1. Napájení rozváděče roh/A3 bylo přesunuto v rámci rekonstrukce do nového rozváděče R-A4-S010. Napájení je realizováno také z budovy D1 a opět stejnými čtyřmi kabely AYKY 3x240+120. zálohové napájení je v tomto případě z budovy A2, také kabely AYKY 3x240+120, ale tentokrát pouze dvěma.

V prvním podzemním patře je také rozváděč RP-S. Ten je napájen z hlavního rozváděče RH-A3, stejně jako jiné podružné rozváděče. Posledním rozdílem oproti budově A2 je použití kabelů CYKY-J 5x6 u některých podružných rozváděčů, které jsou v budově A2 napájeny kabelem CYKY-J 5x10. V budově A2 je tímto kabelem napájen pouze rozváděč požárních technologií RPO.

Budova KH3 je stejně jako KH2 pouze spojnicí přilehlých budov, tentokrát budov A3 a A4 a na ně navazuje budova T8 Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií.

Mezi budovami KH3 a T8 je několikapatrový most. Stejně jako budova KH2 je i KH3 energeticky málo náročná a proto je také napájena z rozváděčů v budově A3.

2.4 Topologie NN rozvodů budovy A6

Budova A6 není rozsáhlá, co se týče počtu místností. Ve třech patrech se zde nachází hlavně velké místnosti. Jednou z nich je aula Q ve druhém patře. Pod ní studentská a zaměstnanecká jídelna se stejným názvem Q.

Hlavní rozváděč RH.A6 napájí patrové rozváděče. Z těch stejně jako u ostatních budov jsou napájena jednotlivá patra elektrickou energií. Přívod do hlavního rozváděče je realizovaný z budovy A1, kde je toto napájení přivedeno z trafostanice D1.

2.5 Topologie NN rozvodů ostatních budov FSI

K topologii dalších budov nejsou žádné podklady. Původní elektroinstalace ze sedmdesátých let dvacátého století v nezrekonstruovaných budovách je těžko dohledatelná a potřebná dokumentace se nenachází ani v archivu Investičního odboru rektorátu VUT. V rámci této práce se z důvodu nedostupné dokumentace nepodařilo zmapovat přesnou topologii budov A5, Bx, Cx, D2, D3 a D5.

V plánu je postupná rekonstrukce všech budov fakulty a to zajisté přinese, jak změny v topologii, tak její zmapování. O topologii budov je v současné době známo místo hlavního napájení budov. Tato místa jsou znázorněna v rámci přílohy F.

2.6 Kabelové vedení v areálu FSI

Rozvody elektrické energie v areálu FSI jsou tvořeny kabelovým vedením. Jsou zde dvě trafostanice v budovách D1 a D4. Hlavní kabelové trasy začínají vždy u jedné z těchto budov.

První hlavní kabelová trasa vede z budovy D1 do budov A1 a A5. Trasa se v průběhu dělí, část trasy do budovy A1 je průchozí. Touto trasou vede napájení do budov A1 a A5 trasa z budovy A1 pokračuje do budovy A6. Původní plán těchto kabelových tras počítá s napojením budov v původních rozváděčích. Ty nejsou vždy stávajícím hlavním bodem připojení budovy.

Například pro budovu A1 plán udává hlavní bod napojení rozváděč RMO1H roh. Z aktuálních plánů je jasné, že po rekonstrukci v roce 2015 byl přívod přepojen do rozváděče RH.A1. Stejně tak i přívod do budovy A6 z budovy A1 je dnes už připojen do rozváděče RH.A6, plány kabelových tras uvádí připojení v rozváděči rh.

Lze předpokládat, že budovy, které zatím neprošly rekonstrukcí, jsou připojené v původních rozváděčích, a tedy označení v plánu kabelového vedení je stejné jako ve skutečnosti. Například budova A5 je připojena stále v rozváděči rmh a rom08.1.

Budova A5 přitom má napájení jak z budovy D1 tak z budovy A1. Vedení z budovy A1 je připojené v rozvaděči rmh a z budovy D1 je napájen rozváděč rom 08.1.

Druhá hlavní kabelová trasa, opět z budovy D1, připojuje budovy B1, B2, A2, C1 a C2. V budově C2 je realizovaný přívod i z budovy D4. Ta část kabelové trasy vedoucí do budovy A2 pokračuje i do budov A3, A4 a A5. Vedení budovou A5 pouze prochází, kabelovou trasou vede záložní napájení z budovy A1 do budov A2, A3 a A4.

Stejně jako kabelová trasa D1-A1 tak i kabelová trasa B2-A2 je průchozí. Lehce přístupná je i kabelová trasa v budovách B1 a B2, je tu totiž tvořená kabelovým kanálem, ten je po většinu délky jen přiklopený víky.

Stejně jako z budovy D1 tak i z budovy D4 vedou dvě hlavní kabelové trasy. První zmíněná kabelová trasa propojuje budovy D4 a C2. V průběhu této trasy se odpojuje vedení do budov D2 a D3. Část kabelové trasy vedoucí mezi D4 a C2 je také průchozí.

Druhá kabelová trasa z budovy D4 vede do budov D5 a C3. V budově C3 se kabelová trasa rozděluje do několika míst a pokračuje do budovy B3. V budově C3 je na tuto trasu připojeno jedenáct rozváděčů. I kabelová trasa D4-C3 je průchozí.

Výše uvedené trasy propojují budovy v areálu FSI. Ne jen budovy FSI jsou napájené ze zdejších transformátorů. Z budovy D4 jsou připojeny i napájecí vedení pro budovy CESA sousedící s budovou C3a. Stejně tak i budovy T8 a T10 Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií jsou napájeny z transformátorů v budově D4. Napájení těchto budov je vedeno částečně průchozí kabelovou trasou, z té v průběhu uhýbá a vede výkopem do budovy T10, stejně tak do budovy T8. Mezi budovami D4 a T10 je vedeno paralelní kabelové vedení pěti kabelů AYKY 3Bx240+120.

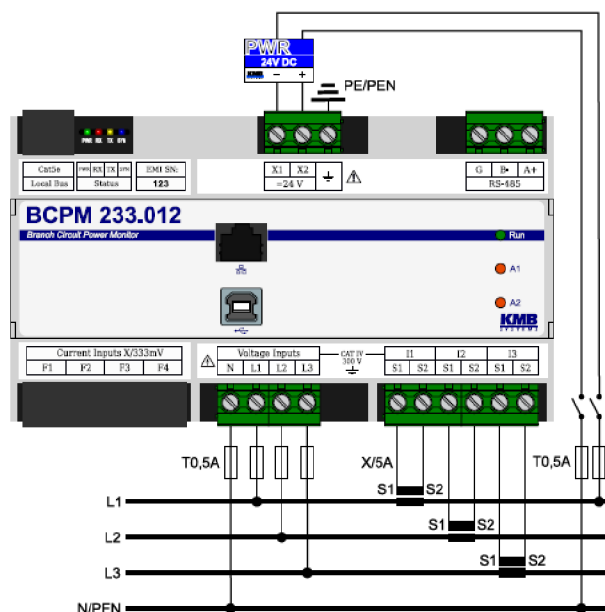
3. NÁVRH PODRUŽNÉHO MĚŘENÍ

Pro podružné měření na FSI byl vybrán systém KMB systems. Jedná se o nejrozsáhlejší systém, který umožňuje širokou škálu možností. KMB systems je aktuálně instalován i na fakultě elektrotechniky, i to je jeden z důvodů pro výběr tohoto systému a je možné využít poznatků u návrhu i z montáže. VUT má již zkušenosti s tímto systémem čímž je jeho použití jednodušší a také jednotné. Jednotný systém je velkou výhodou pro sledování spotřeby elektrické energie v rámci celého VUT. [6]

Ze široké škály produktů KMB systems je vybrán hlavní modul BCPM 233 blíže popsany v kapitole 1.2.3.

Záměrem této práce je navrhnout podružné měření, které bude mapovat spotřebu elektrické energie v areálu. Jinými slovy, ve kterých místech v areálu a částech jednotlivých budov je jaká spotřeba. Pro takové měření je důležitá informace, jak přesné mapování je vyžadováno. V okamžiku tohoto návrhu je požadována přesnost na patra jednotlivých budov (patrové podružné rozváděče) a jejich technologie (např. vzduchotechnika, výtah nebo třeba FVE). [6]

Pro každou budovu bude tedy potřeba samostatného řešení. Všechny budovy budou mít společná pravidla použití a instalace měřicího systému. Základem pro instalaci měřicího systému KMB v daném rozváděči je napájení modulu. Napájecí napětí tohoto modulu je 24 V stejnosměrných. Výrobce udává napájecí napětí od 10 - 30 V stejnosměrných. Na Obrázku 14 je znázorněn příklad zapojení modulu. V tomto případě je modul napájen z napájecího zdroje KMB PWR.



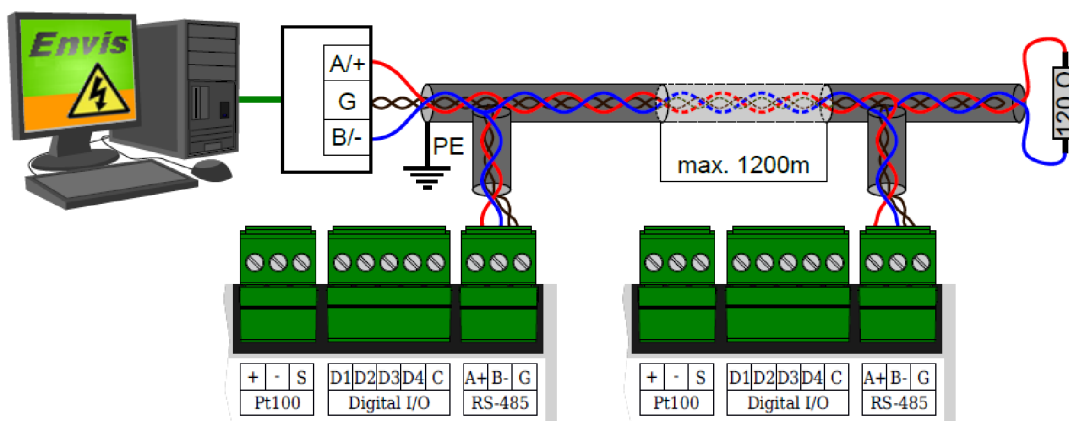
Obrázek 14.: Příklad zapojení modulu BCPM 233 [7]

Pro napájení je vhodné použít zálohované napájení, aby systém při výpadku rozpoznal, že došlo k výpadku a nadále posílal informace nadřazenému systému. Zálohování je možné realizovat buď ze zálohovaných obvodů v areálu, které napájí UPS a dieselažregát. Pokud takové rozvody nejsou dostupné, je vhodné použít napájecí zdroj se záložní baterií. Podmínkou funkčnosti tohoto řešení je i zálohování celé komunikační trasy až k serveru, kde se data ukládají. [6]

Na obrázku 14. je ukázka zapojení napájení i měřicích vstupů. Proudové vstupy jsou připojeny na měřicím transformátoru. Protože jde o příklad zapojení, jsou proudové transformátory označené převodem X/5 A. Je to označení pro transformátory s jakýmkoli převodem na standardizovaných 5 A jelikož proudové vstupy modulu jsou pětiampérové.

Napěťové vstupy jsou připojené přes pojistky na všech fázích i neutrálním vodiči. Stejně tak jako zdroj PWR který je připojen jak přes pojistky, tak přes jistič. U stejnosměrného napájení je i připojení na PE/PEN, stejně tak u napěťových vstupů je připojení na N/PEN. [6]

Na obrázku 14. jde o základní zapojení, u kterého nejsou zapojené rozšiřující moduly, ani žádná komunikace. Komunikace je v této práci důležitou součástí měřicího systému. Komunikace je důležitá pro dálkový odečet měření a také pro komunikaci s rozšiřujícími moduly. Dálkovou komunikaci u modulu BCMP 233 je možné realizovat přes ethernet a RS 485 a to i současně. Ukázka připojení komunikace RS 485 je na obrázku 15. [6]



Obrázek 15.: Ukázka zapojení komunikace RS 485 [7]

Komunikace na FSI bude realizována přes ethernet, s tím souvisí další pravidlo pro instalaci měření. Ke každému modulu měření musí být přivedena datová zásuvka až do rozváděče s měřením. Podle potřeby daného místa měření budou k hlavnímu modulu přidávány rozšiřující moduly. Ty jsou s hlavním modulem spojeny lokální sběrnici. [6]

Samotné měření proudů je přivedeno na proudové vstupy s se standardizovanou hodnotou 333 mV. V rámci hlavního modulu jsou čtyři třífázové vstupy. To ovšem není dostatek vstupů pro takto rozsáhlou instalaci, jako jsou budovy na FSI. Jednoduchým řešením jsou rozšiřující moduly. K jednomu hlavnímu modulu BCMP je možné připojit až čtyři rozšiřující moduly. Je několik takovýchto rozšiřujících modulů. S modulem BCMP jsou kompatibilní rozšiřující moduly EMI. Jednotlivé moduly EMI mají různé parametry. [6]

EMI12 je základním modulem z řady, je zmíněn v kapitole 1.2.3. a určen k navýšení počtu měřicích vstupů. Modul navyšuje měřicí vstupy vždy jen jednomu hlavnímu modulu připojenému po lokální sběrnici. Rozšiřující modul má 4 RJ 12 konektory pro připojení čtyř třífázových nebo dvanácti jednofázových vstupů. Tento modul lze připojit k hlavním modulům EMU 3, BCMP nebo SMY, nejde tedy o rozšiřující modul pouze pro BCMP. Modul EMI 12 měří okamžitý proud, činný a jalový výkon, THD proudu a činnou a jalovou energii. [7]

Dalším modulem z řady je EMI 12 RCM. Jde o stejný modul jako je EMI 12, rozdíl je ve schopnostech měření. Zatím co EMI 12 měří kromě okamžitých proudů i činný a jalový výkon, THD proudu a činnou a jalovou energii, modul EMI 12 RCM je určen pouze pro měření okamžitých reziduálních proudů. [8]

Rozšiřující modul EMI 12 HALL je speciálně určen pro připojení hallových snímačů, měří běžné spotřebiče stejnosměrného napětí i speciální střídavé a kombinované aplikace. Umožňuje měřit stejnosměrné zkreslení a stejnosměrnou složku střídavých sítí. Stejně jako předchozí moduly lze i tento připojit do systému pomocí lokální sběrnice a konektoru RJ 45. [9]

Posledním rozšiřujícím modulem řady EMI je EMI 12 FLEX jde o speciálně zaměřený modul jako je EMI 12 HALL. EMI 12 FLEX je specializovaný na použití pružných proudových Rogowskiho snímačů, které jsou zmíněné v kapitole 1.2.3. Možnost připojit pružné sondy je velkou výhodou v případě použití ve stávající instalaci, tím víc jde-li o paralelní vícenásobné vedení. Například jako je u většiny přívodů hlavních rozváděčů budov na FSI. Pružná sonda umožňuje měřit více vodičů jedné fáze najednou, to je dáno vnitřním průměrem sondy a možností pružného tvaru sondy. [10]

Všechny tyto moduly jsou propojitelné mezi sebou a to dává systému velkou variabilitu. Variabilita je důležitá v aplikacích, jako je měření na FSI, jde o rozsáhlou elektroinstalaci. Rozšiřující moduly EMI 12 HALL a FLEX jsou rozměrově o dvojnásobek větší než moduly EMI 12 a EMI 12 RCM. Moduly HALL a FLEX mají velikost šesti standartních modulů na DIN lištu. Zatímco menší moduly mají velikost tří standartních modulů na DIN lištu. Vnější rozdíly mezi moduly HALL a FLEX jsou pouze v označení na přední straně, jak jde vidět na obrázku 16. a 17. kde jsou zobrazeny oba dva rozšiřující moduly. [6]



Obrázek 16.: Rozšiřující modul EMI 12 HALL [9]



Obrázek 17.: Rozšiřující modul EMI 12 FLEX [10]

Jedna sestava měření na FSI se bude skládat z hlavního modulu BPCM. Hlavní modul v měřicí soustavě je nezbytný, jde o ovládací modul pro moduly rozšiřující. Rozšiřující moduly už nemusí být součástí měřicího systému, pokud v místě měření nebude potřeba měřit více vstupů. [11]

Podružné měření na FSI jde v současné době realizovat pouze v některých budovách a to v budovách, které ještě neprošly rekonstrukcí nebo prošly rekonstrukcí v nedávné době a z důvodu záruky není možno zatím do rozváděče zasahovat.

Podružné měření v nerekonstruovaných budovách není na místě z důvodu plánované rekonstrukce, a proto by se měření spíše mělo zapracovat do projektu rekonstrukce, než aby se realizovalo před rekonstrukcí budov. Při rekonstrukci budov dojde k výměně stávajících původních rozváděčů za nové, proto by investice do stávajících rozváděčů nebyla účelná.

Jediná budova, která nepatří ani do jedné kategorie budov nevhodných k momentální montáži měření, je budova A1. Budova A1 je po rekonstrukci v roce 2015. Na tuto rekonstrukci se již nevztahuje záruka, díky tomu se může bez problémů upravovat osazení rozváděčů v této budově. Návrh podružného měření pro budovu A1 je popsáno v následující kapitole.

3.1 Návrh podružného měření budovy A1

Návrh měření pro budovu A1, stejně jako pro všechny ostatní budovy, je závislé na topologii. Topologie budovy A1 je popsána v kapitole 2.1. Pro měření v uvažovaném rozsahu jsou podstatné čtyři rozváděče, kterých se bude návrh týkat. Jde o hlavní rozváděč RH.A1, dále o podružné rozváděče RM.3, RM 10 a RM.19.

3.1.1 Návrh podružného měření v rozvaděči RH.A1

Z rozváděče RH.A1 jsou napájeny především podružné rozváděče RM.3, RM.10 a RM.19. Ty budou v rámci tohoto návrhu obsahovat vlastní měření, proto není potřeba měřit jejich napájení. V rámci rozváděče RH.A1 jsou pro návrh důležité vývody pro napájení technologií. V tomto rozvaděči jsou dva výtahové rozváděče, dále je zde napájení rozváděče dvacátého nadzemního podlaží a napájení datového rozváděče.

V přehledovém schématu je tento rozváděč označen jako RMS.20, ve schématu rozváděče RH.A1 je označen RE20. V obou případech je napájen přes pojistkový odpínač osazený pojistkami 160 A gG. Oba tyto výkresy jsou ze srpna 2015. Bez možnosti osobního náhledu do budovy A1 není jasné, který výkres je aktuální či proč se údaje liší.

Liší se i označení pojistkového odpínače. V přehledovém schématu je označen QFU 23, zatím co ve schématu rozváděče je označen QFU10. Stejný rozdíl označení je u pojistkového odpínače pro datový rozváděč DT2. V přehledovém schématu je označen QFU 22, zatím co ve schématu rozváděče je označen QFU9.

Pro návrh je důležité, že oba výkresy se shodují na proudu jistícího prvku, který má vliv na odhad procházejícího proudu, a tedy na volbu převodu měřicího transformátoru. Stejně tak se oba výkresy shodují i u napájení datového rozváděče DT2. Rozváděč RMS.20 (RE20) je patrový a napájený přímo z hlavního rozváděče, na rozdíl od ostatních patrových rozváděčů, i tento rozváděč je důležité měřit.

Z tohoto výčtu je jasné že v rozvaděči RH.A1 je potřebné měřit čtyři třífázové vývody, pro zopakování jde o napájení dvou výtahů datového rozváděče a patrového rozváděče ve dvacátém nadzemním podlaží. Všechny tyto vývody jsou realizovány čtyř žilovým

kabelem, měření bude prováděno pouze na fázových vodičích. Měření středního vodiče není pro naše účely podstatné.

Pro měření čtyř vývodů bude dostatečný jeden měřicí modul BCPM 233. Dalšími komponentami v tomto místě měření budou přístrojové měřicí transformátory. Volba jednotlivých přístrojových transformátorů proudu je závislá na dvou faktorech. Prvním faktorem je jmenovitý proud vodičem, reálný proud vodičem je zpravidla o něco nižší než jmenovitý proud jistícího prvku, a proto i jmenovitý proud měřicího transformátoru by se měl volit menší pro snížení možné chyby měření.

Druhým faktorem je fyzické provedení vývodu. Fyzické provedení vývodu má vliv na provedení měřicího transformátoru. V případě, kdy je vývod tvořen více souběžnými vodiči, je možné, že klasický měřicí transformátor nebude mít dostatečnou velikost, aby obejmul oba fázové vodiče. V takovém případě je potřeba použít pružné Rogovského sondy, které mají větší vnitřní průměr.

První uvažovaný vývod z rozváděče RH.A1 je napájení výtahového rozváděče RV-TRIPLEX. Vývod je jištěn pojistkami 250 A gG a tvořen jedním kabelem AYKY 3x240+120. Rozvaděč RV-TRIPLEX napájí tři výtahy. Proto je pro tento vývod vhodné použít transformátory 200 A/333mV. Předpokladem je použití klasického provedení měřicího transformátoru, to ovšem závisí na praktickém provedení v rozváděči.

Druhý uvažovaný vývod je také pro výtahový rozvaděč RV-OSOBNÍ. Tento vývod je jištěn pojistkami 63 A gG a je tvořen kabelem CYKY 4x25. Jde o poznání méně náročný vývod než v předchozím případě. Lze předpokládat, že tento rozvaděč napájí pouze jeden osobní výtah. Jde o předpoklad, a proto se na něj nelze spoléhat. Bližší informace o samotném rozváděči RV-OSOBNÍ nejsou známy, proto je v rámci návrhu nutno uvažovat stejně jako u ostatních vývodů - měření menším přístrojovým transformátorem oproti jistícímu prvku. V tomto případě již nejde o tak velký rozdíl v řadě a lze použít převod 50 A/333 mV.

Stejný převod 50 A/333 mV bude použit v případě měření napájení datového rozváděče DT2. Ten je jištěn pojistkami 80 A gG. Jde sice o větší jmenovitý proud jištění, nicméně nejde o velký rozdíl a v produktové řadě přístrojových transformátorů není mezistupeň.

Posledním uvažovaným vývodem v rozváděči RH.A1 je napájení patrového rozváděče pro dvacáté podlaží. Jištění je provedeno pojistkami 160 A gG. V tomto případě je však předpoklad, že bude potřeba použít zmiňované Rogovského sondy, jelikož samotné napájení je provedeno dvěma kabely CYKY 3x120+70. Pro měření takového vedení by bylo dobré jednou sondou (přístrojovým transformátorem) měřit oba vodiče najednou. Je potřeba použití Rogovského sondy a tím spojené použití rozšiřujícího modulu EMI 12 FLEX, který je specializovaný na použití těchto sond. V obou případech lze použít převod 150 A/333 mV

Pro rekapitulaci - návrh měření v rozváděči počítá se čtyřmi měřenými vývody. První bude měřen proudovými transformátory s převodem 200 A/333 mV. Na měření druhého

a třetího vývodu návrh počítá s přístrojovými transformátory o převodu 50 A/333 mV. V případě posledního vývodu jsou dvě možné varianty závislé na fyzickém provedení. Pravděpodobnější je případ, že bude potřeba použít Rogovského sondy s převodem 150 A/333 mV. Sestava měřicích modulů v tom případě bude obsahovat, kromě datové zásuvky, hlavní modul BCPM 233 a jeden rozšiřující modul EMI 12 FLEX.

Přehled a počty uvažovaných měřicích transformátorů a sond je v tabulce 3.

Tabulka 3.: Přehled přístrojových transformátorů v rozvaděči RH.A1 [12] [13]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RV-TRIPLEX	Klasické provedení	200 A/333 mV	3
RV-OSOBNÍ	Klasické provedení	50 A/333 mV	3
DT2	Klasické provedení	50 A/333 mV	3
RMS.20(RE20)	Rogovského sondy	150 A/333mV	3
	Celkem		9+3

3.1.2 Návrh podružného měření v rozvaděči RM.03

V rozvaděči RM.03 je potřeba měřit vývody pro patrové rozvaděče, kterých je sedm. Dále také rozvaděče technologií a technologie samotné. Celkem jde o jeden rozvaděč pro vzduchotechniku a čtyři jednotky vzduchotechniky. Je zde i napájení rozvaděče MaR, tento vývod bude také měřený. Dohromady jde tedy o třináct vývodů.

Na počet měřených vývodů lze říct, že je potřeba sestava měření schopna měřit nejméně třináct třífázových výstupů. Každý měřicí modul má čtyři měřicí vstupy. Z toho vyplývá, že musí být použita sestava se šestnácti třífázovými vstupy. To odpovídá jednomu hlavnímu modulu BCPM 233 a třem rozšiřujícím modulům.

Všechny vývody pro patrové rozvaděče mají jištění pomocí pojistek 160 A. Samotné vývody jsou realizovány vždy jedním kabelem CYKY 3x95+50. Z parametrů vývodů je patrné, že návrh měření počítá s transformátory 150 A/333 mV, jak je vysvětleno v předchozí kapitole. Převod transformátoru se volí s menším nominálním proudem než je nominální proud jisticího prvku. Navrhované měřicí transformátory jsou uvažovány v klasickém provedení.

Vývod pro rozvaděč MaR (rozvaděč s označením DT3) je jištěný pojistkami 63 A gG. Vývod je tvořen opět jedním kabelem, tentokrát CYKY 4x25. Přístrojové transformátory jsou proto navrhovány s převodem 50 A/333 mV v klasickém provedení.

Oproti tomu vývod pro rozvaděč vzduchotechniky (RS-VZT) je napájen šesti kabely. Je zde tedy důvod uvažovat o použití Rogovského sond. Jde však o kabely CYKY 4x6, 6 mm², jde o dostatečně malý průřez, tudíž lze předpokládat, že všech šest vodičů lze měřit jedním přístrojovým transformátorem klasického provedení.

Vývod je jištěný pojistkami 80 A gG. Proto jsou opět uvažovány měřicí transformátory s převodem 50 A/333 mV, stejně jako u vývodu pro rozvaděč DT3.

První vývod pro jednotku vzduchotechniky je proveden kabelem CYKY 5x2,5 a jištěn šestnácti ampérovým jističem. Proto jsou v rámci návrhu uvažovány odpovídající transformátory s převodem 20 A/333 mV. Produktová řada nabízí pouze převody 5 A/333 mV a 20 A/333 mV. Zde se nelze držet pravidla volit menší nominální proud.

Posledními uvažovanými vývody jsou tři vývody pro jednotky vzduchotechnik. Jsou typově stejné. Všechny vývody jsou tvořeny vždy jedním kabelem CYKY 5x4 a jištěné dvaceti ampérovým jističem. Stejně jako u přechozího vývodu, jde o poměrně malý nominální proud. A stejně tak návrh uvažuje i zde převod transformátorů 20 A/333 mV.

Opět pro rekapitulaci - měřicí sestava v rozváděči RM.03 dle návrhu obsahuje kromě datové zásuvky hlavní měřicí modul BCPM 233 a tři rozšiřující moduly EMI 12. V tomto místě měření není potřeba uvažovat specializované rozšiřující moduly, není zde důvod uvažovat speciální aplikaci jako třeba Rogovského sondy. Navrhovány jsou zde měřicí transformátory s převody 150 A/333 mV, 50 A/333 mV a 20 A/333 mV. Jejich přesný počet a vývod, na kterém jsou použity, je vypsán v tabulce 4.

Tabulka 4.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozváděč RM.03 [12]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RMS.00	Klasické provedení	150/333	3
RMS.01	Klasické provedení	150/333	3
RMS.02	Klasické provedení	150/333	3
RMS.03	Klasické provedení	150/333	3
RMS.04	Klasické provedení	150/333	3
RMS.05	Klasické provedení	150/333	3
RMS.06	Klasické provedení	150/333	3
DT3	Klasické provedení	50/333	3
RS-VZT	Klasické provedení	50/333	3
Jednotka VZT FA12	Klasické provedení	20/333	3
Jednotka VZT FA13	Klasické provedení	20/333	3
Jednotka VZT FA14	Klasické provedení	20/333	3
Jednotka VZT FA15	Klasické provedení	20/333	3
		Celkem	39

Jednotky vzduchotechniky v tabulce 4. jsou pro lepší orientaci pojmenovány označením jističe, na který jsou připojeny.

3.1.3 Návrh podružného měření v rozváděči RM.10

Topologie rozváděče RM.10 je podobná jako u RM.03, proto i návrh měření bude velmi podobný. Oba rozváděče jsou stejné ve vývodech do patrových rozváděčů,

i zde jde o sedm vývodů jištěných pojistkami 160 A gG, i zde tedy návrh počítá s transformátory o převodu 150 A/333 mV. I realizace napájení je stejná - kabelem CYKY 3x95+50. Z toho důvodu lze zvolit také klasické provedení přístrojových transformátorů.

Ostatní vývody se od předchozího rozváděče liší. Jsou zde vývody pro napájení datových rozváděčů DT4 a DT5. Pro datový rozváděč DT5 je napájení jištěno čtyřicetiampérovými pojistkami. Vývod je realizovaný jedním kabelem CYKY 4x10. Návrh počítá s použitím proudových transformátorů klasického provedení a převodem 30 A/333 mV.

Napájení rozváděče DT4 je jištěno pojistkami 32 A gG. Tentokrát jedním kabelem CYKY 5x6. Díky této charakteristice opět lze zvolit proudové transformátory klasického provedení a opět s převodem 30 A/333 mV.

Dalším vývodem je napájení rozváděče ATS pro záskokový automat. Napájení je jištěno pojistkami 25 A gG a provedeno kabelem CYKY 5x4. Přístrojové transformátory pro měření tohoto vývodu jsou navrženy s převodem 20 A/333 mA v klasickém provedení.

Poslední vedení v tomto rozváděči je připojení k rozváděči R FVE. Jde o rozváděč fotovoltaické elektrárny. Rozváděč R FVE je jištěn pojistkami 80 A gG. K vedení je zde použit kabel CYKY 4x25. Zde lze zvolit proudové transformátory s převodem 50 A/333mV klasického provedení.

V tomto rozváděči jsou tedy použity přístrojové transformátory pouze klasického provedení o převodech 150 A/333 mV, 30 A/333 mV, 20 A/333 mV a 50 A/333 mV. Přehled použitých měřicích transformátorů na daných vedeních je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 5.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozváděč RM.10 [12]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RMS.07	Klasické provedení	150/333	3
RMS.08	Klasické provedení	150/333	3
RMS.09	Klasické provedení	150/333	3
RMS.10	Klasické provedení	150/333	3
RMS.11	Klasické provedení	150/333	3
RMS.12	Klasické provedení	150/333	3
RMS.13	Klasické provedení	150/333	3
R FVE	Klasické provedení	50/333	3
DT5	Klasické provedení	30/333	3
DT4	Klasické provedení	30/333	3
ATS	Klasické provedení	20/333	3
	Celkem		33

3.1.4 Návrh podružného měření v rozváděči RM.19

I tento rozváděč má stejnou část vývodů jako předchozí dva rozváděče. Ovšem tentokrát šest vývodů pro patrové rozváděče. Jejich napájení je opět tvořeno vždy jedním kabelem CYKY 3x95-50 a jištění je tvořeno už klasickými pojistkami 160 A gG. Stejně jako v předchozích případech návrh počítá s přístrojovými transformátory klasického provedení o převodu 150 A/333 mV

Dále jsou z tohoto rozváděče napájeny jednotky vzduchotechniky. Tato napájení jsou dvojího typu. První typ vývodu je jištěn pomocí padesátampérového jističe. Samotné vedení je tvořeno vždy jedním kabelem CYKY 5x16. Pro měření těchto vývodů lze použít přístrojové transformátory s převodem 30 A/ 333 mV v klasickém provedení.

Druhý typ vývodu pro jednotky vzduchotechniky je jištěn šestnáctiampérovými jističi. Vedení tohoto vývodu je tvořeno kabelem CYKY 3Cx2,5. Jedná se o jednofázové vedení. Měření těchto vývodů v rámci návrhu počítá s přístrojovými transformátory o převodu 20 A/333 mV klasického provedení.

Z výše uvedeného lze uvést, že měřicí soustava v rozváděči RM.19 bude obsahovat, kromě datové zásuvky pro komunikaci, hlavní modul BCMP 233 a dva rozšiřující moduly. Ve výčtu měřených vývodů se totiž nachází šest vývodů pro patrové rozváděče, čtyři vývody napájení jednotek vzduchotechniky a dva jednofázové vývody napájení jednotek vzduchotechniky. Dohromady tedy deset třífázových a dva jednofázové vývody.

V rozváděči RM.19 návrh počítá s použitím proudových transformátorů pouze klasického provedení a to o převodech 150 A/333 mV, 30 A/333 mV a 20 A/333 mV. Jejich přehled i s použitím na jednotlivých vývodech je sepsán v tabulce 6.

Tabulka 6.:Přehled přístrojových transformátorů pro rozvaděč RM.19 [12]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RMS.14	Klasické provedení	150/333	3
RMS.15	Klasické provedení	150/333	3
RMS.16	Klasické provedení	150/333	3
RMS.17	Klasické provedení	150/333	3
RMS.18	Klasické provedení	150/333	3
RMS.19	Klasické provedení	150/333	3
Jednotka VZT FA10	Klasické provedení	30/333	3
Jednotka VZT FA11	Klasické provedení	30/333	3
Jednotka VZT FA12	Klasické provedení	30/333	3
Jednotka VZT FA13	Klasické provedení	30/333	3
Jednotka VZT FA14	Klasické provedení	20/333	1
Jednotka VZT FA15	Klasické provedení	20/333	1
		Celkem	32

3.2 Návrh podružného měření budovy A2

Při návrhu měření v budově A2 a KH2 je potřeba připomenout, že tyto budovy a jejich elektroinstalace jsou stále v záruce a tedy je realizace tohoto měření v kompetenci firmy, která drží záruku na elektroinstalaci. Druhý možný postup je realizovat měření až po vypršení záruční doby.

Jak je řečeno v úvodu kapitoly 3., tyto budovy mají společnou elektroinstalaci. Samotný hlavní rozváděč je umístěn v budově A2, proto v rámci návrhu bude popisováno měření v budově A2. Všechny patrové rozváděče budovy A2 jsou napájeny z hlavního rozváděče RH-A2.

Z rozváděče RH-A2 vede šestnáct vývodů, pro napájení podružných rozváděčů, které je třeba měřit. Jedná se o patnáct patrových rozváděčů a jeden rozváděč RPO, který je určen pro přepínání záložního okruhu.

Nejsou známé přesné plány rozváděče RH-A2, zmíněné vývody jsou zakresleny v přehledovém schématu. Nedá se proto s jistotou říct, jaké další vývody jsou z tohoto rozváděče vedeny. Dá se však předpokládat, z přehledových schémat budov A2 a A3, že rozváděče RH-A2 a RH-A3 budou téměř identické. Rozdíly se mohou objevit v jištění vývodů pro některé patrové rozváděče. Avšak na počet komponentů v měřicí sestavě tyto rozdíly nemají vliv. Rozdíl ve jmenovitém proudu jištění je patrný z odlišných průřezů použitých kabelů. Návrh měření pro budovu A2 se tedy bude soustředit pouze na počty jednotlivých vývodů.

V přehledovém plánu je zakresleno i vedení pro napájení tří datových rozváděčů, existují však pochybnosti zda jsou napájeny z hlavního rozváděče a proto je nutné uvažovat o obou možnostech.

Návrh předpokládá, že stejně jako v budově A3, tak i v budově A2, jsou výtahy napájeny z hlavního rozváděče. Proto počítá s dalšími třemi vývody. Dohromady je tedy zapotřebí měřit devatenáct, případně dvacet dva, třífázových vývodů. Maximální osazení jedné měřicí sestavy umožňuje měřit pouze dvacet třífázových vstupů. V případě připojených datových rozváděčů v tomto místě, je potřeba počítat se dvěma hlavními moduly BCPM 233 a čtyřmi rozšiřujícími moduly.

Vedení z rozváděče RH-A2 je většinou tvořeno jedním kabelem, pouze zmíněné datové rozváděče jsou napájeny vícenásobným vedením, pravděpodobně je zde více datových rozváděčů na jednom místě není však zapotřebí měřit každý datový rozváděč samostatně. Proto je třeba počítat s použitím Rogovského sond. Pro ostatní vedení návrh uvažuje s měřicími transformátory klasického provedení. Návrh tedy uvažuje s rozšiřujícími moduly EMI 12 v případě, že jsou zde napojeny i datové rozváděče, je nutné uvažovat i o jednom modulu EMI 12 FLEX. Tedy v součtu čtyři. Počet přístrojových transformátorů je vypsán v tabulce 7.

Tabulka 7.: Přehled přístrojových transformátorů pro rozváděč RH-A2 [12] [13]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RP-1	Klasické provedení	-	3
RP-2	Klasické provedení	-	3
RP-3	Klasické provedení	-	3
RP-4	Klasické provedení	-	3
RP-5	Klasické provedení	-	3
RP-6	Klasické provedení	-	3
RP-7	Klasické provedení	-	3
RP-8	Klasické provedení	-	3
RP-9	Klasické provedení	-	3
RP-10	Klasické provedení	-	3
RP-10	Klasické provedení	-	3
RP-12	Klasické provedení	-	3
RP-13	Klasické provedení	-	3
RP-14	Klasické provedení	-	3
RP-15	Klasické provedení	-	3
RPO	Klasické provedení	-	3
Nový výtah A2	Klasické provedení	-	3
Výtah KH2	Klasické provedení	-	3
Stávající výtah A2	Klasické provedení	-	3
Server A2_246	Rogovského sondy	-	3
Server A2_438	Rogovského sondy	-	3
Server A2_636	Rogovského sondy	-	3
		Celkem	57+9

3.3 Návrh podružného měření budovy A3

Stejný problém s realizací měření jako má budova A2 má i budova A3. Realizace měření dle tohoto návrhu v tuto dobu je v kompetenci firmy držící záruku na elektroinstalaci.

Budovy A2 a A3 mají téměř stejnou topologii, proto i v tomto případě se jedná o měření v budově A3, ale měřena tu je i budova KH3.

Pro rozváděč RH-A3 jsou známy přesné plány zapojení, návrh tedy může uvažovat i převody jednotlivých měřicích transformátorů. V této budově je šestnáct patrových rozváděčů. Rozdíl oproti budově A2 je v přítomnosti rozváděče RP-S v prvním podzemním patře. Dále jsou zde tři vývody pro výtahy a stejně jako v budově A2,

se zde nacházejí datové rozváděče. Posledním speciálním vývodem je napájení přístroje XRD 3F v místnosti 311.

S jistotou lze říct, že vedení pro napájení patrových rozváděčů jsou jištěna jističi o nominálních proudech 160 A, 50 A, 40 A, 32 A a 25 A. Na základě těchto nominálních proudů jsou pro měření uvažovány proudové transformátory s převody 150 A/333 mV, 30 A/333 mV, a 20 A/333 mV.

Stejně tak i pro rozváděč RPO lze určit převod měřicích transformátorů díky nominálnímu proudu jističe 25 A, tudíž převod je uvažován 20 A/333 mV. Vedení pro výtahy jsou jištěny jističi 16 a 40 A, tyto vývody se tedy budou měřit transformátory s převodem 20 A/333 mV a 30 A/333 mV.

Posledním jistým vývodem je napájení přístroje XRD 3F, jeho jistič má nominální proud 160 A. Měřicí transformátory tedy jsou uvažovány s převodem 150 A/333 mV.

Jediné nejisté vývody jsou pro napájení datových rozváděčů stejně jako v budově A2. Pokud by byly napájeny z rozváděče RH-A3 je opět potřeba zvažovat Rogovského sondy jelikož jde opět více vedení pro datový rozvaděč.

Měřicí sestava musí být koncipována na měření dvaceti čtyř třířázových vývodů. V obou případech je opět potřeba uvažovat dva hlavní moduly BCPM 233. Rozšiřující moduly budou tedy stejné jako v rozváděči RH-A2. Půjde o čtyři moduly EMI 12, případně ještě o jeden modul EMI 12 FLEX. Přesné počty měřicích transformátorů jsou sepsány v tabulce 8.

Tabulka 8.: Přehled měřících transformátorů pro rozváděč RH-A3 [12] [13]

Měřený vývod	Měřicí transformátor	Převod [A/mV]	Počet [ks]
RP-S	Klasické provedení	20/333	3
RP-1	Klasické provedení	50/333	3
RP-2	Klasické provedení	20/333	3
RP-3	Klasické provedení	20/333	3
RP-4	Klasické provedení	20/333	3
RP-5	Klasické provedení	20/333	3
RP-6	Klasické provedení	20/333	3
RP-7	Klasické provedení	20/333	3
RP-8	Klasické provedení	20/333	3
RP-9	Klasické provedení	20/333	3
RP-10	Klasické provedení	20/333	3
RP-10	Klasické provedení	20/333	3
RP-12	Klasické provedení	20/333	3
RP-13	Klasické provedení	20/333	3
RP-14	Klasické provedení	20/333	3
RP-15	Klasické provedení	150/333	3
RPO	Klasické provedení	20/333	3
Napájení přístroje XRD 3F	Klasické provedení	150/333	3
Nový výtah A2	Klasické provedení	20/333	3
Výtah KH2	Klasické provedení	20/333	3
Stávající výtah A2	Klasické provedení	20/333	3
Server A2_246	Rogovského sondy	-	3
Server A2_438	Rogovského sondy	-	3
Server A2_636	Rogovského sondy	-	3
		Celkem	63+9

3.4 Doporučení pro areálové měření spotřeby elektrické energie při rekonstrukci trafostanic D1 a D4

V rámci měření spotřeby a kvality elektrické energie na FSI je vhodné měřit i areálovou spotřebu elektrické energie na vývodech trafostanic. Toto měření jde zpracovat do projektu rekonstrukce budov D1 a D4.

Možnou variantou mohou být jističe s integrovaným měření. Každý by byl připojený samostatně k síťovému prvku a datové síti. Datová síť by také byla zbudována v těchto budovách v rámci rekonstrukce. Datová síť by byla spojena optickou trasou do fakultní sítě pro následné zpracování.

Rekonstrukce budov z hlediska stáří systému je na místě. Je třeba nahradit stávající měření za měření s dálkovým odpočtem.

4. ZÁVĚR

V rámci této práce byla provedena rešerše měřicích systémů vhodných pro použití na FSI. Na základě této rešerše byl vybrán systém od výrobce KMB systems. Ten byl nejlépe použitelný pro rozsáhlou instalaci jako tomu na FSI.

Návrh mohl být proveden pouze pro některé budovy. Důvodem byla nedostupnost dokumentace skutečného provedení elektrických rozvodů. To ovšem není velký problém, nezpracované budovy jsou před plánovanou rekonstrukcí. Proto by kapitola 3. měla sloužit jako obecný návod pro návrh, jež jde zapracovat do projektu rekonstrukce každé z budov. Provádět návrh pro stávající elektroinstalaci by bylo bezpředmětné vzhledem k plánovaným rekonstrukcím.

Návrh měření se tedy zbývá již zrekonstruovanými budovami A1, A2, KH2 a A3, KH3. Návrh měření pro budovy A2, KH2 bylo možné provést na základě podobnosti s budovy A3, KH3, protože jde pouze o podobnost, není návrh kompletní. Pro kompletaci návrhu by bylo nutné doplnit převody použitých přístrojových transformátorů.

Ze stejného důvodu, nedostupné dokumentace rozvodů elektrické energie, bylo možné popsat topologii jen některých budov. A to právě těch budov, pro které byl vytvořen i návrh měření.

V rámci bakalářské práce se podařilo zmapovat a graficky zpracovat kabelové trasy v areálu FSI, které vedou i do budov FEKTu a CESA. Stejně jako technická správa pro navržené měření je i grafické zpracování kabelových tras v příloze k této bakalářské práci.

5. LITERATURA

- [1] Shelly Pro 3EM, měřič spotřeby vč. 3 svorek 120A, WiFi, LAN, BT. In: *Alza.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/hobby/shelly-pro-3em-meric-spotreby-vc-3-svorek-120a-wifi-lan-bt-d7667017.htm>
- [2] Shelly Pro 3EM 120 A, měřič spotřeby vč. 3 svorek 120A, WiFi, LAN. In: *Yatun.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://www.yatun.cz/shelly-pro-3em-meric-spotreby-vc-3-svorek-120a-wifi>
- [3] Měřič vyrobené, spotřebované elektrické energie MEM-21. In: *Https://www.tympolplus.cz/* [online]. 2024 [cit. 2024-04-30]. Dostupné z: <https://www.tympolplus.cz/produkt/meric-vyrobene-spotrebovane-elektricke-energie-mem-21>
- [4] Monitor energii elek. MEM-21 ZAMEL Exta Life. In: *Botland.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-04-30]. Dostupné z: <https://botland.cz/zamel-supla-domaci-automatizace/22274-monitor-energii-elek-mem-21-zamel-exta-life-5903669324652.html>
- [5] *MONITOR ENERGII ELEKTRYCZNEJ 3F+N MEM-21 INSTRUKCJA OBSŁUGI* [online]. 1. 2022.
- [6] *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-02]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/>
- [7] EMI 12. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/energeticky-management/emi12>
- [8] EMI 12 RCM. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/energeticky-management/emi12-rcm>
- [9] EMI 12 HALL. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/energeticky-management/emi12-hall>
- [10] EMI 12 FLEX. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/energeticky-management/emi12-flex>
- [11] BCPM 233. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/energeticky-management/bcpm233>
- [12] PT X/333mV s děleným jádrem. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/prislusenstvi-a-ostatni/delena-trafa-x-333mv>
- [13] Pružné snímače X/333mV. In: *Kmb.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/prislusenstvi-a-ostatni/flex-ct>

- [14] Shelly Tran 50A měřící svorka 50 A pro Shelly EM. In: *Alza.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.alza.cz/shelly-tran-50a-merici-svorka-50-a-pro-shelly-em-d6326707.htm?kampan=adwsma_smart_pla_all_obecna-css_smart-home-detektory_c_9062866__SHELLa2113_605137456065_~140962427914~&gclid=CjwKCAjww_iwBhApEiwAuG6ccB0OqTslGCzFGOdLh3lF2hJTqKOezzQTwybNvDf977_UD-VnMl3RoCOdoQAvD_BwE
- [15] Proudový snímač AC. In: *Kmb.cz* [online]. b. r. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://kmb.cz/cs/produkty/prislusenstvi-a-ostatni/flex-ct>
- [16] *Shelly-pro-3em-cz_1.pdf* [online]. 24. 05. 2023. 2023.
- [17] Plány budov. In: *Fme.vutbr.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.fme.vutbr.cz/fakulta/planek/A1/01>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

BUT	Brno university of technologi
CESA	Centrum Sportovních aktivit
EPS	Elektronický protipožární systém
FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
FSI	Fakulta strojního inženýrství
LV	Low voltage
NN	Nízké napětí
VUT	Vysoké učení technické v Brně

Symboly:

U	napětí	V(mV)
I	proud	A

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Schéma zapojení měření v rozvaděči RH.A1

Příloha B - Schéma zapojení měření v rozvaděči RH.A3

Příloha C - Schéma zapojení měření v rozvaděči RM.03

Příloha D - Schéma zapojení měření v rozvaděči RM.10

Příloha E - Schéma zapojení měření v rozvaděči RM.19

Příloha F - Kabelové trasy

Příloha G - Technická zpráva

V přílohách A – E jsou do původní dokumentace dokresleny měřicí transformátory se svými nominálními převody. Samotné měřicí moduly nejsou v dokumentaci uvedeny. Celé měřicí soustavy jsou popsány výše v bakalářské práci.