

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO FUNKČNÍ ZKOUŠKU ZÁSKOKOVÉHO AUTOMATU

TESTING EQUIPMENT FOR FUNCTION TEST OF AUTOMATIC STANDBY UNIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2020



Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Pavel Dušek

ID: 203214

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Testovací zařízení pro funkční zkoušku záskokového automatu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zpracujte rešerši týkající se problematiky záskokové napájení zátěže ze dvou různých zdrojů.
2. Realizujte elektrotechnické schéma příslušného rozvaděče s operátorským panelem SIMATIC KTP400.
3. Na základě návrhu realizujte testovací systém na bázi PLC SIMATIC S7-1200 pro simulaci až tří jistících prvků s pomocnými signály.
4. Vytvořte potřebné programové vybavení pro testovací zařízení včetně vizualizace v operátorském panelu.
5. Ověřte funkčnost vlastního řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

7-1200 Programmable controller: System Manual. SIEMENS, 2015.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 8.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Konzultant: Ing. Tomáš Jukl

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
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

Předložená bakalářská práce se zabývá popisem záskokových automatů a návrhu vlastního řešení pro funkční zkoušku záskokového automatu MODI ZA od firmy OEZ s.r.o. Vlastní řešení spočívá ve vytvoření stavových diagramů kroků funkční zkoušky, zhotovení řídicího programu pro PLC Simatic S7-1200 a operátorský panel Simatic KTP 400, návrhu technické dokumentace zahrnující schéma zapojení testovacího zařízení, rozložení součástek uvnitř rozvaděče, propojovací schémata a ověření funkčnosti testovacího zařízení.

Klíčová slova

záskokový automat, automatické přepínací zařízení, testovací zařízení, Simatic S7-1200, Simatic KTP 400

Abstract

This bachelor's thesis is focused on the description of automatic transfer switch and designing a tester for automatic transfer switch MODI ZA made by OEZ s.r.o. The solution itself consists of creating the state diagrams of the function test steps, programming software for Simatic S7-1S200 PLC and Simatic KTP 400 control panel and creating a technical documentation containing the tester wiring diagram, and layout of the insides of the switchboard. It also contains the diagram explaining how to connect the automatic transfer switch MODI ZA to the tester.

Keywords

automatic transfer switch equipment (ATSE), testing device, Simatic S7-1200, Simatic KTP 400

Bibliografická citace

DUŠEK, Pavel. Testovací zařízení pro funkční zkoušku záskokového automatu. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/126870>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Testovací zařízení pro funkční zkoušku záskokového automatu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a konzultanta s použitím odborné literatury a informačních zdrojů, které jsou citovány a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor dále prohlašuji, že v souvislosti s touto prací 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: 8. června 2020

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení. Dále děkuji konzultantovi práce Ing. Tomáši Juklovi a konstruktérovi Šimonu Chmelíkovi za odbornou pomoc při řešení technické části této bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji společnosti OEZ s.r.o. za možnost vypracování bakalářské práce v prostředí renomované firmy z oboru.

V Brně dne: 8. června 2020

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod	1
2	Popis záskokového automatu	2
3	Rozdělení záskokových automatů.....	3
3.1	Zkratové schopnosti	3
3.1.1	Třída PC	3
3.1.2	Třída CB	3
3.1.3	Třída CC	3
3.2	Prostředí použití	3
3.3	Podélná spojka.....	3
3.3.1	S podélnou spojkou	4
3.3.2	Bez podélné spojky.....	4
3.4	Způsob přepínání napájecích zdrojů.....	4
3.4.1	Open transition	5
3.4.2	Close transition	6
4	Průzkum trhu	8
4.1	Siemens 3KC6, 3KC8.....	8
4.1.1	Siemens 3KC6	8
4.1.2	Siemens 3KC8.....	8
4.2	Siemens ATC 3100, ATC 6300, ATC 6500	9
4.2.1	Siemens ATC 3100.....	9
4.2.2	Siemens ATC 6300.....	10
4.2.3	Siemens ATC 6500.....	11
4.3	OEZ MODI ZA.....	11
4.4	Schneider Electric APZ.....	12
4.5	Eaton ZA	13
4.6	ABB TruONE	14
4.7	Lovato electric ATL 100	15
5	Siemens Simatic S7-1200	16
5.1	CPU jednotka	16
5.2	Signálové moduly (SM).....	18
5.3	Komunikační moduly a procesory (CM a CP)	19
5.4	HMI Basic panely 2. generace	20
6	Testovací zařízení.....	22
6.1	Popis funkce.....	22
6.2	Základní vývojový diagram.....	22
6.3	Volný test	24
6.4	Poloautomatický test.....	25

6.4.1	Testování poloh přepínače	26
6.4.2	Testování spínače generátoru	27
6.4.3	Testování měřícího relé na podpětí a přepětí	27
6.4.4	Testování měřícího relé na změnu fází	28
6.4.5	Testování funkce revizního přepínače	29
6.4.6	Testování výpadku bezpečnostním tlačítkem	30
6.4.7	Testování výpadku zkratem	31
6.5	Záznam z testování	31
6.6	Technické řešení	32
6.6.1	Vstupy a výstupy	32
6.6.2	Řešení pro testování měřících relé	33
6.6.3	Napájecí zdroj	34
6.6.4	Relé	34
6.6.5	Návrh a realizace rozvaděče	34
6.6.6	Přípravek pro izolaci propojovacích vodičů	36
6.7	Ověření funkčnosti	36
7	Závěr	38
	Literatura	39
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	41
	Seznam příloh	42
A	Obsah příloh na CD	43
B	Fotografie	44
C	Technická dokumentace	48

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Ovládání dvou zdrojů s podélnou spojkou [1].....	4
Obrázek 2 - Ovládání dvou zdrojů bez podélné spojky [1]	4
Obrázek 3 - Open transition časový diagram	5
Obrázek 4 - Close transition časový diagram	6
Obrázek 5 - Siemens 3KC6 záskokový automat s příslušenstvím [8].....	8
Obrázek 6 - Siemens 3KC8 záskokový automat s příslušenstvím [8].....	9
Obrázek 7 - Siemens ATC 3100 [8].....	10
Obrázek 8 - Siemens ATC 6300 [8].....	10
Obrázek 9 - Siemens ATC 6500 [8].....	11
Obrázek 10 - OEZ MODI ZA přehled verzí [2]	12
Obrázek 11 - Schneider Electric APZ – nastavovací terminál a dotykový displej [9]	13
Obrázek 12 - Eaton ZA [10]	13
Obrázek 13 - ABB TruONE – přehled rozhraní HMI [11]	14
Obrázek 14 - ABB TruONE.....	15
Obrázek 15 - Lovato electric ATL 100 [12]	15
Obrázek 16 – PLC Siemens Simatic S7-1200 - moduly [14]	16
Obrázek 17 - PLC Siemens Simatic S7-1200 - CPU jednotka [14]	17
Obrázek 18 - Použité signálové moduly SM 1223 [15].....	19
Obrázek 19 - HMI Simatic KTP400 basic [17].....	20
Obrázek 20 - Vývojový diagram funkce testovacího zařízení.....	23
Obrázek 21 - Výpis typů MODI ZA [2]	23
Obrázek 22 - Obrazovka nahrání softwaru do ZA	24
Obrázek 23 - Vývojový diagram volného testování.....	24
Obrázek 24 - Obrazovka volného testu.....	25
Obrázek 25 - Vývojový diagram poloautomatického testu.....	25
Obrázek 26 - Ukázka výzev k obsluze	25
Obrázek 27 - Vyhodnocovací obrazovka.....	26
Obrázek 28 - Vývojový diagram testování polohy 3.....	26
Obrázek 29 - Vývojový diagram testování spínače generátoru	27
Obrázek 30 - Obrazovka s výzvou pro nastavení napětí.....	27
Obrázek 31 - Vývojový diagram testování měřících relé.....	28
Obrázek 32 - Vývojový diagram testování změny fází.....	28
Obrázek 33 - Výzva kontroly revizní obrazovky ZA	29
Obrázek 34 - Výzva k nastavení revizního přepínače	29
Obrázek 35 - Vývojový diagram testování revizního přepínače.....	30
Obrázek 36 - Vývojový diagram testu výpadku bezpečnostním tlačítkem	30
Obrázek 37 - Vývojový diagram testu výpadku zkratem.....	31

Obrázek 38 - Vstupy a výstupy z PLC a rozšiřujících modulů.....	32
Obrázek 39 - Mechanické zarážky dráhy autotransformátoru	33
Obrázek 40 - Převod signálu 0-10 V na hodnotu napětí	33
Obrázek 41 - Vzhled testovacího zařízení	35
Obrázek 42 - Realizace zapojování součástí.....	35
Obrázek 43 - Izolační přípravky a převodní tabulky.....	36
Obrázek 44 - Ověřování funkčnosti testovacího zařízení.....	37
Obrázek 45 - Čelní pohled na testovací zařízení	44
Obrázek 46 - Boční pohled na testovací zařízení.....	45
Obrázek 47 - Pohled na osazenou montážní desku	46
Obrázek 48 - Vytisknutý izolační přípravek vodičů	47
Obrázek 49 - Propojovací vodiče	47

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Lovato electric ATL 100 - meze napájecích napětí.....	15
Tabulka 2 - Technická specifikace CPU jednotky 1212C DC/DC/DC [14]	18
Tabulka 3 - Přehled druhů signálových modulů [14]	18
Tabulka 4 - Základní technické parametry použitých modulů SM1223 [14]	19
Tabulka 5 - Přehled druhů komunikačních modulů a procesorů [14]	20
Tabulka 6 - Základní technické parametry HMI Basic panel KTP400 [16].....	21
Tabulka 7 - Ukázka formátu ukládání záznamů z testování.....	32
Tabulka 8 - Testované záskokové automaty	37

1 ÚVOD

V dnešní době je elektrická energie velmi důležitá pro náš každodenní život. Její výpadek může představovat kolaps dopravní infrastruktury, prostoje ve firmách, problémy s péčí o pacienty v nemocnicích, neinformovanost obyvatelstva, teplotní diskomfort, nefunkčnost osvětlení atd. V některých případech, obzvláště ve firmách u určitých technologií, způsobuje výpadek elektrické sítě vysoké finanční ztráty. V takové situaci je tedy nutné zajistit patřičné opatření. K tomuto účelu slouží náhradní nezávislé zdroje napájení.

První část této bakalářské práce se zabývá principem činnosti záskokového automatu (anglicky ATS – automatic transfer switch), tedy automatického řídicího systému pro vyhodnocení vlastností primárního zdroje napájení a případného přepojení na zdroj náhradní. [1]

Druhá část práce se zabývá návrhem zařízení, které bude testovat funkčnost záskokového automatu MODI ZA od společnosti OEZ s.r.o. Součástí testovacího zařízení záskokových automatů bude PLC Simatic S7-1200 a panel HMI Simatic KTP 400 od společnosti Siemens.

Cílem práce je sestavení funkčního testovacího zařízení, které bude schopno ověřovat funkčnost všech vyráběných typů záskokových automatů MODI ZA a zkoušku reportovat na SD kartu v PLC a na webový server.

2 POPIS ZÁSKOKOVÉHO AUTOMATU

Dle normy ČSN EN 60947-6-1 se jedná o automatické přepínací zařízení (ATSE – automatic transfer switch equipment), které zajišťuje přepínání zdrojů elektrické energie. Používá se především v prostorech, kde je nutné zajistit trvalé napájení zátěže. Automatické přepnutí zdroje napájení (tzn. záskok zdroje) nastává zpravidla v případě, kdy na primárním zdroji vznikne určitá porucha. Primárním zdrojem je obvykle distribuční soustava elektrické energie. Záložním zdrojem může být neshodná distribuční soustava elektrické energie, jiný transformátor ve shodné distribuční soustavě, rotační elektrický generátor, akumulátor apod.

Zařízení se skládá z výkonových spínacích prvků a řídicí části. Výkonové spínací prvky obstarávají samotné připojení (případně odpojení) zátěže od zdroje energie. K tomuto účelu se využívají jističe a vypínače s motorovým pohonem a stykače, pro slaboproudé aplikace relé. Řídicí část nejčastěji představuje PLC, či embedded (vestavěné) zařízení napojené na senzory, ovládací, signalizační a vizualizační prvky. Řídicí program pomocí senzorů zjišťuje stavy výkonových spínacích prvků, poruchy a kvalitu dodané elektrické energie. K zjišťovaným poruchám a kvalitám sítě patří sledování výpadku napětí v jednotlivých fázích, sledování správného sledu fází, měření podpětí a přepětí přívodů. Záskokový automat obsahuje přepínač realizující manuální volbu zdroje a odpojení řídicího systému od výkonových spínacích prvků. Odpojení řídicího systému se využívá k revizi jednotlivých zdrojů. Důležitou vlastností záskokových automatů je blokování nepovolených stavů. Za nepovolený stav se považuje zapnutí více zdrojů napájení současně na stejnou zátěž. K zajištění blokace zapnutí více zdrojů současně je možné využít mechanické blokovací systémy nebo elektrické blokování realizované kombinací podpětíové spouště a stavových kontaktů umístěných v jističi/vypínači. Výjimka z blokace nepovolených stavů je možná pouze v případě, kdy zdroje elektrické energie tvoří parametrově identické transformátory. Povolení ke krátkodobému současnému připojení více zdrojů k jedné zátěži musí schválit distributor elektrické energie. [2], [3], [4], [5], [13]

3 ROZDĚLENÍ ZÁSKOKOVÝCH AUTOMATŮ

3.1 Zkratové schopnosti

Podle normy ČSN EN 60947-6-1 rozdělujeme zařízení dle zkratové schopnosti do tří tříd: [13]

3.1.1 Třída PC

Jedná se o přepínací zařízení schopné zapínat a vydržet zkratové proudy. Zařízení však není určeno k vypínání zkratových proudů.

3.1.2 Třída CB

Jedná se o přepínací zařízení opatřené nadproudovými spouštěmi, schopné zapínat i vypínat zkratové proudy.

3.1.3 Třída CC

Jedná se o přepínací zařízení schopné zapínat i vydržet zkratové proudy. Zařízení však není určeno k vypínání zkratových proudů. Zařízení na bázi přístrojů splňujících IEC 60947-4-1.

3.2 Prostředí použití

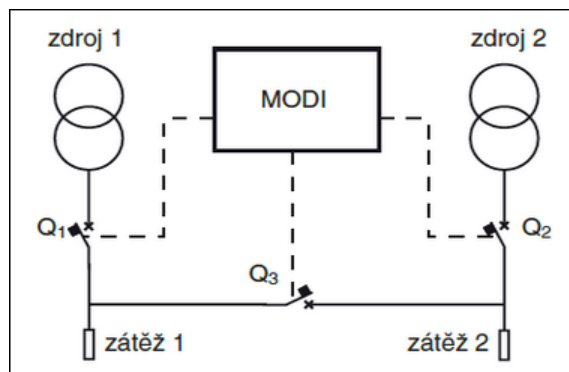
Záskokové automaty můžeme rozdělit na zařízení pro domácí použití a zařízení určené k napájení průmyslové a kritické infrastruktury. Jedním z hlavních rozdílů mezi těmito skupinami je požadavek na velmi vysokou spolehlivost u přístrojů pro aplikaci v průmyslu a kritické infrastruktuře. Vlastnostmi zařízení pro domácí použití mohou být nenáročnost na jmenovité proudy procházející výkonovými prvky, nižší počet připojitelných zaskakovaných zdrojů, nemedulární konstrukce zařízení, omezené možnosti vzdáleného řízení, omezené možnosti oprav. Od zařízení určených pro použití v kritické infrastruktuře a průmyslu se očekává dlouhá životnost, umístění ve skříňových rozvaděčích s možností rozšíření funkcí, velké jmenovité proudy tekoucí výkonovými prvky a jednoduchý servis a údržba zařízení.

3.3 Podélná spojka

Záskokové automaty můžeme dělit na automaty s podélnou spojkou a automaty bez podélné spojky. [1], [3]

3.3.1 S podélnou spojkou

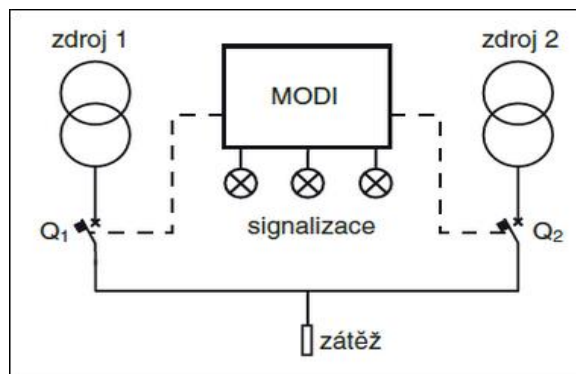
Jedná se o výkonový spínací prvek zapojený mezi více zátěžemi, přičemž má každá zátěž rozdílný zdroj napájení. Při poruše jednoho ze zdrojů se odpojí výkonový spínací prvek zdroje, na němž nastala porucha, a podélná spojka se sepne. Tím je zaručeno napájení všech zátěží. Na obr. 1 je příklad zapojení záskokového automatu se dvěma zdroji a jejich výkonovými spínacími prvky (zdroj 1 a Q1, zdroj 2 a Q2), dvěma zátěžemi (zátěž 1 a zátěž 2) a podélnou spojkou (Q3). Zakázaným stavem je sepnutí všech tří výkonových spínacích prvků současně. [1], [3]



Obrázek 1 - Ovládání dvou zdrojů s podélnou spojkou [1]

3.3.2 Bez podélné spojky

Záskokové automaty bez podélné spojky mají pouze jednu zátěž. Na obr. 2 je příklad zapojení záskokového automatu se dvěma zdroji bez podélné spojky. [1], [3]



Obrázek 2 - Ovládání dvou zdrojů bez podélné spojky [1]

3.4 Způsob přepínání napájecích zdrojů

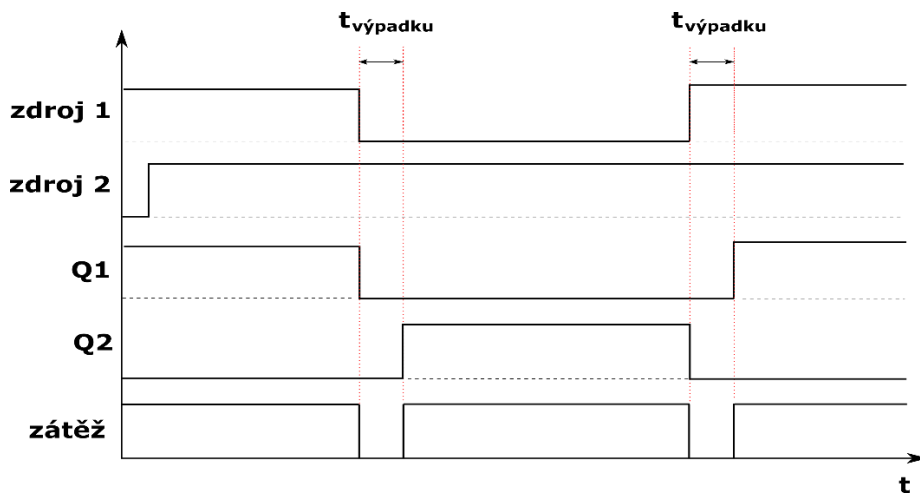
Podle tohoto kritéria dělíme automaty na open a close transition. Tomuto tématu se věnují níže uvedené podkapitoly. [6]

3.4.1 Open transition

Jedná se o způsob přepínání záskokového automatu tzn. „break before make“, kdy řídicí systém při poruše dodávky energie nejprve odpojí výkonový spínací prvek zdroje, na kterém je závada, čímž je zátěž po určitý časový interval odpojena od zdroje napětí. Výkonový spínací prvek náhradního zdroje elektrické energie sepne až po splnění podmínek pro připojení. V níže uvedených podkapitolách je popsáno rozdělení open transition záskokových automatů na základě podmínek pro připojení výkonového spínacího prvku.

Na obr. 3 je zakreslena vizualizace způsobu přepínání open transition. Výkonové prvky jsou označeny jako Q1 a Q2. Časový interval, kdy je zátěž bez napájení se označuje jako $t_{\text{výpadku}}$.

Výpadek napětí u zátěže tvořené elektronickými systémy může způsobit ztrátu důležitých dat. Této ztrátě dat je možné předejít připojením zdroje nepřerušovaného napětí (tzn. UPS – Uninterruptible Power Supply), který po dobu intervalu mezi odepnutím primárního zdroje a připnutím zdroje náhradního zajišťuje napájení důležitých elektronických obvodů. [6]



Obrázek 3 - Open transition časový diagram

3.4.1.1 Open delayed transition

Podmínkou pro připojení výkonového spínacího prvku náhradního zdroje je uplynutí předem nastavitelného časového intervalu, nebo pokles napětí zátěže na předem nastavenou hodnotu. [6]

3.4.1.2 Open in-phase transition

Podmínkou pro připojení výkonového spínacího prvku náhradního zdroje je určení okamžiku, kdy je na náhradní zdroj se zátěží synchronizován ve fázi, frekvenci a napětí. Synchronizace těchto parametrů a následné připojení náhradního zdroje

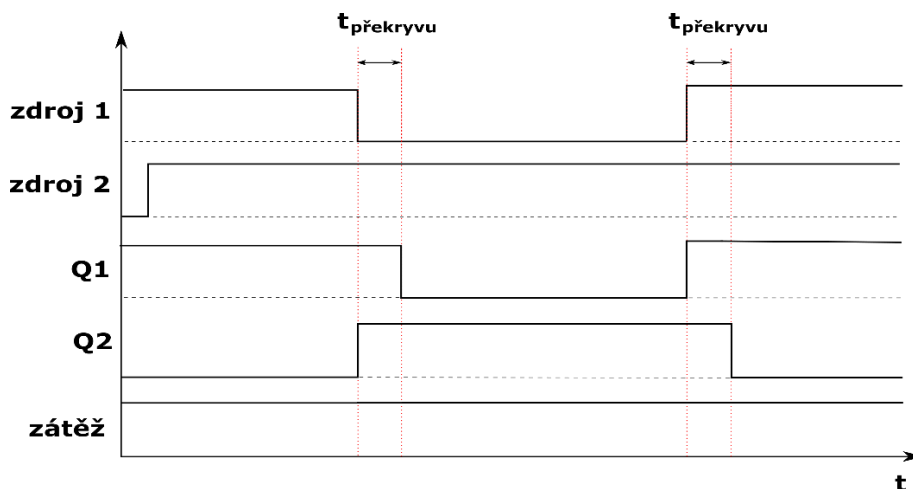
probíhá obvykle v řádech desítek milisekund. Tento způsob přepínání zdrojů umožňuje provést záskok za mnohem kratší časový interval než open delayed transition. Problémem tohoto způsobu přepínání zdrojů může být situace, kdy nedojde k nalezení vhodného okamžiku synchronizace. Není tedy splněna podmínka sledu fází, frekvence nebo napětí náhradního zdroje a zátěže. V takovém případě by se záskokový automat měl přepnout do režimu open delayed transition. V opačném případě k přepojení zdrojů nedojde. [6]

3.4.2 Close transition

Jedná se o způsob přepínání záskokového automatu tzn. „make before break“, kdy řídicí systém při poruše dodávky energie z primárního zdroje nejdříve určí okamžik, kdy je náhradní zdroj s primárním zdrojem synchronizován ve fázi, frekvenci a napětí. V daný okamžik se sepne výkonový spínací prvek náhradního zdroje. Následuje časový interval, kdy jsou oba zdroje připojeny k zátěži současně. V dalším kroku je rozepnut výkonový spínací prvek primárního zdroje napětí. Tento způsob přepínání zdrojů umožňuje stále nepřerušované napájení zátěže. V závislosti na synchronizaci parametrů zdrojů napětí při záskoku není možné záskokový automat vybavit přímým manuálním přepínačem aktivního zdroje napájení. Způsob přepínání zdrojů close transition lze dále členit na passive, active a soft load.

Tento druh záskokových automatů neblokuje zakázané stavy (viz kapitola 2.1) a smí se využívat pouze v případech, kdy distributor elektrické energie vydal povolení ke krátkodobému současnému chodu zdrojů do stejné zátěže.

Na obr. 4 je zakreslena vizualizace způsobu přepínání close transition. Výkonové spínací prvky jsou označeny jako Q1 a Q2. Časový interval, kdy jsou oba výkonové spínací prvky zapojeny současně se označuje jako $t_{\text{překryvu}}$. [3], [6]



Obrázek 4 - Close transition časový diagram

3.4.2.1 Passive close transition

Jedná se o formu close transition, kdy je povolení připojit výkonový spínací prvek náhradního zdroje řízeno kontrolním synchronizačním relé. Synchronizační relé povolí připojit náhradní zdroj současně s primárním zdrojem na zátěž jen v případě, kdy jsou oba zdroje synchronizovány ve fázi, frekvenci a napětí. Pokud k synchronizaci dojde, je připojen výkonový spínací prvek náhradního zdroje napětí a poté je odpojen výkonový spínací prvek primárního zdroje. Odpojení výkonového spínacího prvku primárního zdroje by nemělo trvat déle než 100 ms. Pokud k synchronizaci nedojde, nemůže dojít k přepojení formou close transition. Některé záskokové automaty se při neúspěšném pokusu o synchronizaci v určeném nastaveném času přepnou do módu open transition a přepnutí zdroje napětí dokončí s krátkým výpadkem napájení. [3], [6]

3.4.2.2 Active close transition

Jedná se o formu close transition, kdy je povolení připojit výkonový spínací prvek náhradního zdroje řízeno aktivním synchronizátorem. Aktivní synchronizátor řídí regulátor otáček náhradního generátorového zdroje. V okamžiku, kdy je dosaženo synchronizace fáze, frekvence a napětí s primárním zdrojem, pak je sepnut výkonový spínací prvek náhradního zdroje. Obdobně jako u passive close transition následuje časový interval, kdy jsou zdroje napětí připojeny současně a následně je výkonový spínací prvek primárního zdroje odpojen. Tento interval by neměl trvat déle než 100 ms. Tento způsob přepínání zdrojů neumožňuje externě řídit regulátor otáček generátoru (náhradního zdroje). [7]

3.4.2.3 Soft load close transition

Jedná se o formu close transition, kdy je povolení připojit výkonový spínací prvek náhradního zdroje, stejně jako u active close transition, řízeno aktivním synchronizátorem. Rozdíl mezi active a soft load close transition tkví v intervalu, kdy jsou sepnuty výkonové spínací prvky zdrojů současně. U soft load close transition je interval sepnutí delší (obvykle jednotky sekund). Delší doba působení více zdrojů současně pomáhá s postupným přenesením zátěže mezi zdroji. Výkonový spínací prvek primárního zdroje je odpojen, jakmile je přenesena zátěž na náhradní zdroj. [7]

4 PRŮZKUM TRHU

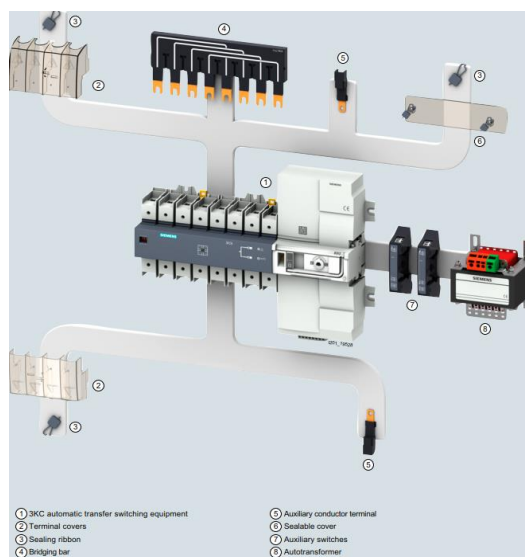
V následujících podkapitolách jsou popsány vlastnosti komerčně nabízených zásokových automatů.

4.1 Siemens 3KC6, 3KC8

Jedná se o zásokové automaty, jejichž výkonové spínací prvky tvoří odpínače, které jsou svým vzájemným pootočením mechanicky blokovány proti sobě vůči nepovoleným stavům (Open transition – viz kapitola 2.2.2). Zařízení v jednom těle obsahuje dva vzájemně blokováné výkonové odpínače, motorový pohon, řídicí jednotku a uzamykací mechanismus.

4.1.1 Siemens 3KC6

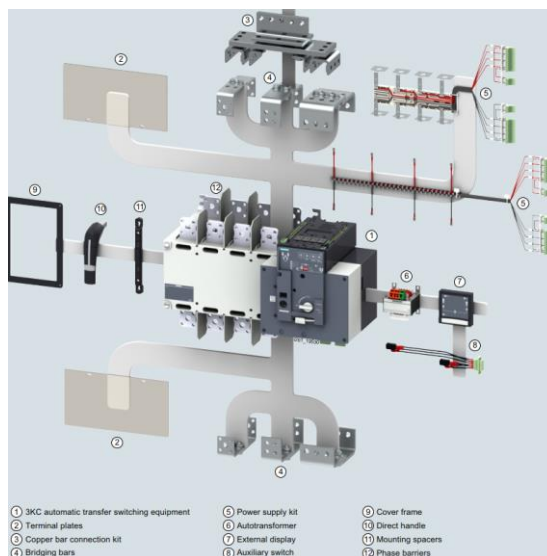
Jde o zásokový automat pro jmenovité proudy od 40 A do 160 A. Pomocí dostupného příslušenství jako jsou pomocné spínače a autotransformátory lze dále rozšiřovat funkčnost a signalizaci zařízení.



Obrázek 5 - Siemens 3KC6 zásokový automat s příslušenstvím [8]

4.1.2 Siemens 3KC8

Jde o zásokový automat pro jmenovité proudy od 250 A do 3200 A. Pomocí dostupného příslušenství jako jsou pomocný spínač, autotransformátor, vodiče pro měření kvality sítě, ruční ovládací páka a externí displej lze dále rozšiřovat funkčnost a signalizaci zařízení.



Obrázek 6 - Siemens 3KC8 záskokový automat s příslušenstvím [8]

4.2 Siemens ATC 3100, ATC 6300, ATC 6500

Jedná se o záskokové automaty, které přepínají zdroje pomocí výkonových spínacích prvků tvořených jističi s motorovými pohony.

4.2.1 Siemens ATC 3100

Jedná se o nejlevnější verzi z tří výše uvedených záskokových automatů. Záskokový automat je určen k záskoku dvou zdrojů bez podélné spojky. Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition. Na ovládacím panelu lze třemi trimry nastavit toleranci podpětí (od 70 % do 95 %), zpoždění od odepnutí primárního zdroje k sepnutí zdroje náhradního (od 0 s do 60 s) a časové zpoždění přepnutí ze zdroje náhradního na zdroj primární, kdy je již primární zdroj v pořádku (od 0 s do 300 s). Ovládacím tlačítkem „MODE“ lze přístroj nastavit do jednoho ze tří režimů ovládání, kterými jsou: „AT+AR“, „MANUAL“ a „AT“. Režim „MANUAL“ slouží k manuálnímu nastavení zdroje pomocí tlačítek „LINE 1 ON“ / „LINE 2 ON“. Režim „AT“ vykonává automatický záskok primárního zdroje bez zpětného vrácení napájení zátěže primárnímu zdroji v případě vyřešení poruchy. Režim „AT+AR“ vykonává automatický záskok primárního zdroje včetně zpětného vrácení napájení zátěže primárnímu zdroji v případě vyřešení poruchy. Signalizační prvky zastává deset LED diod s popisky. Signalizuje se zvolený režim provozu, stav jednotlivých zdrojů, stav generátoru a stav výkonových spínacích prvků (jističů). Pro práci záskokového automatu lze použít vzduchové jističe značky Siemens z řady 3WL a 3WT a jističe Siemens modelové řady 3VA, 3VL, 3VT s patřičným příslušenstvím zahrnujícím motorové pohony, pomocné spínače a podpěťové cívky. [8]



Obrázek 7 - Siemens ATC 3100 [8]

4.2.2 Siemens ATC 6300

Záskokový automat je určen k záskoku dvou zdrojů bez podélné spojky. Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition a open in-phase transition. Ovládání a signalizaci zajišťuje pět tlačítek, šest signalizačních LED diod s popisky a displej s uživatelským rozhraním. V uživatelském rozhraní lze nastavovat limitní parametry záskoku pro napětí, frekvenci a fázi, časy zpoždění mezi přepnutím zdrojů, parametry a prioritu zdrojů, parametry výkonových spínacích prvků, způsob komunikace, jazyk uživatelského rozhraní, datum, čas, heslo atd. Přístroj podporuje komunikaci s okolními systémy pomocí Ethernet s Modbus TCP, RS 485 s Modbus RTU a USB. Pro práci záskokového automatu lze použít síťové přepínače Siemens 3KC3 a 3KC4, vzduchové jističe značky Siemens z řady 3WL a 3WT a jističe Siemens modelové řady 3VA a 3VL s patřičným příslušenstvím zahrnujícím motorové pohony, pomocné spínače a podpětové cívky. [8]



Obrázek 8 - Siemens ATC 6300 [8]

4.2.3 Siemens ATC 6500

Záskokový automat je určen k záskoku dvou zdrojů s možností zapojení podélné spojky. Přepínání zdrojů probíhá formou open in-phase transition nebo v závislosti na nastavení i formou open delayed transition. Ovládání a signalizaci zajišťuje třináct tlačítek, devět signalizačních LED diod s popisky a displej s uživatelským rozhraním. V uživatelském rozhraní lze nastavovat limitní parametry záskoku pro napětí, frekvenci a fázi, časy zpoždění mezi přepnutím zdrojů, parametry a prioritu zdrojů, parametry výkonových spínacích prvků, způsob komunikace, jazyk uživatelského rozhraní, datum, čas, heslo atd. Příklad podporuje komunikaci s okolními systémy pomocí Ethernet s Modbus TCP, RS 485 s Modbus RTU a USB. Pro práci záskokového automatu lze použít vzduchové jističe značky Siemens z řady 3WL a 3WT a jističe Siemens modelové řady 3VA s patřičným příslušenstvím zahrnujícím motorové pohony, pomocné spínače a podpěťové cívky. [8]

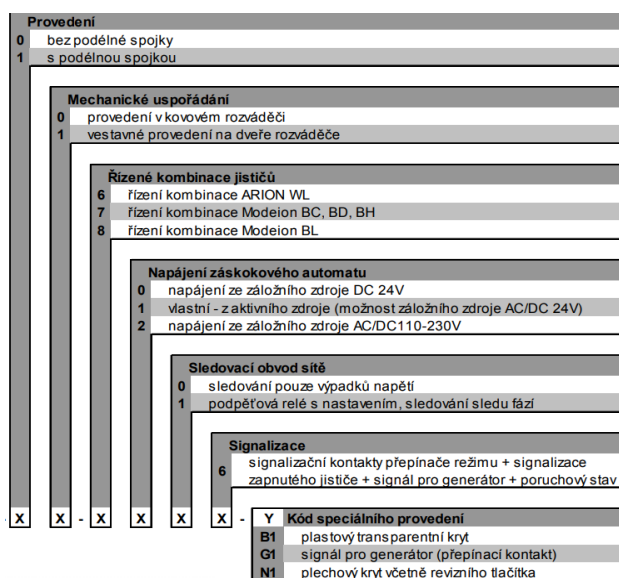


Obrázek 9 - Siemens ATC 6500 [8]

4.3 OEZ MODI ZA

Jedná se o záskokový automat pro záskok dvou zdrojů s velkou škálou verzí (viz obr. 10). Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition. Příklad může být v závislosti na výběru verze vybaven řízením podélné spojky. Ovládání a signalizaci zajišťuje otočný přepínač stavů, dotykový displej s uživatelským rozhraním a dle konfigurace verze i revizní přepínač, bezpečnostní stop tlačítko a signalizační diody. Otočným přepínačem stavů lze nastavit manuální volbu zdrojů nebo automatický chod. V uživatelském rozhraní lze nastavit prioritu zdrojů, minimální dobu mezi přepnutím zdrojů, časové intervaly pro minimální přítomnost napětí na zdroji a časový interval pro maximální výpadek napětí. Provedení přístroje může být rozvaděčové, nebo vestavěné na montážní panel dveří zákaznickova rozvaděče. Záskokový automat je dle konfigurace určen pro

spolupráci s výkonovými spínacími prvky (jističi) značky OEZ ARION WL, Modeion BC, Modeion BD, Modeion BH a Modeion BL. Napájení záskokového automatu lze opět dle konfigurace rozdělit na napájení ze záložního zdroje 24 V DC, 110–230 V AC a aktivního zdroje (jeden ze dvou řízených zdrojů). Záskokový automat může být vybaven měřicími relé se sledováním sledu fází, pořadí fází, podpětí a přepětí. Přístroj může řídit pomocí přepínacího relé chod náhradního generátorového zdroje. [2]



Obrázek 10 - OEZ MODI ZA přehled verzí [2]

4.4 Schneider Electric APZ

Jedná se o záskokový automat s velkou variabilitou verzí pro záskok dvou až tří zdrojů. Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition a u verze pro paralelní chod formou passive close transition. Přístroj může být v závislosti na výběru verze vybaven řízením podélné spojky. Přístroj může být napájen z UPS, aktivního zdroje nebo z kombinace UPS a aktivního zdroje. Provedení přístroje může být rozvaděčové nebo vestavěné na montážní panel dveří zákaznickova rozvaděče. Řídicí systém může být vybaven komunikací Ethernet Modbus TCP/IP. Záskokový automat je dle konfigurace určen pro spolupráci s výkonovými spínacími prvky (jističi) značky Schneider Electric Masterpact NT/NW a Compact NS/NSX. Záskokový automat může být vybaven monitorovacím relé, které kontroluje pořadí fází, přítomnost všech fází, podpětí a přepětí. Ovládání a signalizaci zajišťují nastavovací terminál, dotykový displej s uživatelským rozhraním, stop tlačítko, resetovací tlačítko a kontrolka rozvaděče pod napětím. Dle konfigurace může být dotykový displej s uživatelským rozhraním nahrazen klasickými spínači, přepínači a signalizačními kontrolkami. Na nastavovacím terminálu je možné měnit hodnoty času reakce soustavy na ztrátu napětí, čas

reakce soustavy na návrat napětí, čas doběhu generátoru, čas odlehčení neprioritních přívodů atd. Na dotykovém displeji s uživatelským rozhraním je možné zobrazovat hodnoty jednotlivých napětí, maxima, vypínací proudy atd. [9]



Obrázek 11 - Schneider Electric APZ – nastavovací terminál a dotykový displej [9]

4.5 Eaton ZA

Jedná se o záskokový automat pro spínání až tří výkonových spínacích prvků s řízením podélné spojky v závislosti na výběru verze. Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition. Záskokový automat je dle konfigurace určen pro spolupráci se stykači a jističi značky Eaton řady NZM, PMC a IZM v kombinaci s patřičným příslušenstvím zahrnujícím motorové pohony a pomocné spínače. Zařízení je ovládáno řídicím relé, na kterém je možné nastavit zpoždění sepnutí a odepnutí výkonových spínacích prvků. Přepínačem je možné provést volbu režimů automatu. Na výběr jsou režimy automatický a manuální. Zařízení je dle konfigurace možné napájet 230 V AC, 24 V DC, 110 V DC a 220 V DC. Záskokový automat lze rozdělit na tři základní verze: ZA-2.0, ZA-2.1 a ZA-3.0. ZA-2.0 je verze zařízení, která disponuje možností záskoku dvou zdrojů pomocí dvou výkonových spínacích prvků bez možnosti připojení podélné spojky. Verze ZA-2.1 dokáže řídit záskok dvou zdrojů s možností připojení podélné spojky. ZA-3.0 je verze zařízení, která disponuje možností záskoku tří zdrojů bez možnosti připojení podélné spojky. [10]



Obrázek 12 - Eaton ZA [10]

4.6 ABB TruONE

Jedná se o záskokové automaty, jejichž výkonové spínací prvky tvoří odpínače, které jsou svým vzájemným pootočením vůči sobě mechanicky blokovány vůči nepovoleným stavům. Zařízení je určeno k záskoku dvou zdrojů bez možnosti zapojení podélné spojky. Konstrukci zařízení tvoří jeden celek, který obsahuje dva vzájemně blokováné výkonové odpínače (dle verze až 3f+N), motorový pohon, řídicí a signalizační jednotku a uzamykací mechanismus. Přepínání zdrojů probíhá dle verze zařízení formou open delayed transition nebo formou open in-phase transition. Velikost jmenovitých proudů odpínačů je v závislosti na výběru verze zařízení od 200 do 1600 A. Přístroj může být dodán ve verzi s krytem (v elektrorozvaděči), nebo ve verzi bez krytu k přímé montáži. Možnosti výběru jsou i v umístění kontaktů k připojení zdrojů a zátěže. Dle zvolené verze jsou kontakty zdrojů umístěny shora zařízení a kontakty zátěže jsou zezdola nebo naopak. Nastavení, ovládaní a signalizaci zajišťují rozhraní HMI. Na trhu jsou dostupné 3 jednotky, které se liší výbavou. První z nich nazvané rozhraní úroveň 2 má oproti dvou zbylým rozhraním jednodušší nastavení časových prodlev, mezních hodnot napětí a kmitočtu a nemožnost komunikace pomocí průmyslových komunikačních protokolů. Nastavení a ovládání záskokového automatu s rozhraním úroveň 2 je realizováno pomocí přepínačů a tlačítek. Rozhraní úroveň 3 je ovládáno pomocí tlačítek a LCD displeje. Rozhraní úroveň 4 je ovládáno pomocí tlačítek a dotykového displeje.



Obrázek 13 - ABB TruONE – přehled rozhraní HMI [11]

Rozhraní úroveň 3 a 4 je možné ovládat přes komunikační protokoly Modbus RTU, Modbus/TCP, Profibus DP, Profinet, Devicenet, Ethernet IP, IEC 61850 a ABB Ability EDCS. [11]



Obrázek 14 - ABB TruONE

4.7 Lovato electric ATL 100

Jedná se o model záskokového automatu pro domácí (hobby) použití. Přístroj je určen pro záskok dvou jednofázových zdrojů bez podélné spojky. Přepínání zdrojů probíhá formou open delayed transition. Výkonové spínací prvky mohou tvořit stykače, relé nebo přepínače sítí s motorovým pohonem. Přístroj pracuje pouze v automatickém režimu, přičemž primární zdroj napájení musí být zapojený ve vstupu L1. Vstup L2 slouží pro připojení náhradního zdroje napětí. Řídící systém kontroluje pouze přípustné meze napájecího napětí (viz tabulka 1). [12]

Kontrolované napětí [V AC]			
110		230	
přípustné meze [V AC]			
MIN	MAX	MIN	MAX
88	152	176	288

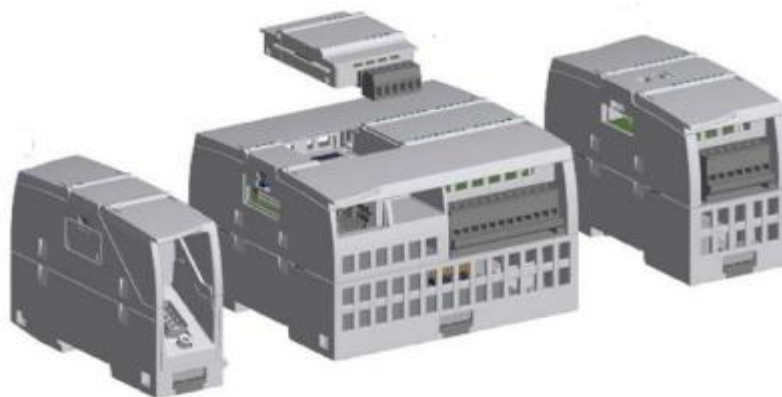
Tabulka 1 - Lovato electric ATL 100 - meze napájecích napětí



Obrázek 15 - Lovato electric ATL 100 [12]

5 SIEMENS SIMATIC S7-1200

Jedná se o modulární platformu programovatelných logických automatů (PLC), které jsou určeny především pro malé a střední automatizační úlohy. Základ PLC tvoří CPU jednotka, ke které jsou připojovány rozšiřující moduly. Moduly lze rozdělit na signálové (SM), komunikační (CM a CP), napájecí, speciální technologické a rozšiřovací karty. Z pravé strany CPU jednotky se připojují signálové a speciální technologické moduly. Z levé strany CPU jednotky se připojují komunikační a napájecí karty. Na čelní straně CPU modulu je místo pro připojení rozšiřujících karet pro baterii (battery board – BB), komunikační rozhraní (communication board – CB) nebo signálové rozšíření (signal board – SB). [14]



Obrázek 16 – PLC Siemens Simatic S7-1200 - moduly [14]

5.1 CPU jednotka

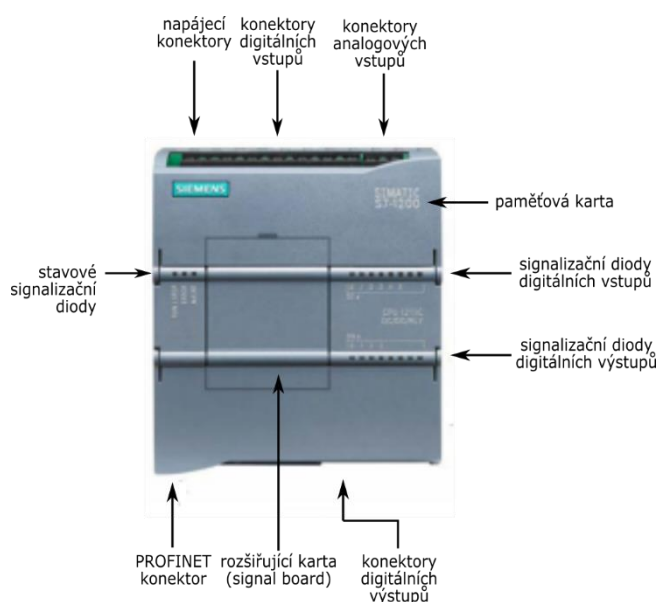
CPU jednotky lze rozlišit podle druhu napájení, vstupních a výstupních portů. Dle tohoto kritéria rozlišujeme tři typy zařízení: DC/ DC/ DC, DC/ DC/ Relay a AC/ DC/ Relay. První zkratka označuje druh napájení CPU jednotky, druhá udává druh vstupních signálů a třetí označuje druh výstupních signálů. Zkratka DC zastupuje stejnosměrné napětí 20,4–28,8 V. Zkratka relay reprezentuje způsob spínání výstupních signálů pomocí integrovaných relé s napěťovým rozsahem 5–30 V DC nebo 5–250 V AC a s proudovým zatížením $I = 2 \text{ A}$.

Další možné rozdělení je dle modelové varianty. CPU jednotky se vyrábějí ve variantách 1211C, 1212C, 1214C, 1215C a 1217C, přičemž varianty se od sebe odlišují množstvím vnitřní paměti, množstvím vstupů a výstupů, rozměry, počtem připojitelných modulů atd.

Spuštěná CPU jednotka se ze softwarového hlediska nachází v jednom ze tří stavů: STARTUP, RUN nebo STOP. Po připojení napájení nebo restartu se procesor

nachází ve stavu STARTUP, kdy se provádí inicializační proces zahrnující vymazání paměti (registru) vstupů, inicializaci výstupů, inicializaci hodnot markerů a data bloků, povolení cyklických přerušení a povolení zápisu výstupů. Po provedení spouštěcí (STARTUP) sekvence se procesor dostává do stavu RUN, kde se cyklicky provádí zápis paměti výstupů Q na fyzické výstupy, zápis stavů fyzických vstupů do paměti vstupů I, vykonávání uživatelského programu a diagnostický test. Přerušování a komunikace se zpracovávají okamžitě v jakékoliv části cyklu stavu RUN. Do stavu STOP lze procesor dostat příkazem například z panelu HMI nebo prostředí TIA portál. V tomto stavu se neprovádí uživatelský program a je možné nahrávat uživatelský program.

CPU jednotky disponují zabudovaným průmyslovým komunikačním rozhraním PROFINET a možností připojení rozšiřující paměťové karty. [14]



Obrázek 17 - PLC Siemens Simatic S7-1200 - CPU jednotka [14]

Pro řízení testovacího zařízení záskokových automatů byla využita CPU jednotka 1212C DC/DC/DC. V tabulce 2 je popis základní technické specifikace této jednotky.

Operační paměť	75 kB
Programová a datová paměť	2 MB
Zálohovací paměť	10 kB
Bitová paměť	4 kB
Počet digitální vstupů (DI)	8
Počet digitální výstupů 24 V DC (DQ)	6

Počet analogových vstupů (AI)	2
Rozšiřitelnost signálovými moduly (SM)	max. 2
Rozšiřitelnost komunikačními moduly (CM)	max. 3
Rozšiřitelnost kartami (SB, BB, CB)	max. 1
Vysokorychlostní čítače (HSC)	6 x 100 kHz
	2 x 20 kHz
Pulsní výstupy (PWM)	4 x 100 kHz
	2 x 20 kHz
Napájecí napětí	24 V DC
Příkon	9 W
Rozlišení cyklického přerušování	4 x 1 ms
Rozlišení hardwarového přerušování	8 x náběžná hrana
	8 x sestupná hrana
Přesnost hodin reálného času	± 60 s/měsíc
Doba uložení reálného času při výpadku napájení	min. 12 dní
Napěťový rozsah analogového vstupu (AI)	0–10 V
Rozlišení analogového vstupu (AI)	10 bitů
Přesnost měření analogového vstupu (AI accuracy)	3,5 % z rozsahu

Tabulka 2 - Technická specifikace CPU jednotky 1212C DC/DC/DC [14]

5.2 Signálové moduly (SM)

Jsou určeny k signálovému rozšíření CPU jednotek. Signálové moduly se dělí podle druhu vstupního a výstupního signálu na analogové a digitální. Zvláštními druhy signálových modulů jsou měřič energie SM 1238, který měří vlastnosti 1–3fázové elektrické soustavy a IO-Link komunikační sběrnice SM1278. V tabulce 3 jsou zobrazeny druhy signálových modulů. [14]

SM 1221	Digitální vstupy (DI)
SM1222	Digitální výstupy (DQ)
SM 1223	Digitální vstupy (DI)
	Digitální výstupy (DQ)
SM1231	Analogové vstupy (AI)
SM1232	Analogové výstupy (AQ)
SM1234	Analogové vstupy (AI)
	Analogové výstupy (AQ)
SM1238	Měřič vlastností elektrické soustavy
SM1278	Komunikační rozhraní IO-Link

Tabulka 3 - Přehled druhů signálových modulů [14]

Pro testovací zařízení záskokových automatů byly využity dvě jednotky SM1223. Základní technické parametry jednotek jsou uvedeny v tabulce 4.

Typové číslo	6ES7223-1BH32-0XB0	6ES7223-1BL32-0XB0
Výška modulu	100 mm	100 mm
Šířka modulu	45 mm	70 mm
Délka modulu	75 mm	75 mm
Počet digitálních vstupů (DI)	8 x 24 V DC	16 x 24 V DC
Počet digitálních výstupů (DQ)	8 x 24 V DC	16 x 24 V DC
Rozsah napětí	20,4–28.8 V DC	20,4–28.8 V DC
Logická 1	min. 20 V DC	min. 20 V DC
Logická 0	max. 0,1 V DC	max. 0,1 V DC
Maximální proud	max. 0,5 A	max. 0,5 A
Zpoždění spínání	max. 50 μ s off -> on	max. 50 μ s off -> on
	max. 200 μ s on -> off	max. 200 μ s on -> off

Tabulka 4 - Základní technické parametry použitých modulů SM1223 [14]



Obrázek 18 - Použité signálové moduly SM 1223 [15]

5.3 Komunikační moduly a procesory (CM a CP)

Moduly umožňují komunikaci pomocí protokolů PROFIBUS, GPRS, LTE, WAN, RS485, RS422, RS232, IEC, DNP3, USS a MODBUS. Mezi komunikační moduly patří mimo jiné i moduly procesory pro vzdálený přístup (tzn. Telecontrol). Telecontrol je vzdálené spojení mezi přenosným terminálem a PLC, pomocí kterého je možné

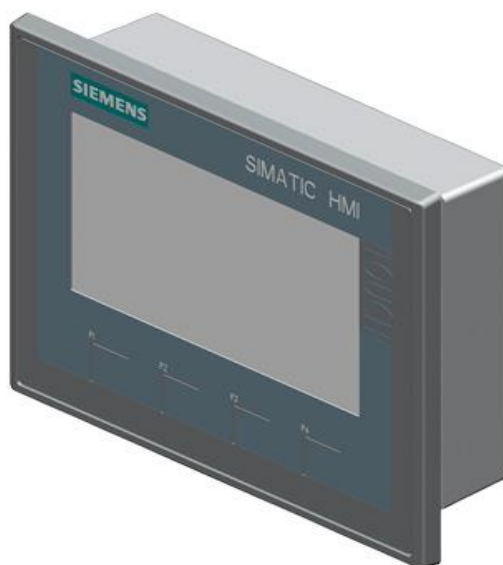
monitorovat a řídit PLC dálkově prostřednictvím veřejných i privátních sítí. Přehled druhů komunikačních modulů je zobrazen v tabulce 5. [14]

CM1241 RS232	Sériové komunikační rozhraní RS232
CM1241 RS422/485	Sériové komunikační rozhraní RS422/485
CP1243-1	Telecontrol pomocí protokolu DNP3, IEC 60870-5 nebo PCC
CM1243-2	Průmyslová sběrnice AS-interface
CM1242-5	Průmyslová sběrnice PROFIBUS DP slave
CM1243-5	Průmyslová sběrnice PROFIBUS DP master
CP1242-7	Vzdálený přístup Telecontrol pomocí GPRS
CP1243-7	Vzdálený přístup Telecontrol pomocí LTE

Tabulka 5 - Přehled druhů komunikačních modulů a procesorů [14]

5.4 HMI Basic panely 2. generace

Panel HMI je rozhraní, kterým může obsluha na stroji nastavovat parametry, ovládat spouštění a vypínání různých podprogramů a funkcí, indikovat stavy, chyby atd. Basic panely se od sebe liší velikostí úhlopříčky a komunikačním rozhraním. Z komunikačních rozhraní je na výběr mezi průmyslovými sběrnici PROFIBUS (konektor RS422/485) a PROFINET (konektor RJ-45). Panely jsou napájeny napětím 24 V DC. Pomocí zabudovaného rozhraní USB lze na flash disk ukládat a načítat recepty a datové záznamy proměnných. Dle velikosti úhlopříčky lze Basic panely rozdělit na 4.3", 7", 9" a 12". Pro testovací zařízení záskokových automatů byl vybrán Basic panel KTP400 s technickými parametry uvedenými v tabulce 6. [16]



Obrázek 19 - HMI Simatic KTP400 basic [17]

Typ	KTP400 Basic
Hmotnost	360 g
Velikost displeje	95 x 53,9 mm
Úhlopříčka displeje	4,3"
Rozlišení displeje	480 x 272 px
Hardwarová tlačítka	4
Paměť pro data	256 MB
Paměť pro program	512 MB
Typ komunikační sběrnice	PROFINET
Rozsah napájecího napětí	19,2–28,8 V DC
Spotřeba proudu	max. 310 mA
Počet obrazovek	max. 250
Počet tagů na obrazovku	max. 100
Počet souborů datových záznamů	max. 2
Počet tagů v datovém záznamu	max. 10
Počet řádků datového záznamu	max. 10 000
Počet uživatelských skupin	max. 50
Počet uživatelů	max. 50
Počet přepínatelných jazyků	max. 10

Tabulka 6 - Základní technické parametry HMI Basic panel KTP400 [16]

6 TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ

6.1 Popis funkce

Zařízení slouží k testování funkčnosti všech typů záskokových automatů OEZ MODI ZA (dále jen ZA). Zařízení umí simulovat výkonové spínací prvky záskokového automatu (jističe a jejich příslušenství), simulovat události jako je výpadek jednoho ze zdrojů, výpadek obou zdrojů, změna fází zdroje, výpadek jističe zkratem, výpadek jističe tlačítkem total stop a revize. Indikovat stavy ZA je možné pomocí určení polohy přepínače stavů ZA a určení stavu indikačních kontrol.

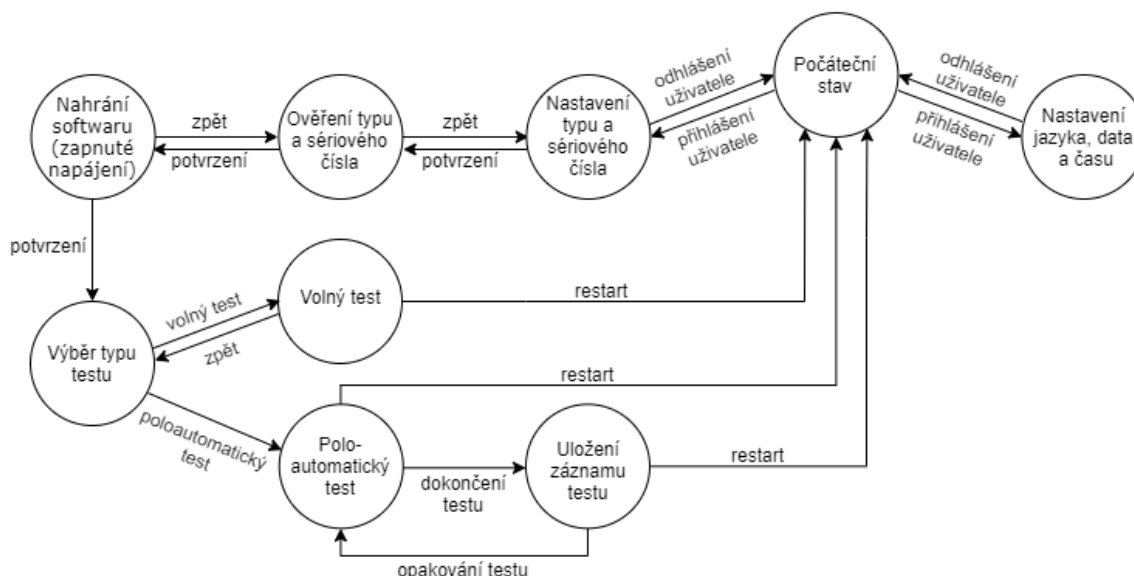
Testovat ZA je možné dvěma způsoby. První způsob testování je poloautomatický, tedy test s jasně danou sekvencí, kdy obsluha nemá možnost zvolit si vlastní testovací postup a pouze potvrzuje dialogy předem naprogramovaného testu. U poloautomatického testu se ukládá záznam z testování s výsledky jednotlivých dílčích testů.

Druhý způsob testování je volný. Test nemá jasně danou sekvenci a obsluha má možnost zvolit si vlastní postup testování. Volný test se ovládá pomocí spínačů a přepínačů funkcí. Vyhodnocení tohoto testu není automatizované. Obsluha musí podle indikačních a vizualizačních prvků na displeji ZA a na HMI obrazovce testovacího zařízení určit správnou funkčnost ZA.

Z důvodu bezpečnosti práce je testovací zařízení chráněno před neoprávněným použitím přihlašovanými uživatelskými účty. Před samotným výběrem testu je nutné specifikovat typ ZA z důvodů složení dílčích částí poloautomatického testu, určit počet výkonových spínacích prvků, druh výkonových spínacích prvků, vhodné napájení, možnosti měření podpětí a přepětí, možnosti řízení stavu rotačního elektrického generátoru atd. V nastavení testovacího zařízení je možnost přepnutí jazyka uživatelského rozhraní (CZ, EN) a přenastavení data a času z důvodu autentičnosti záznamu z testování. Testovací zařízení se připojuje ke svorkovnicím ZA pomocí propojovacích schémat.

6.2 Základní vývojový diagram

Na obr. 20 je vyobrazen základní vývojový diagram testovacího zařízení. Po spuštění se zařízení nachází ve stavu „*Počáteční stav*“. K přesunu do jiného stavu je nutné se přihlásit pomocí uživatelského jména a hesla. Dále je možné se přesunout do stavu „*Nastavení jazyka, data a času*“ nebo „*Nastavení typu a sériového čísla*“.



Obrázek 20 - Vývojový diagram funkce testovacího zařízení

Ve stavu „Nastavení typu a sériového čísla“ je nutné specifikovat typ zkoušeného ZA. Podle zadaného typu ZA se přizpůsobují jednotlivé dílčí testy a druh napájení. Na obr. 21 jsou specifikovány základní typy ZA. Zadávání typu ZA je omezeno pouze na povolené znaky. Stav „Ověření typu a sériového čísla“ slouží ke kontrole a potvrzení zadaných informací.

ZA - X X - X X X X - X

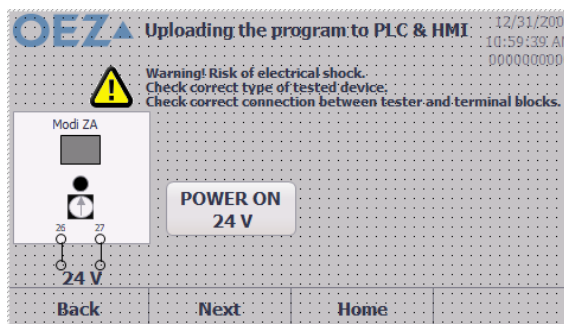
Provedení	Mechanické provedení
0 - Bez podélné spojky	0 - Provedení v rozvaděči
1 - S podélnou spojkou	1 - Vestavné provedení

Ovládáno jističi	Napájení	Měřicí funkce	Signalizace
1 - Siemens 3VA	0 - Záložní zdroj 24 V DC	0 - Sledování pouze výpadku napětí	6 - kontakty přepínače, stavu jističů, poruchový stav a generátor
3 - Arion	1 - Aktivní zdroj + záložní zdroj 24 V DC	1 - Sledováním sledu fází, podpětí a přepětí	
6 - Arion WL	2 - Záložní zdroj 230 V AC		
7 - Modeion BC, BD, BH			
8 - Modeion BL			

Speciální provedení
G1 - kontakt pro generátor
E1 - Rozšířená signalizace
E2 - Rozšířená signalizace a mnoho dalších...

Obrázek 21 - Výpis typů MODI ZA [2]

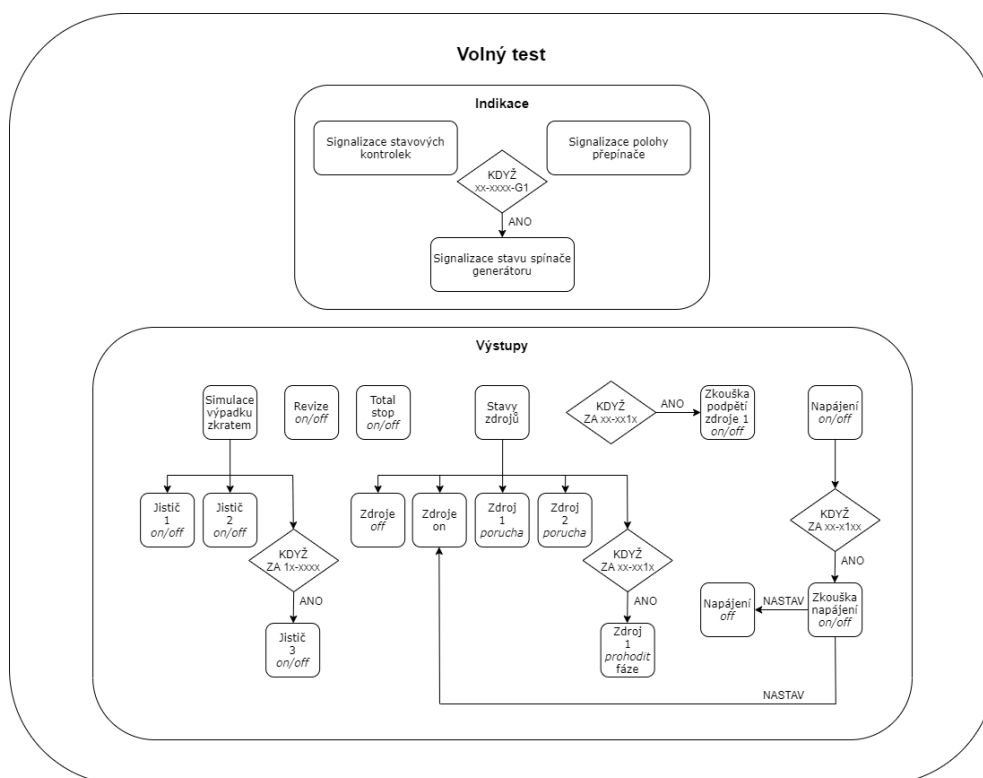
Ve stavu „Nahrání softwaru do ZA (zapnuté napájení)“ je možné spustit napájení ZA a nahrát do PLC a HMI příslušný software. Po přesunu do stavu „Výběr typu testu“ již není možný návrat do předchozích stavů bez restartování PLC.



Obrázek 22 - Obrazovka nahrání softwaru do ZA

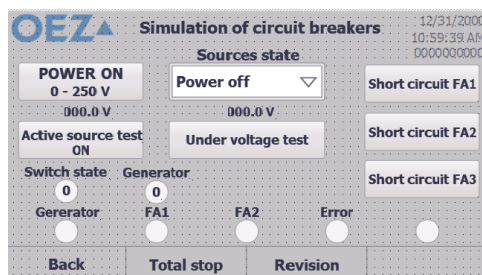
6.3 Volný test

Na obr. 23 je vyobrazen vývojový diagram stavu „Volný test“. Stav obsahuje signalizaci stavových kontrol, polohy přepínače stavů ZA a polohy spínacího relé generátoru. Prvky označené jako výstupy tvoří tlačítka a výběrové rolovací menu. Funkce „Zkouška podpětí zdroje 1“, „Zkouška napájení“, „Jistič 3 on/off“ a „Zdroj 1 prohodit fáze“ se zobrazí pouze při výběru daného specifického typu ZA.



Obrázek 23 - Vývojový diagram volného testování

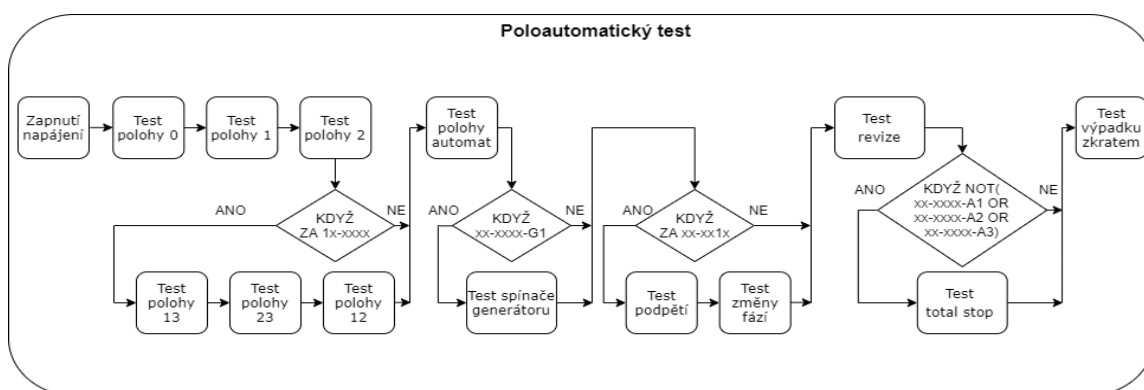
Obrazovka volného testu se signalizačními a ovládacími prvky je vyobrazena na obr. 24. Při odchodu z obrazovky tlačítkem „Zpět“ jsou zdroje napájení, stavy jističů, funkce total stop, revize a výpadky zkratem resetovány.



Obrázek 24 - Obrazovka volného testu

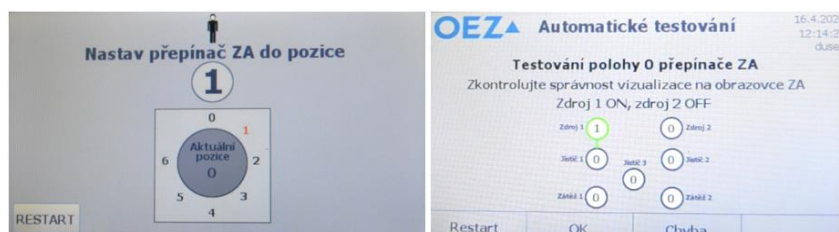
6.4 Poloautomatický test

Na obr. 25 je vývojový diagram stavu „Poloautomatický test“. Záskokové automaty s podélnou spojkou (ZA 1x-xxxx-x) mají sedmpolohový přepínač stavů, zatímco záskokové automaty bez podélné spojky (ZA 0x-xxxx-x) mají pouze čtyřpolohový přepínač stavů. Struktura poloautomatického testu je závislá na typu záskokového automatu.



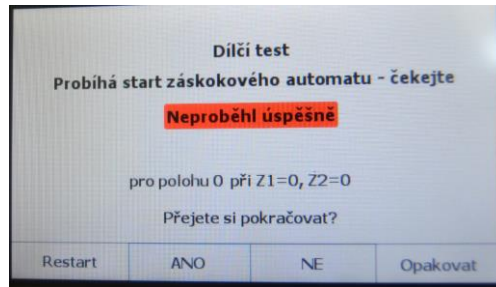
Obrázek 25 - Vývojový diagram poloautomatického testu

Při poloautomatickém testu je nutná spolupráce obsluhy. Obsluha po výzvě musí měnit polohy přepínače stavů ZA, kontrolovat vizualizaci na HMI záskokového automatu a potvrzovat jednotlivé kroky testu.



Obrázek 26 - Ukázka výzev k obsluze

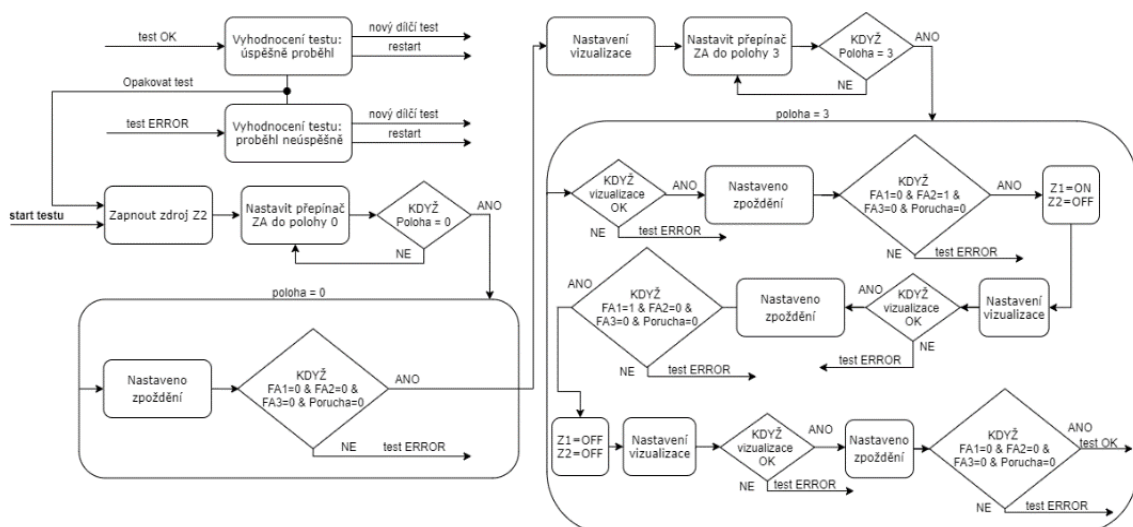
Po dokončení dílčího testu se zařízení přepne na vyhodnocovací obrazovku (obr. 27). Na této obrazovce je možné zjistit výsledek proběhlého dílčího testu, důvod chyby dílčího testu a dále je možné pomocí tlačítek na HMI obrazovce opakovat dílčí test, pokračovat testováním nového dílčího testu nebo zařízení restartovat.



Obrázek 27 - Vyhodnocovací obrazovka

6.4.1 Testování poloh přepínače

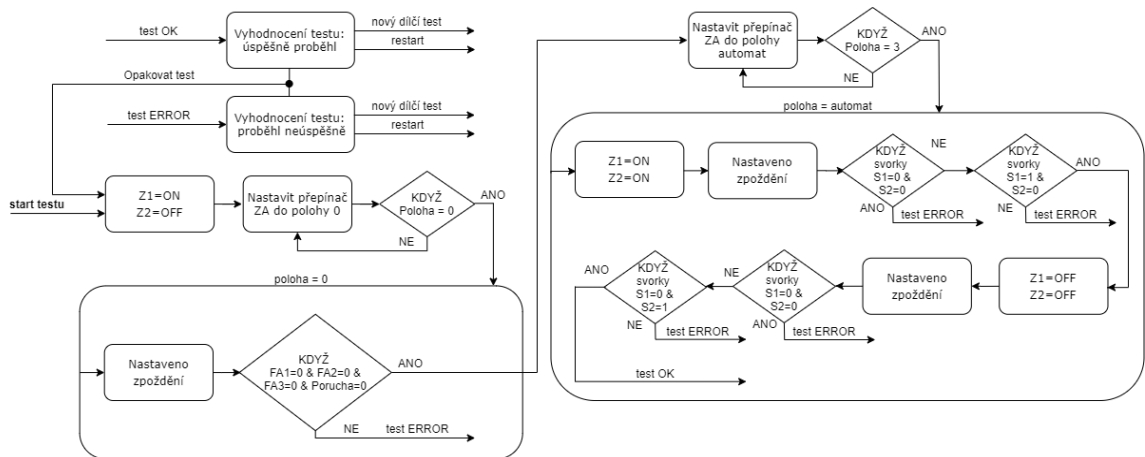
Struktura testů poloh vždy začíná výzvou pro nastavení přepínače stavů ZA do resetovací polohy, tou je poloha 0. V nulové poloze je vyhodnoceno vypnutí všech spínaných prvků a absence poruchového signálu. Následuje výzva k obsluze pro nastavení požadované polohy přepínače stavů ZA. Po přepnutí na požadovanou polohu je nastavena určitá kombinace zapnutí nebo vypnutí zdrojů a je testována reakce záskokového automatu na tuto situaci. Vyhodnocení situace probíhá pomocí signalizačních vodičů (FA1, FA2, FA3 a porucha). Během vyhodnocení signalizace probíhá výzva obsluhy ke kontrole vizualizace na displeji záskokového automatu, přičemž správný stav vizualizace je vyobrazen na HMI obrazovce testovacího zařízení (viz obr. 26). Pokud není signalizace pro daný stav přípustná, program uloží chybu, která bude později zapsána do záznamu z testování, a program se přesune na vyhodnocovací obrazovku (viz obr. 27). Pro názornost je na obr. 28 zobrazen vývojový diagram testování polohy 3 pro ZA bez podélné spojky.



Obrázek 28 - Vývojový diagram testování polohy 3

6.4.2 Testování spínače generátoru

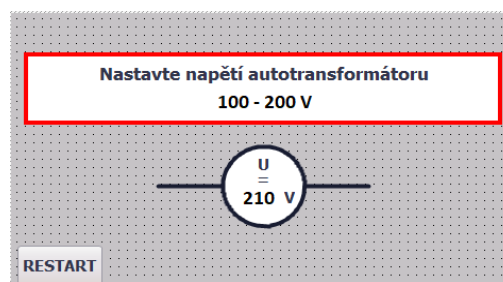
V tomto dílčím testu je ověřována funkčnost přepínacího relé pro start generátoru, přičemž podmínkou pro vypnutí generátoru je situace, ve které jsou oba zdroje (Z1, Z2) funkční. Vývojový diagram testování spínače je zobrazen na obr. 29. V podmínkách vývojového diagramu jsou zmíněny svorky S1 a S2. Svorka S1 nabývá logické úrovně 1, pokud je generátor vypnut. Svorka S2 nabývá logické úrovně 1, pokud je generátor zapnut.



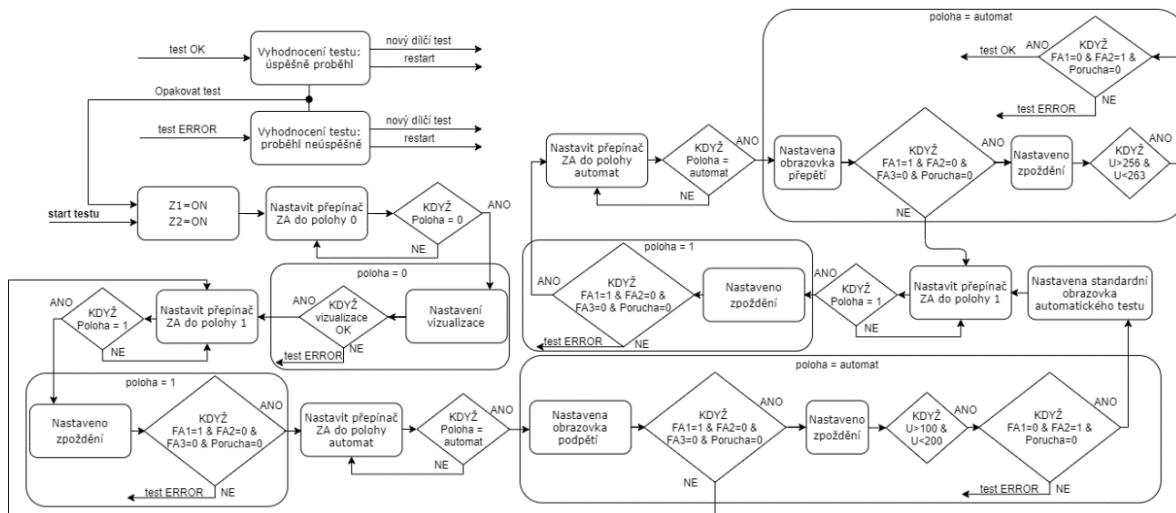
Obrázek 29 - Vývojový diagram testování spínače generátoru

6.4.3 Testování měřícího relé na podpětí a přepětí

Spuštění testu je možné pouze pro verzi ZA XX-XX1X-X. Test začíná výzvou k obsluze pro nastavení rozsahu podpětí a přepětí na měřícím relé (min. = 90%, max. = 110%). Princip testu spočívá v nastavení takového podpětí a přepětí, při kterém měřící relé záskokového automatu daný zdroj vyhodnotí jako nevhodný a přepne zátěž na sekundární zdroj. Ke změně napětí zdroje Z1 slouží autotransformátor popsany v kapitole 6.6 *Technické řešení*. Nastavení požadovaného napětí probíhá tak, že je programem vyvolána HMI obrazovka s výzvou pro nastavení rozmezí napětí, a indikátorem je současně zobrazena velikost napětí (obr. 30). Vývojový diagram testování spínače se nachází na obr. 31.



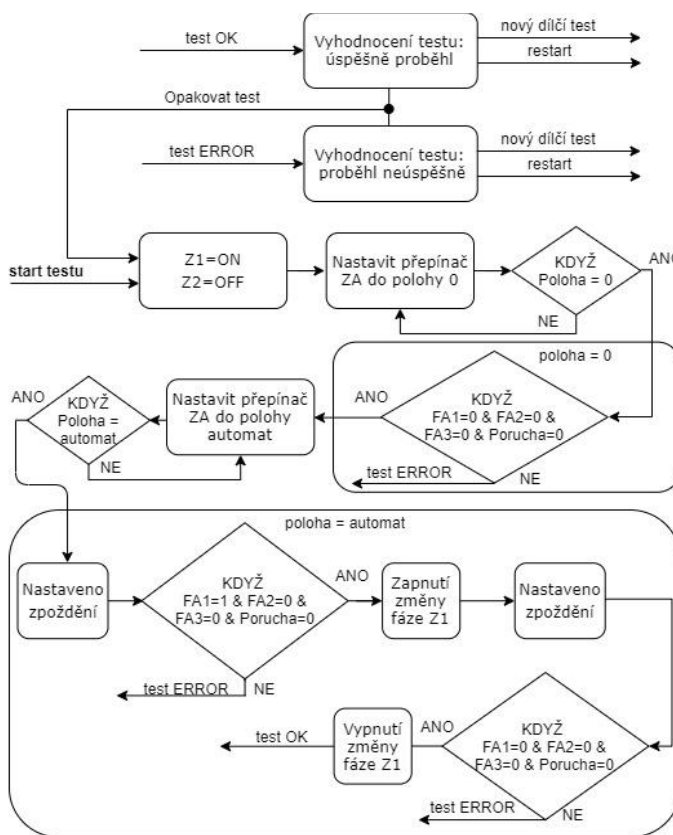
Obrázek 30 - Obrazovka s výzvou pro nastavení napětí



Obrázek 31 - Vývojový diagram testování měřících relé

6.4.4 Testování měřícího relé na změnu fází

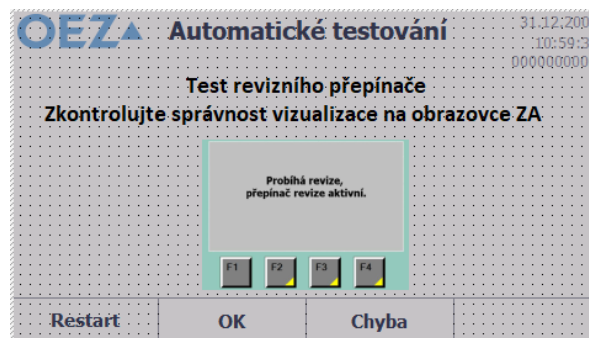
Spuštění testu je možné pouze pro verzi ZA XX-XX1X-X. Cílem testu je rozpoznat změnu fází L1 a L2 u zdroje Z1. Sekvence testu je zobrazena ve vývojovém diagramu (obr. 32).



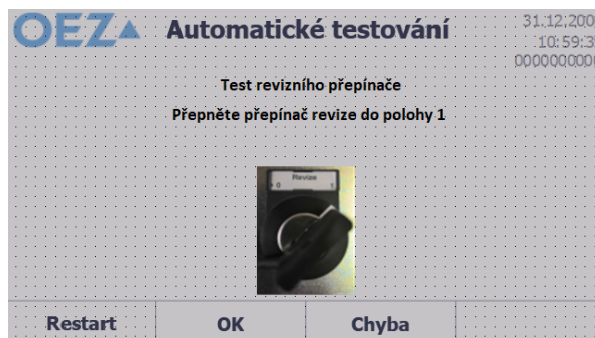
Obrázek 32 - Vývojový diagram testování změny fází

6.4.5 Testování funkce revizního přepínače

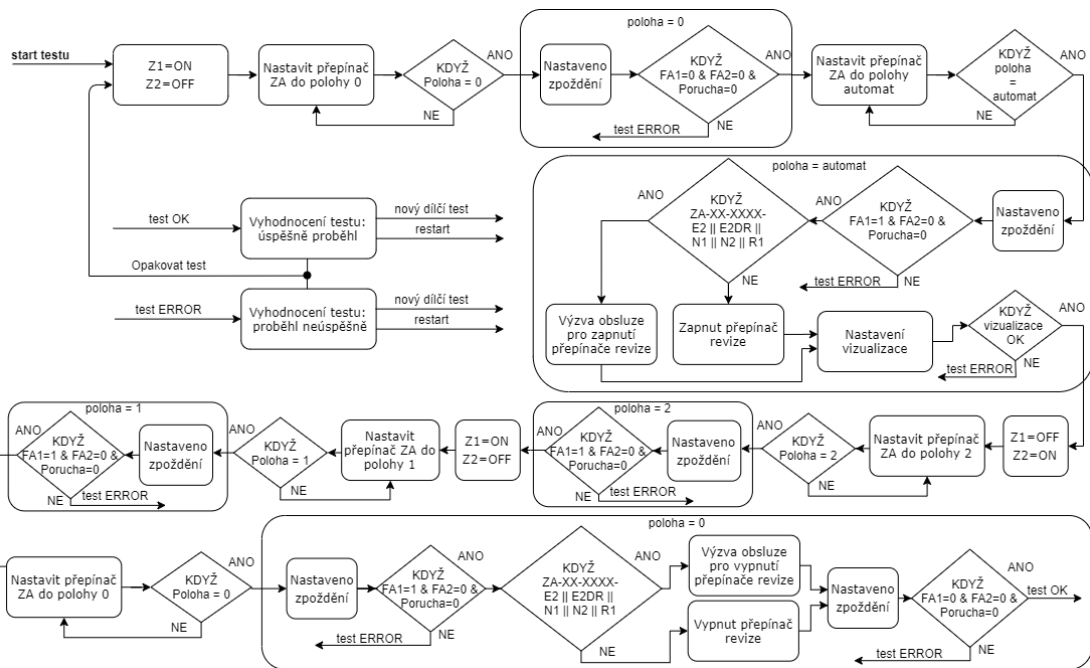
Při zapnutém revizním přepínači ZA zůstávají jističe v aktuálním stavu bez toho, aby reagovali na stavy zdrojů nebo polohu přepínače stavů ZA. U verzí ZA XX-XXXX-E2, E2DR, N1, N2 a R1 je přepínač revize součástí ZA. U ostatních verzí ZA je revize řešena propojkou ve svorkovnici a testovacím zařízením je řízena pomocí relé. Sekvence testu se skládá z nastavení přepínače stavů ZA do polohy automat, zapnutí revizního přepínače, kontroly vizualizace na obrazovce ZA (obr. 33), testování nezávislosti na změně přepínače stavů ZA pro všechny polohy a vypnutí revizního přepínače. U výše zmíněných verzí ZA, kde je přepínač revize součástí ZA, bylo nutné vytvořit výzvu k obsluze pro zapnutí a následné vypnutí tohoto přepínače (obr. 34). Sekvence testu pro ZA bez podélné spojky je zobrazena ve vývojovém diagramu (obr. 35).



Obrázek 33 - Výzva kontroly revizní obrazovky ZA



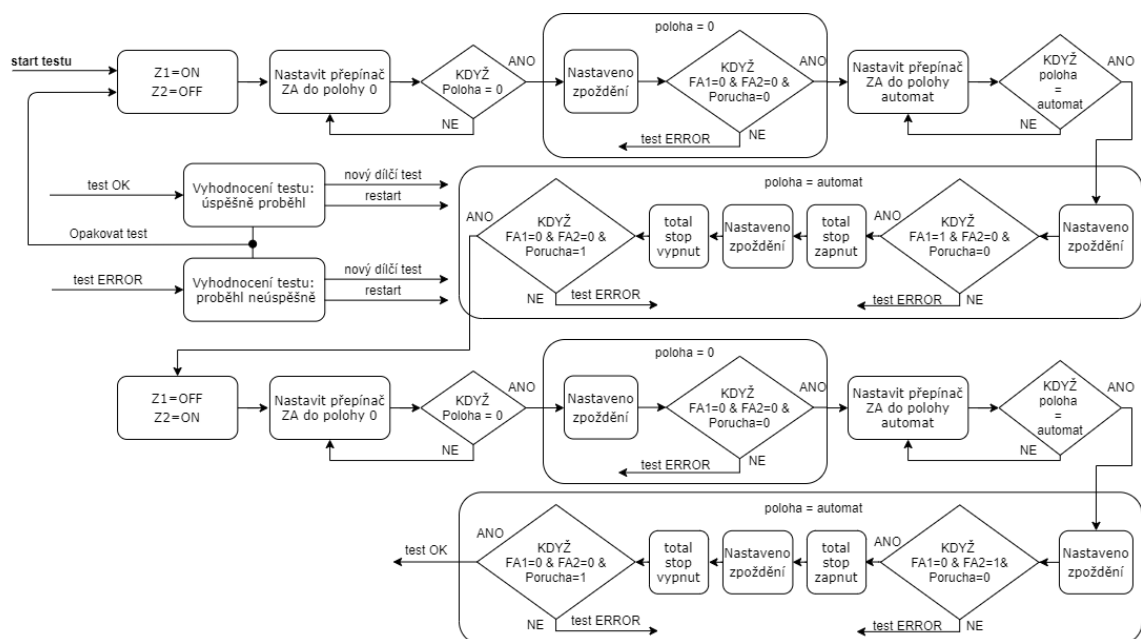
Obrázek 34 - Výzva k nastavení revizního přepínače



Obrázek 35 - Vývojový diagram testování revizního přepínače

6.4.6 Testování výpadku bezpečnostním tlačítkem

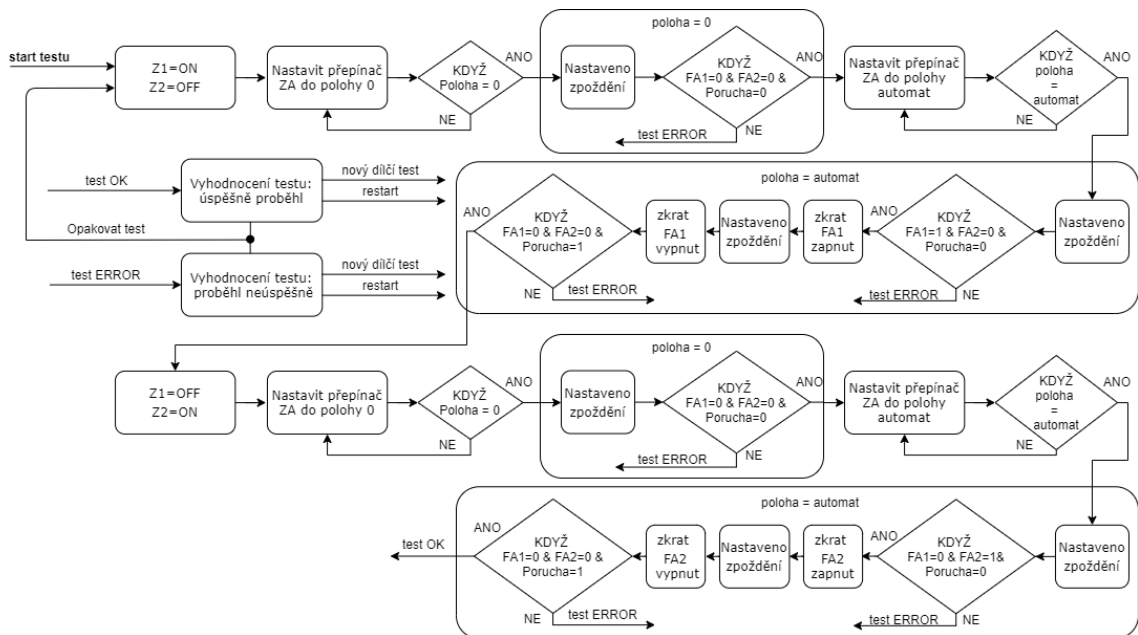
ZA disponuje možností připojit na své svorkovnice bezpečnostní tlačítko (total stop). Stiskem bezpečnostního tlačítka se vypnou aktuálně zapnuté jističe. Svorkovnice bezpečnostního tlačítka ZA je propojena s rozpínacím kontaktem relé uvnitř testovacího zařízení. Test není možné realizovat u ZA-XX-XXXX-A1, A2 a A3 z důvodu, že tyto verze nedisponují svorkovnicí pro bezpečnostní tlačítko. Vývojový diagram pro ZA bez podélné spojky je zobrazen na obr. 36.



Obrázek 36 - Vývojový diagram testu výpadku bezpečnostním tlačítkem

6.4.7 Testování výpadku zkratem

Záskokový automat rozpozná zkrat díky pomocným spínačům umístěným v jističích. Vzhledem k tomu, že testovací zařízení simuluje jističe, tak je zkrat daného jističe prezentován signálem přivedeným na svorkovnici ZA. Cílem je otestovat odezvu ZA na simulovaný zkrat jednotlivých jističů. Vývojový diagram testu výpadku zkratem pro ZA bez podélné spojky je zobrazen na obr. 37.



Obrázek 37 - Vývojový diagram testu výpadku zkratem

6.5 Záznam z testování

Ukládání záznamu z testování mělo být řešeno pomocí flash disku zapojeného v HMI panelu. Avšak při seznamování se s tímto typem zápisu dat bylo zjištěno, že s HMI panelem KTP 400 basic je možné vytvořit datový záznam obsahující pouze deset sloupců. Pro navrhovanou strukturu ukládaných dat by zápis nebyl proveditelný. Z tohoto důvodu bylo vybráno alternativní řešení v podobě vytváření záznamů z testování pomocí PLC, kde jsou data ukládány na paměťovou kartu ve formátu csv. Dále je možné k uloženým datům přistupovat z webservru. Z důvodu přístupu k záznamům z testování pomocí webservru byl do rozvaděče umístěn ethernetový switch.

Záznam z testování tvoří soubor typu csv, jehož název se skládá ze sériového čísla, podtržítka a typu ZA. Díky tomu je každý soubor jednoduše identifikovatelný. Počet řádků záznamu odpovídá počtu provedení zkoušek daného ZA. Pokud byl proveden jeden poloautomatický test, záznam ze zkoušky obsahuje pouze řádek s hlavičkou a jeden řádek s daty. Sloupce záznamů se

skládají z indexu daného testu, data, času, typu ZA, sériového čísla, identifikátoru obsluhy a z bodů jednotlivých testů. Proběhl-li dílčí test úspěšně, pak je zaznamenán příznakem „OK“. Proběhl-li dílčí test neúspěšně, pak je zaznamenán text chyby. Počet sloupců výpisu je neměnný. Z tohoto důvodu jsou sloupce testů, které nemohly být provedeny reprezentovány znakem „-“. V příložené tabulce 7 je ukázka záznamu z testování.

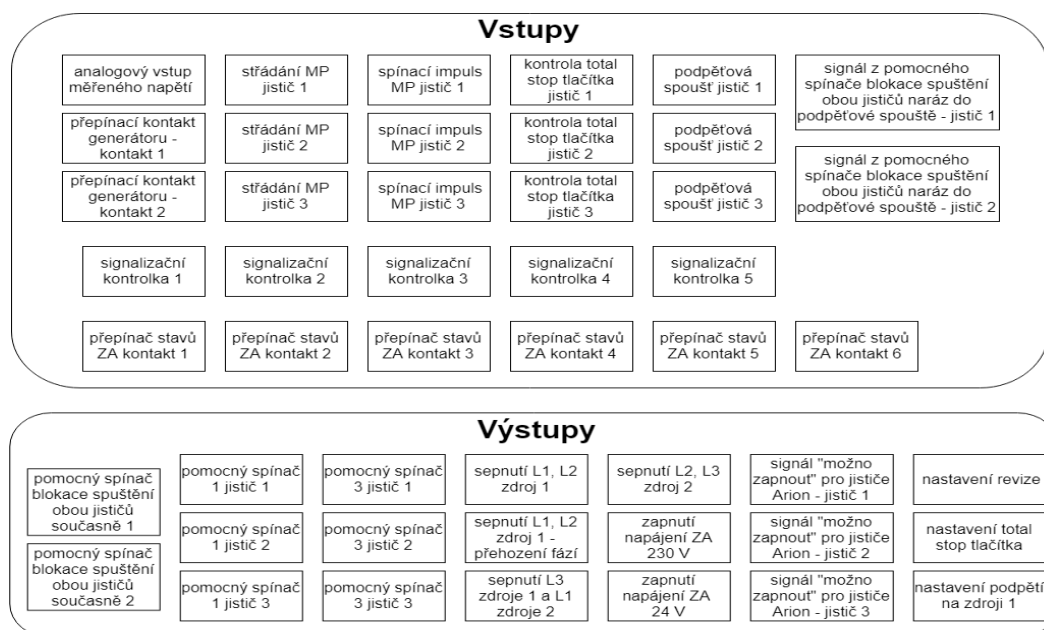
Record	Date	UTC Time	Typ	Seriowe cislo	Operator	Napajeni	Poloha 0	Poloha 1	Poloha 2	Poloha 12	Poloha 13	Poloha 23	Poloha automat	Generator	Podpeti a prepeti	Zmena fazi	Revize	Bezpecnostni tlacitko	Vypadek zkratem
1	4/23/2020	8:38:00	ZA-01-8216-E2	2192	dusek	OK	OK	OK	OK	-	-	-	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK
2	4/23/2020	9:02:15	ZA-01-8216-E2	2192	dusek	OK	OK	OK	OK	-	-	-	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK

Tabulka 7 - Ukázka formátu ukládání záznamů z testování

6.6 Technické řešení

6.6.1 Vstupy a výstupy

Nejdříve bylo nutné uvážit, kolik vstupů a výstupů bude zařízení vyžadovat. Dále bylo nutné zjistit, které I/O budou analogové, a které digitální. Na obr. 38 jsou vypsány všechny uvažované vstupy a výstupy. Bylo nutné připojit 27 digitálních vstupů, jeden analogový vstup a 20 digitálních výstupů. Z tohoto důvodu byla pro zpracování signálů využita CPU jednotka 1212C a dva rozšiřující signálové moduly SM1223. Informace o použitých komponentech PLC lze nalézt v kapitolách 5.1 a 5.2. Po zapojení všech vstupů a výstupů do komponent zůstává v zařízení sedm digitálních vstupů, deset digitálních výstupů a jeden analogový vstup pro možnosti budoucího rozšíření funkcí.



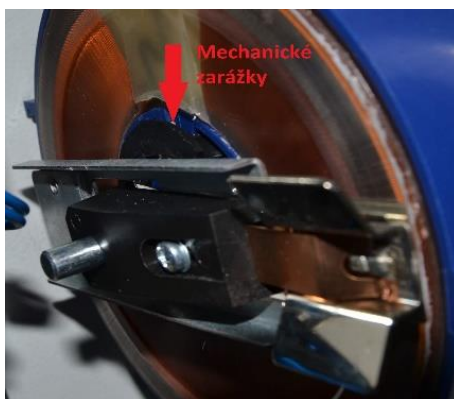
Obrázek 38 - Vstupy a výstupy z PLC a rozšiřujících modulů

6.6.2 Řešení pro testování měřících relé

Měřící relé kontroluje správný sled fází a velikost napětí. Interval napětí, při kterém měřící relé nereaguje, lze procentuálně nastavit. K nastavení požadovaného napětí (podpětí, přepětí) byl vybrán autotransformátor AWW ESS 302 s výstupním napětím 0–280 V při maximálním jmenovitém proudu 1,8 A. Příkon ZA dle katalogu [2] je 100 W. Ze vzorce pro výpočet výkonu (1) lze zjistit, že proud protékající autotransformátorem, při nastaveném střídavém napětí 90 V, je v rámci mezí optimální.

$$P = U * I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{100 \text{ W}}{90 \text{ V}} = 1,12 \text{ A} \quad (1)$$

Bylo nutné vyrobit mechanické zarážky dráhy autotransformátoru (obr. 39) v rozmezí napětí 0–90 V a 260–280 V, aby nedošlo k poškození autotransformátoru vlivem překročení maximálního jmenovitého proudu a poškození spínaného zdroje záskokového automatu konstruovaného na vstupní napětí 90–260 V.



Obrázek 39 - Mechanické zarážky dráhy autotransformátoru

Pro převod hodnoty napětí autotransformátoru do PLC byl zvolen převodník napětí Rawet ACN, který převádí střídavé napětí 0–380 V na stejnosměrné napětí 0–10 V. Napětí 0–10 V je přivedeno do analogového vstupu PLC, a zde je převedeno na skutečnou hodnotu (obr. 40).

```
REGION Standardizace napětí 230 V
  #Voltage230V := (INT_TO_REAL("Transformed voltage AI.0") / 27648) * 380;
END_REGION
```

Obrázek 40 - Převod signálu 0-10 V na hodnotu napětí

Nesouslednost fází je realizována dvojicí paralelně zapojených relé (KA1, KA2), které v případě potřeby vzájemně vymění fáze L1 a L2 (viz příloha C – Technická dokumentace, list 7a).

6.6.3 Napájecí zdroj

Pro napájení testovacího zařízení byl zvolen spínaný zdroj XP Power ECM60US24K s výstupním napětím 24 V a výkonem 60 W. Zdrojem je přímo napájeno PLC (9 W), rozšiřující signálové karty (4,5 W a 2,5 W), HMI (3 W) a switch (1,7 W). Výpočtem (2) byla ověřena dostatečná výkonová rezerva.

$$9 \text{ W} + 4,5 \text{ W} + 2,5 \text{ W} + 3 \text{ W} + 1,7 \text{ W} = 20,7 \text{ W} \quad (2)$$

6.6.4 Relé

Spínací a přepínací relé byly zvoleny dle kritérií výkonové náročnosti. Z toho důvodu byly pro relé KA1-KA6 a KA23 vybrány relé s vyšším výkonem spínaných kontaktů. Relé KA1-KA4 ovládají zdroje napájení, kde je očekáván maximální příkon 100 W (verze ZA-XX-X1XX) [2]. Z tohoto důvodu byly zvoleny relé OEZ RPI-08-002 s maximálním jmenovitým proudem 8 A. Relé KA5 a KA6 jsou určeny pro přímé napájení ZA. KA5 je určeno pro napájení ZA napětím 230 V (verze ZA-XX-X2XX) a KA6 je určeno pro napájení ZA napětím 24 V (verze ZA-XX-X0XX). Maximální příkon ZA je opět 100 W [2]. Ze vzorce pro výpočet výkonu (3 a 4) lze zjistit, že proud protékající spínanými kontakty relé je mnohem nižší než maximální jmenovitý proud.

$$P = U * I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{100 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 440 \text{ mA} \quad (3)$$

$$P = U * I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{100 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 4,17 \text{ A} \quad (4)$$

Relé KA9-KA14 slouží k indikaci 230 V signálu střídání motorového pohonu (dále jen MP) a indikaci 230 V signálu pro zapnutí jističe pomocí MP. Cívky těchto relé jsou připojeny na signál střídavého napětí 230 V ze ZA a spínací kontakty jsou připojeny k digitálním vstupům PLC testovacího zařízení. Budou použity relé Siemens 3RQ3118-1AF00 s maximálním jmenovitým proudem 3 A.

Relé KA8, KA9, KA18-KA22 slouží ke spínání signálů vedoucích do ZA. Relé KA15-KA17 slouží k indikaci signálů ze ZA. Procházející proud těmito relé je zanedbatelný. V této aplikaci budou použity relé Siemens 3RQ3118-1AM00 s maximálním jmenovitým proudem 3 A.

6.6.5 Návrh a realizace rozvaděče

Rozmístění součástek na montážní desce je vyobrazeno v technické dokumentaci na listu 6c (viz příloha C). Na první DIN liště jsou umístěny jističe (FA1-FA3), relé (KA1-KA23) a převodník napětí (U1). Na prostřední DIN liště jsou umístěny PLC (A1), rozšiřující moduly SM (A1.1, A1.2), switch (A3) a pojistky (F0, F1). Po pravé

straně od prostřední DIN lišty je umístěn spínaný zdroj (G1). Na spodní DIN liště jsou umístěny svorkovnice pro napájení testovacího zařízení (X0), svorkovnice pro standardizované napětí 24 V a GND (X1) a svorkovnice pro propojení s konektory XP1 až XP6 (X01, X02, X03, X04, X05.1, X05.2, X05.3 a X06).

Na pravém boku rozvaděče je umístěn hlavní vypínač a otočný ovladač napětí autotransformátoru. Na spodní straně jsou umístěny konektory pro připojení propojovacích vodičů (XP1 – XP6).

Na víku elektrorozvaděče je umístěna obrazovka HMI, kontrolka napájení a konektor RJ-45.



Obrázek 41 - Vzhled testovacího zařízení

Stavba zařízení probíhala v prostorách firmy OEZ. Vrtací a řezací plány byly předány do výroby. Osazení součástkami a zapojení dle elektro schémat bylo realizováno autorem bakalářské práce.



Obrázek 42 - Realizace zapojování součástí

6.6.6 Přípravek pro izolaci propojovacích vodičů

Z bezpečnostních důvodů byl navrhnout přípravek, do kterého jsou při propojování testovacího zařízení se záskokovým automatem vkládány nepoužívané vodiče. Přípravek je vyroben z nevodivého materiálu pomocí 3D tiskárny. Z důvodu urychlení propojování byly navrženy převodní tabulky vzájemného propojení. Přípravky i převodní tabulky jsou zobrazeny na obr. 43 a jejich dokumentace je součástí přílohy A.



Obrázek 43 - Izolační přípravky a převodní tabulky

6.7 Ověření funkčnosti

Ověřování funkčnosti testovacího zařízení se skládalo z testování uživatelského rozhraní, testování odezvy na nesprávné nastavení programového přepínače ZA a testování průchodu testu záskokových automatů.

Uživatelské rozhraní bylo ověřováno na bezporuchovost při různých kombinacích procházení programem. Testování bylo realizováno i osobami, jež viděly toto rozhraní prvně. Z tohoto důvodu tedy nemohly předpovídat další kroky potvrzování, výzev a výběrů. Zapojení těchto osob do testování přineslo jistotu funkčnosti uživatelského rozhraní.

Při nesprávném nastavení programového přepínače ZA se na HMI obrazovce testovacího zařízení zobrazí výzva pro nastavení správného stavu. Testování správné odezvy HMI obrazovky testovacího zařízení na nesprávně nastavený přepínač stavů ZA bylo ověřováno při všech možných, v reálném provozu nepravděpodobných, stavech jako jsou např. vyhodnocovací obrazovky, potvrzovací dialogy, přechodové obrazovky a obrazovky pro nastavení napětí autotransformátoru.

Ověřování průchodu testu záskokových automatů probíhalo takovým způsobem, že každý záskokový automat musel nejdříve projít všechny dílčí testy bez chyb a následně byly postupně měněny pozice připojení signalizačních vodičů

(FA1, FA2, FA3 a porucha). Tímto způsobem byly ověřovány chybové hlášky na obrazovce HMI a záznamy z testování na webservru. Pro ověření funkčnosti testovacího zařízení byly k dispozici následující záskokové automaty (viz tabulka 8).

ZA-01-1016-G1
ZA-01-3116
ZA-01-7106
ZA-01-7206
ZA-01-8216-E2
ZA-11-1006
ZA-11-1116-G1
ZA-11-3106

Tabulka 8 - Testované záskokové automaty



Obrázek 44 - Ověřování funkčnosti testovacího zařízení

7 ZÁVĚR

Kapitoly 2, 3 a 4 se zabývají rešerší záskokových automatů, která se skládá z popisu, rozčlenění dle různých parametrů a průzkumu trhu.

V kapitole 5 je zpracována rešerše týkající se problematiky PLC automatů Siemens Simatic S7-1200. Tato rešerše je vypracována pro správný výběr typu PLC a jeho komponent v praktické části práce.

V kapitolách 6.1–6.4 jsou popsány a vysvětleny funkce testovacího zařízení. Vývojovými diagramy jsou popsány sekvence běhu jednotlivých částí programu. Programová dokumentace skládající se z programu pro PLC a HMI je součástí příloh. Kód pro PLC je z velké části napsán v programovacím jazyku SCL. Minoritní část programu je napsána v FBD, viz příloha A.

V kapitole 6.5 je vysvětlen způsob ukládání záznamů z testování. Pro zápis záznamu z testování je použit algoritmus naprogramovaný v PLC, který ukládá data na vloženou paměťovou kartu.

Kapitola 6.6 se zabývá řešením technických částí bakalářské práce. Je zde vysvětlen důvod výběru PLC a jeho komponent, jsou vypsány zpracovávané vstupní a výstupní signály, je vysvětlen způsob řešení pro testování měřícího relé, způsob měření analogového signálu, popsáno rozmístění komponent v elektrorozvaděči a vypočítány výkony v určitých částech obvodu. Dle vypočtených výkonů jsou vybrány komponenty s dostatečnou výkonovou rezervou.

Na základě kapitoly 6.6 je zpracována technická dokumentace skládající se z části návrhu rozvaděče a návrhu elektro schémat. Zdrojové soubory technické dokumentace z návrhového prostředí Eplan jsou součástí přílohy A. Technická dokumentace je součástí přílohy C.

Ověřování funkčnosti testovacího zařízení je z provozních důvodů provedeno na omezeném množství záskokových automatů, avšak nebyly nalezeny žádné chyby, které by bránily používání zařízení (kapitola 6.7).

Literatura

- [1] DOLEŽAL, Ondřej. Elektro: Vyzkoušené automatické řešení pro záskok dvou zdrojů [online]. FCC Public, 2018(10), 20 - 20 [cit. 2019-10-21]. ISSN 1210-0889. Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/vyzkousene-automaticke-reseni-pro-zaskok-dvou-zdroju--3227>
- [2] OEZ Letohrad s.r.o. - Katalog Modi: Záskokové automaty [online]. [cit. 22.10.2019]. Dostupné z:
http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/modiza-jz1--2017_cz_sk.pdf
- [3] SOPKO, Petr, Etm.cz - elektrotechnika on-line: Automatické přepínání zdrojů (APZ) - Řízené přepínání zdrojů v rozvodně NN [online]. [cit. 2019-10-21]. Dostupné z:
<https://www.etm.cz/index.php/osvetlovaci-technologie/202-automaticke-prepinani-zdroju>
- [4] PEG spol. s r.o. - technická dokumentace – Záskokové automaty PEG [online]. [cit. 22.10.2019]. Dostupné z:
<http://media1.peg.cz/files/media1:4fa269d94583e.pdf.upl/Dokumentace%20ZA%20web.pdf>
- [5] Lovato Electric | Energy and Automation – Technical instruction ATL 100 [online]. [cit. 22.10.2019]. Dostupné z:
http://www.lovatoelectric.ca/HandlerDoc.ashx?s=I492GBIDFE05_17.pdf&ic=112
- [6] CSANYI, Edvard. EEP - Electrical Engineering Portal: Understanding Transfer Switch Transition Types. [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z:
<https://electrical-engineering-portal.com/understanding-transfer-switch-transition-types>
- [7] HURTADO, David. On-Site Power Advisor: Open, delayed or closed transition? Selecting the right transfer. [online]. [cit. 19.11.2019]. Dostupné z:
<https://www.onsitepoweradvisor.com/2012/02/21/transfer-switch-type/>
- [8] Siemens AG Regensburg: Catalog – Transfer Switching Equipment and Load Transfer Switches (Catalog Extract LV 10 • 04/2019). [online]. [cit. 19.11.2019]. Dostupné z:
[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109750644/catalog-transfer-switching-equipment-and-load-transfer-switches-\(catalog-extract-lv-10-%E2%80%A2-04-2019\)?dti=0&lc=en-US](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109750644/catalog-transfer-switching-equipment-and-load-transfer-switches-(catalog-extract-lv-10-%E2%80%A2-04-2019)?dti=0&lc=en-US)
- [9] Schneider Electric CZ, s.r.o. – Automatické přepínání zdrojů APZ [online]. [cit. 19.11.2019]. Dostupné z:
https://download.schneiderelectric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=S773.pdf&p_Doc_Ref=S773

- [10] Eaton Elektrotechnika s.r.o. – Záskokové automaty [online]. [cit. 27.11.2019].
Dostupné z:
http://archiv.eatonelektrotechnika.cz/pdf/tiskoviny_pdf_278.pdf
- [11] ABB s.r.o.: Katalog – Automatické přepínače TruONE 200...1600 A [online].
[cit. 27.11.2019]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A7602&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [12] Lovato electric S.P.A.: Instalation manual – ATL100 [online]. [cit. 27.11.2019].
Dostupné z:
https://www.lovatoelectric.ca/HandlerDoc.ashx?s=I492GBIDFE05_17.pdf&ic=112
- [13] ČSN EN 60947-6-1 ed. 2. Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí-ČÁST 6-1: Spínače s více funkcemi-Přepínací zařízení. Praha: Český normalizační institut. [cit. 6.12.2019]
- [14] Siemens AG Regensburg: System manual – S7-1200 Programmable controller. [online]. [cit. 07.12.2019]. Dostupné z:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/129/109764129/att_974298/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf
- [15] Siemens AG Regensburg: Industry Mall - SM 1223. [online]. [cit. 12.12.2019].
Dostupné z:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Search/?searchTerm=sm%201223&tab=Product>
- [16] Siemens AG Regensburg: Operating instructions – SIMATIC HMI Basic panels 2nd Generation. [online]. [cit. 12.12.2019]. Dostupné z:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/350/90114350/att_904652/v1/hmi_basic_panels_2nd_gen_operating_instructions_enUS_en-US.pdf
- [17] Siemens AG Regensburg: Industry Mall – KTP400 basic. [online]. [cit. 12.12.2019]. Dostupné z:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6AV2123-2DB03-0AX0>

Seznam symbolů, veličin a zkratek

AC	-	Střídavý proud (Alternating current)
AI	-	Vstup analogového napětí (Analog input)
ATS	-	Záskokový automat (Automatic transfer switch)
ATSE	-	Automatické přepínací zařízení (Automatic transfer switch equipment)
BB	-	Bateriová karta (Battery board)
CB	-	Komunikační karta (Communication board)
CM	-	Komunikační modul (Communication module)
CP	-	Komunikační procesor (Communication processor)
DC	-	Stejnoseměrný proud (Direct current)
DI	-	Vstup digitálního napětí (Digital input)
DQ	-	Výstup digitálního napětí (Digital output)
FBD	-	Jazyk funkčních bloků (Function block diagram)
HMI	-	Rozhraní člověk-stroj (Human Machine Interface)
HSC	-	Vysokorychlostní čítač (High speed counter)
I/O	-	Vstup/výstup (Input/output)
MP	-	Motorový pohon jističe (Motor drive)
PLC	-	Programovatelný logický automat (Programmable logic controller)
PWM	-	Pulzně šířková modulace (Pulse width modulation)
SB	-	Signálová karta (Signal board)
SCL	-	Programovací jazyk pro PLC (Structured control language)
SM	-	Signálový modul (Signal module)
UPS	-	Zdroj nepřerušovaného napájení (Uninterruptible power supply)
ZA	-	Záskokový automat OEZ MODI ZA

Seznam příloh

- A Obsah příloh na CD
- B Fotografie
- C Technická dokumentace

A OBSAH PŘÍLOH NA CD

Přílohy na CD obsahují elektronickou verzi bakalářské práce v souboru *Dusek_BP.pdf*.

Ve složce *1_Technicka dokumentace* jsou přiloženy soubory technické dokumentace. Tyto přílohy technické dokumentace obsahují elektronickou verzi technické dokumentace ve formátu pdf, složku se zdrojovými soubory a hlavní zdrojový soubor z návrhového prostředí Eplan.

- Testovací pripravek zaskokovych automatu v2.7_black.pdf
- Tester ZA MODI.elk
- Tester ZA MODI.edb\...

Přiložené soubory zdrojového kódu pro PLC a HMI se nacházejí ve složce *2_Programova dokumentace*. V této složce se nachází exportovaný projekt pro PLC a HMI ve formátu pdf a složka *Tester ZA v1*, ve které se nacházejí složky a zdrojové soubory projektu z programovacího prostředí TIA portal.

- Tester ZA.pdf
- Tester ZA v1\...

Ve složce *3_Izolacni pripravek* se nacházejí soubory pro tvorbu izolačního přípravku vodičů. Je zde umístěn soubor pdf s 2D pohledy přípravku, které jsou okótované a soubor stl pro 3D tisk přípravku.

- drzak vodicu2d pohledy.pdf
- drzak vodicu.stl

Přiložené soubory pro tvorbu převodních tabulek vzájemného propojení se nacházejí ve složce *4_Prevodni tabulky propojeni*. V této složce jsou k dispozici pdf soubory pro okamžitý tisk popisků a zdrojové soubory typu svg vektorového editoru Inkscape.

- XP5.pdf
- verze 2.0.pdf
- verze 1.0.pdf
- XP5.svg
- verze 2.0.svg
- verze 1.0.svg

B FOTOGRAFIE



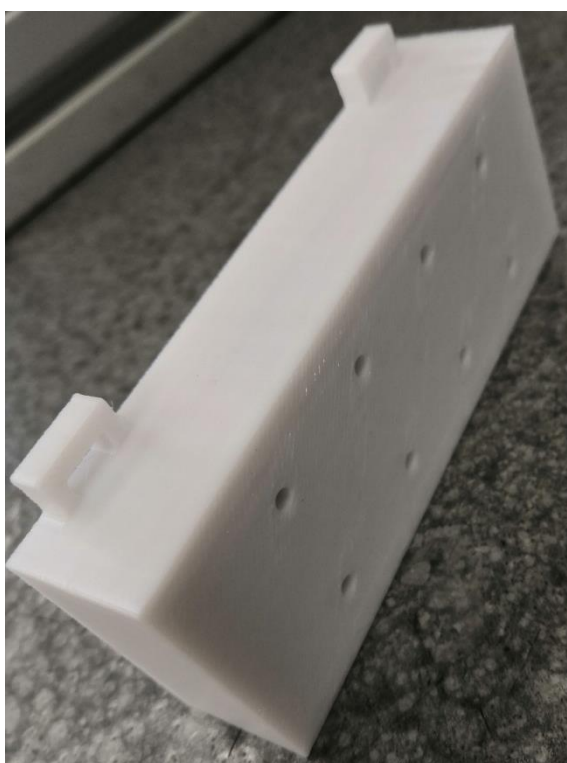
Obrázek 45 - Čelní pohled na testovací zařízení



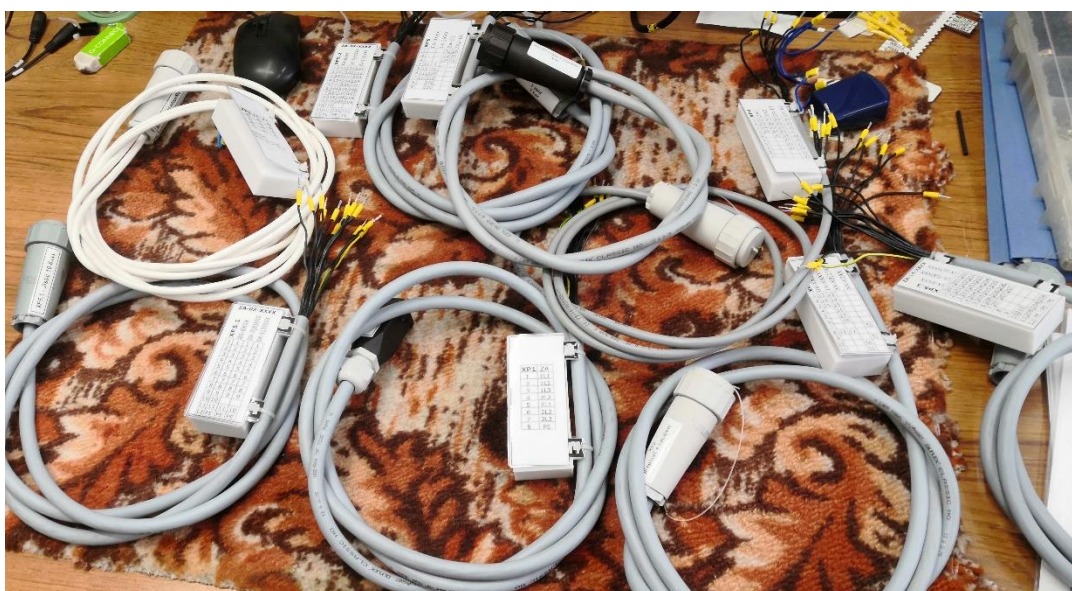
Obrázek 46 - Boční pohled na testovací zařízení



Obrázek 47 - Pohled na osazenou montážní desku



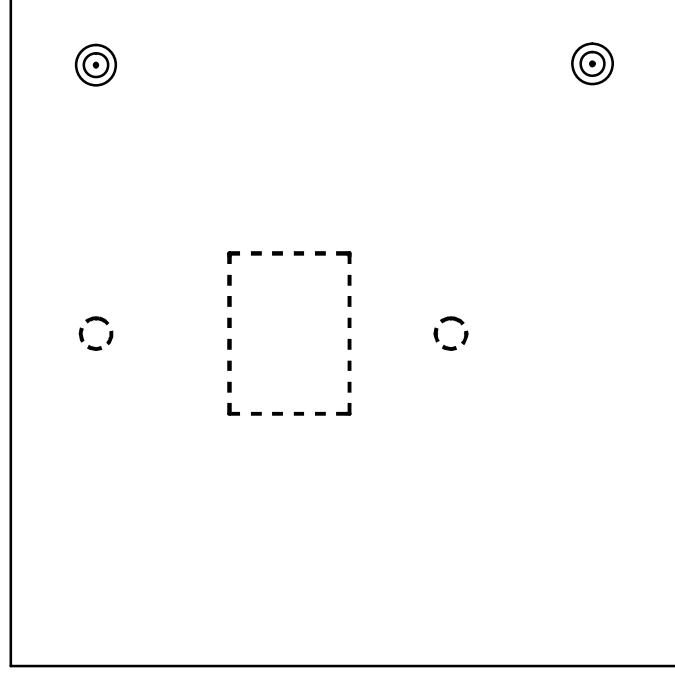
Obrázek 48 - Vytisknutý izolační přípravek vodičů



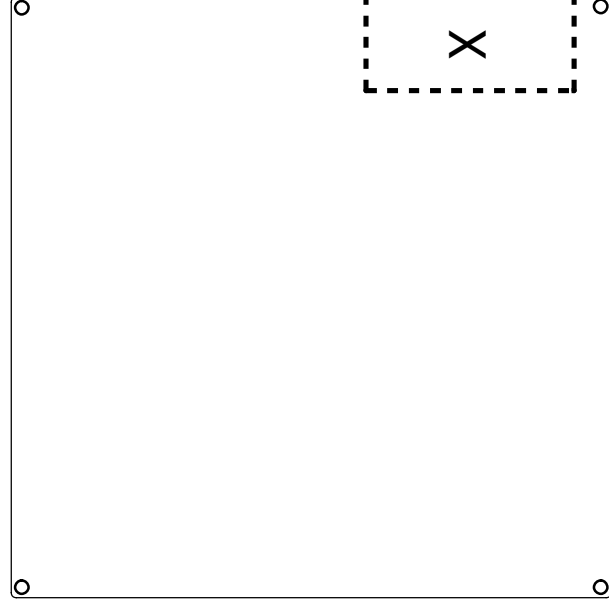
Obrázek 49 - Propojovací vodiče

C TECHNICKÁ DOKUMENTACE

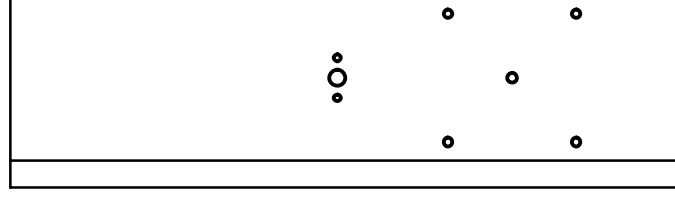
Víko elektrorozvaděče



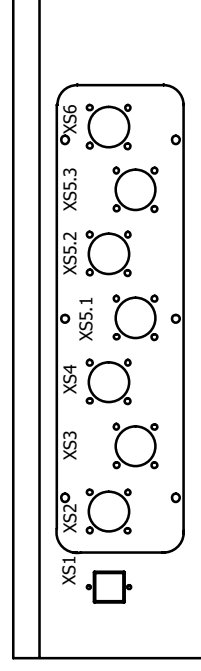
Montážní deska

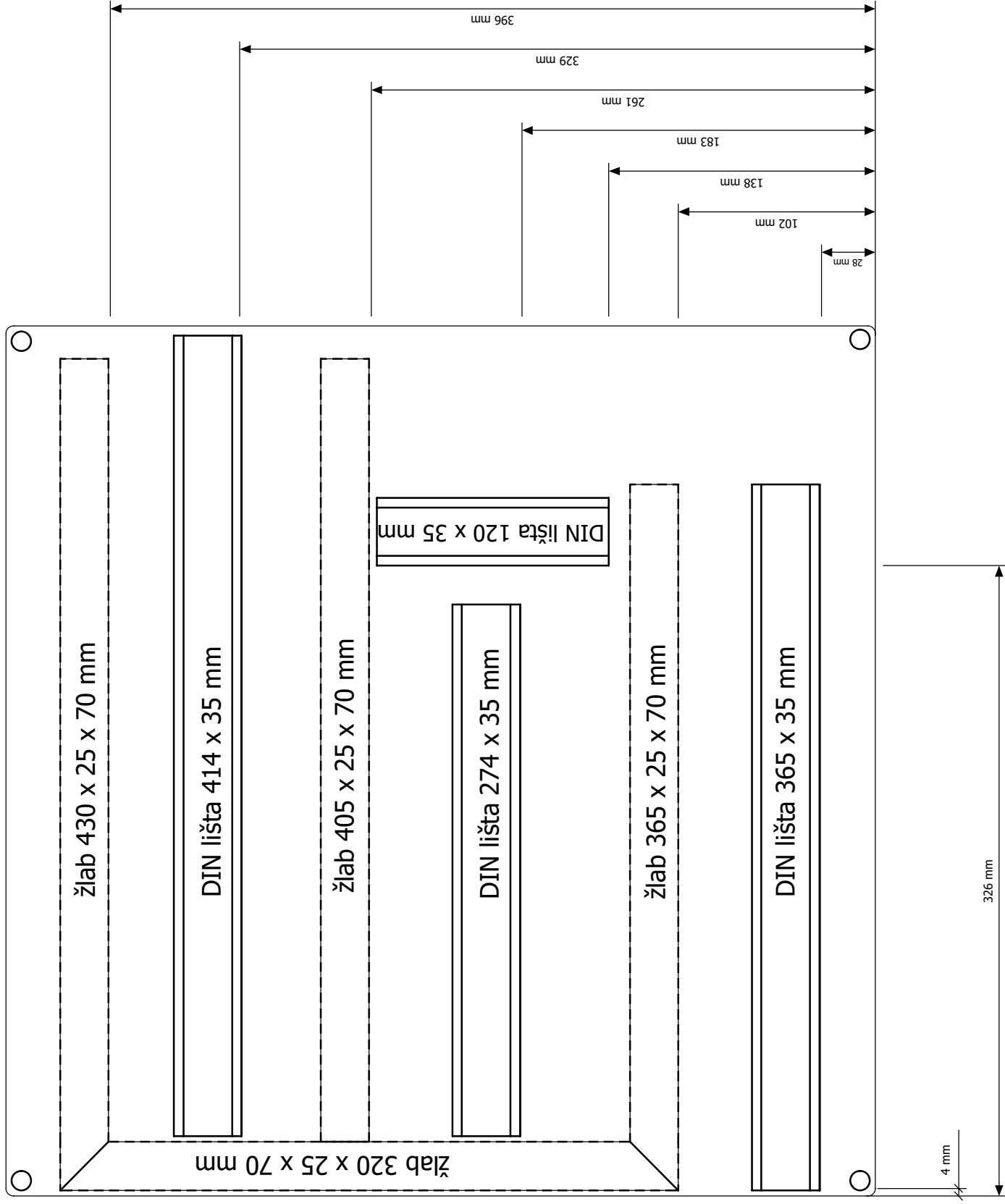


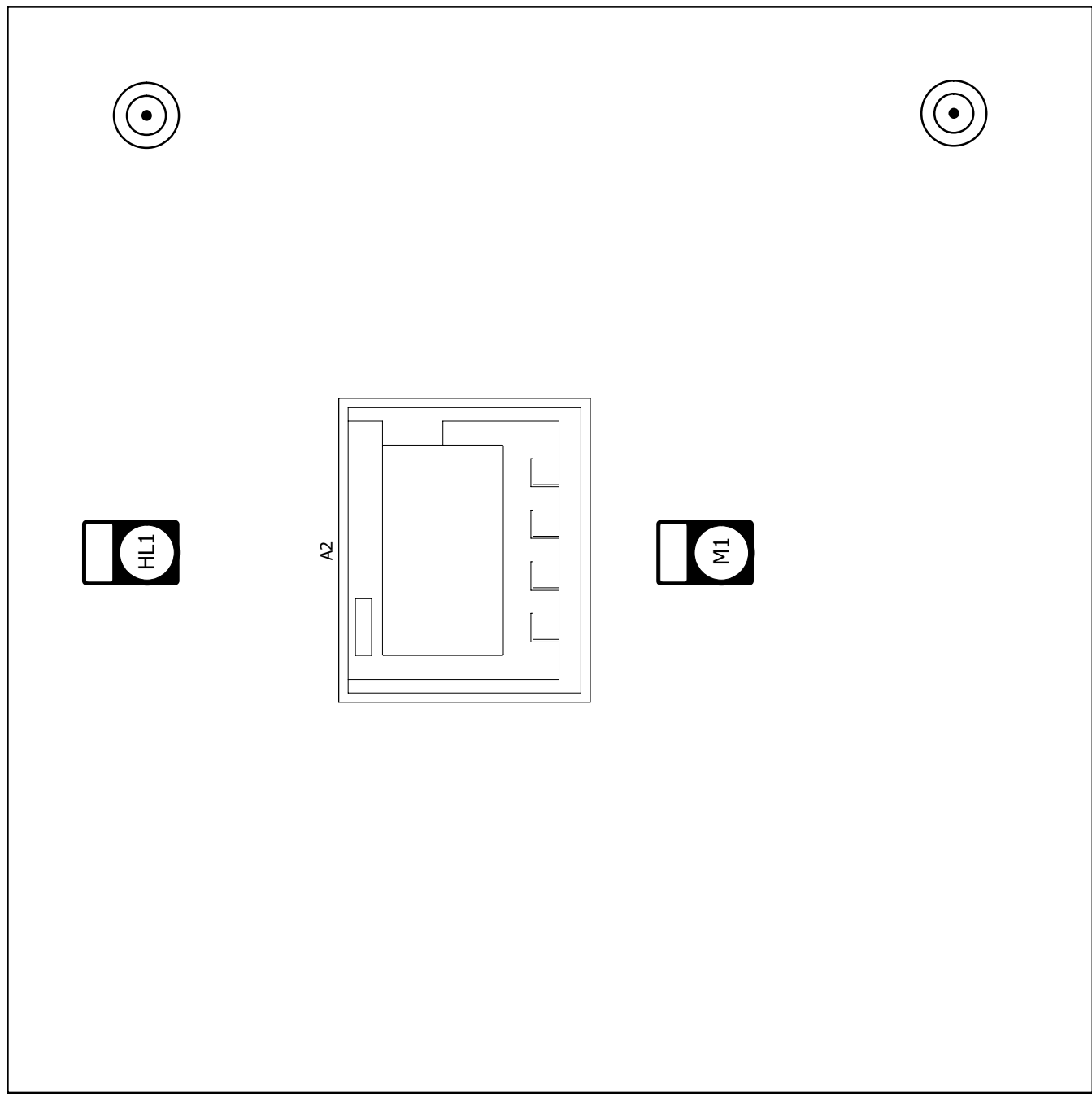
Pravý bok rozvaděče

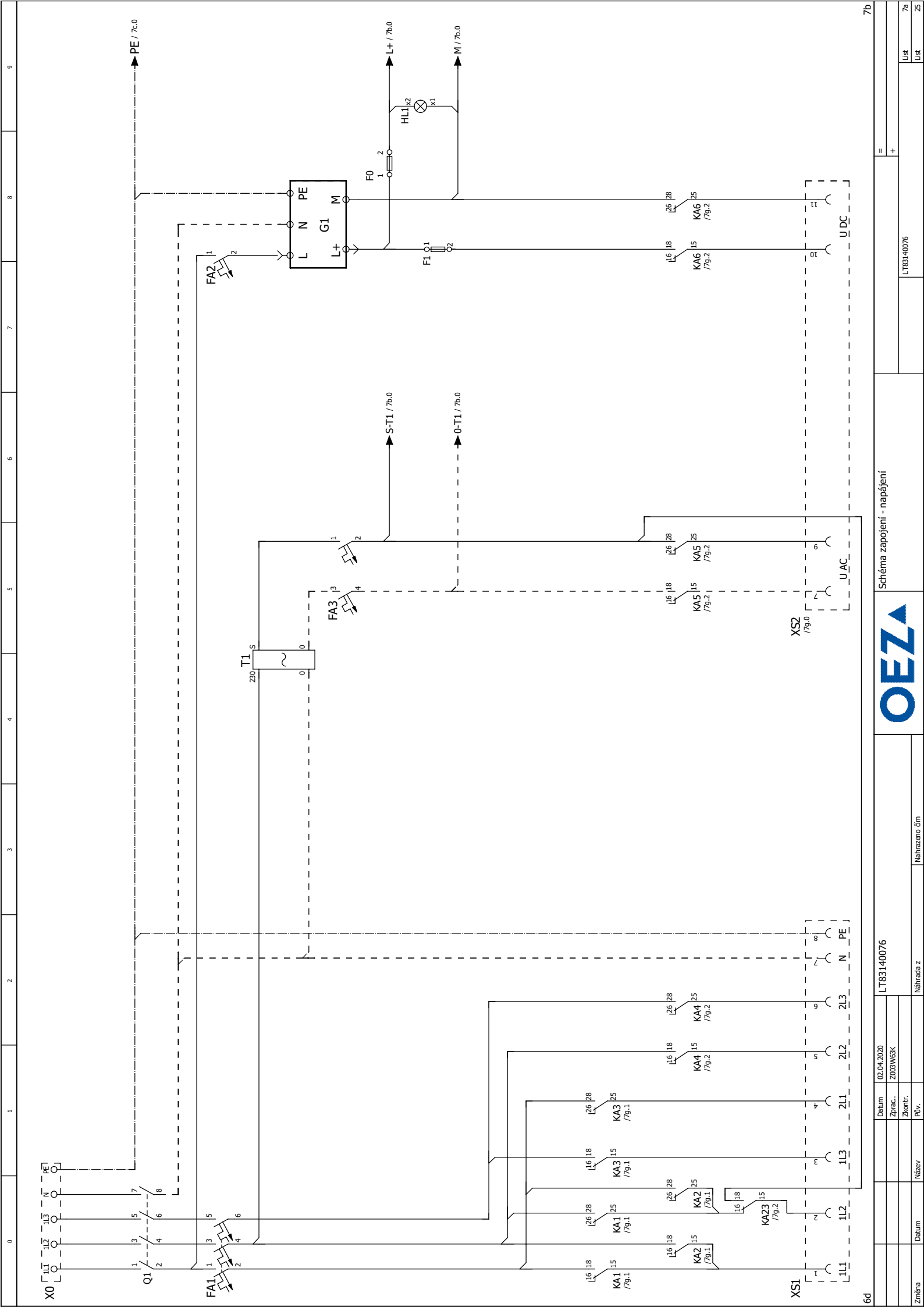


Spodní strana rozvaděče

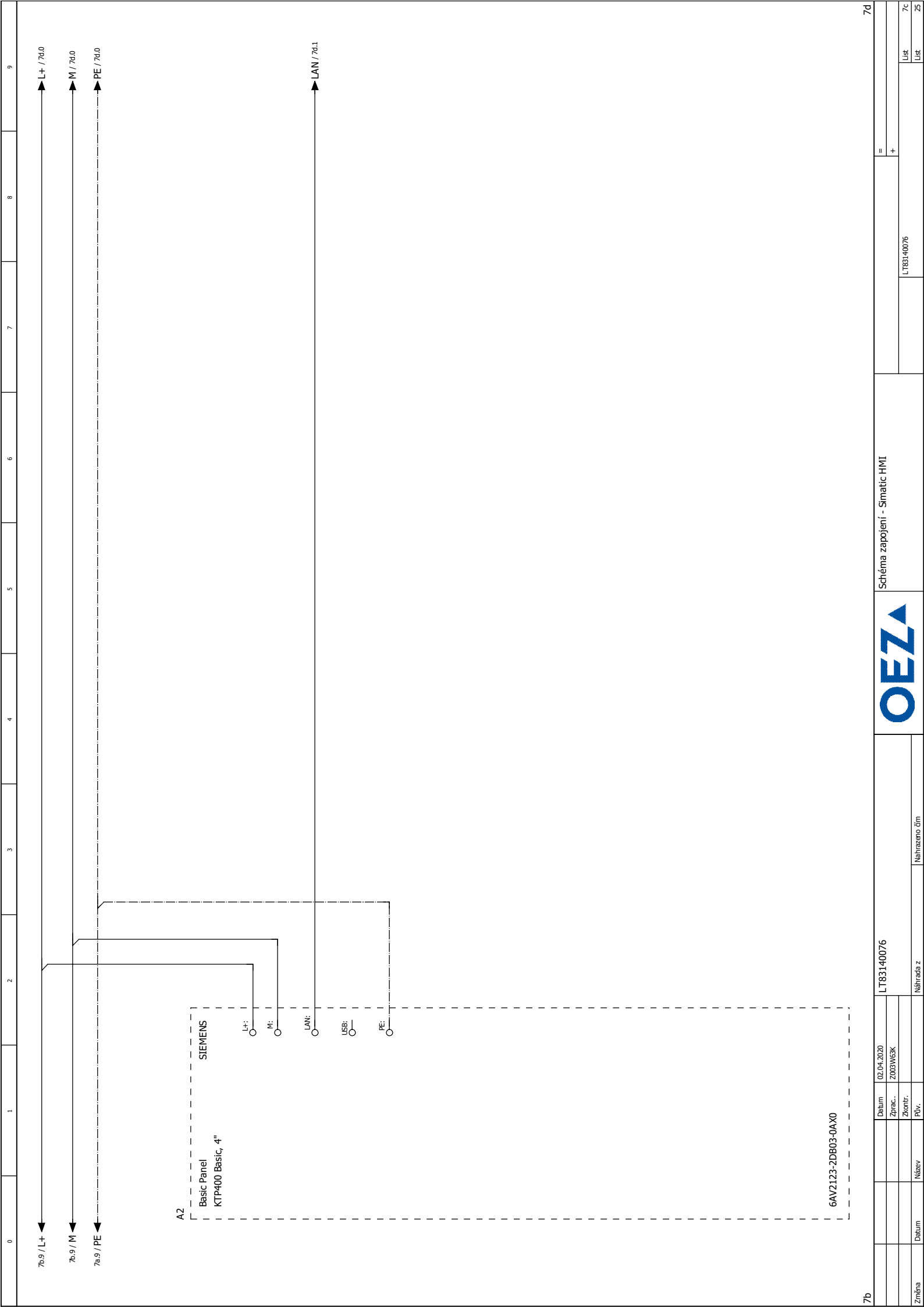








0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X0	11	12	13	N	PE				
Q1	1	2	3	4	5	6	7	8	
FA1	1	2	3	4	5	6			
T1	230	S							
FA2	1	2							
FA3	1	2	3	4					
G1	L	N	PE	M					
F1	01	02							
F0	1	2							
HL1	K1								
XSI	11L1	11L2	11L3	21L1	21L2	21L3	N	PE	
KA1	15	25		15	25				
KA2	15	25		15	25				
KA3	15	25		15	25				
KA4	15	25		15	25				
KA5	15	25		15	25				
KA6	15	25		15	25				
XSZ	15	18	26	28					
S-T1	7b.0								
O-T1	7b.0								
L+	7b.0								
M	7b.0								
U AC									
U DC									
PE / 7c.0									



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7b.9 / L+									L+ / 76L0
7b.9 / M									M / 76L0
7a.9 / PE									PE / 76L0
									LAN / 76L1
<p>A2</p> <p>Basic Panel KTP400 Basic, 4"</p> <p>SIEMENS</p> <p>L+:</p> <p>M:</p> <p>LAN:</p> <p>USB:</p> <p>PE:</p> <p>6AV2123-2DB03-0AX0</p>									
7b									
Schéma zapojení - Simatic HMI									
LT83140076									
=									
+									
LT83140076									
7c									
7d									
Změna									
Datum									
Název									
Pliv.									
Zontr.									
Zprac.									
02.04.2020									
Z003W63K									
LT83140076									
Náhradní z									
Náhradeno čím									
7c									
7d									

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																										
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-0x-xxxx</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-1x-xxxx</p> </div> </div>																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-xx-x0(1)xx - napajeni 24 V</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-xx-x0(1)xx - napajeni 230 V</p> </div> </div>																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-xx-x0(1)xx - ZA2 napajeni 24 V</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XP2-xx-x0(1)xx - ZA2 napajeni 230 V</p> </div> </div>																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>8a</div> <div>8d</div> </div>																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr><td>Datum</td><td>Z03.04.2020</td></tr> <tr><td>Zprac.</td><td>Z003W63K</td></tr> <tr><td>Zontr.</td><td></td></tr> <tr><td>Pliv.</td><td></td></tr> </table> </div> <div> <table border="1"> <tr><td>Název</td><td>Náhrada z</td></tr> <tr><td>Název</td><td>Náhrada z</td></tr> </table> </div> <div> <table border="1"> <tr><td colspan="2">L.T831.40076</td></tr> <tr><td colspan="2">=</td></tr> <tr><td colspan="2">+</td></tr> </table> </div> <div> <table border="1"> <tr><td colspan="2">Propojovací schéma - XP2 - Přepínač + napájení 230 V AC, 24 V DC</td></tr> <tr><td colspan="2">L.T831.40076</td></tr> <tr><td>Lst.</td><td>8b</td></tr> <tr><td>Lst.</td><td>25</td></tr> </table> </div> </div>										Datum	Z03.04.2020	Zprac.	Z003W63K	Zontr.		Pliv.		Název	Náhrada z	Název	Náhrada z	L.T831.40076		=		+		Propojovací schéma - XP2 - Přepínač + napájení 230 V AC, 24 V DC		L.T831.40076		Lst.	8b	Lst.	25
Datum	Z03.04.2020																																		
Zprac.	Z003W63K																																		
Zontr.																																			
Pliv.																																			
Název	Náhrada z																																		
Název	Náhrada z																																		
L.T831.40076																																			
=																																			
+																																			
Propojovací schéma - XP2 - Přepínač + napájení 230 V AC, 24 V DC																																			
L.T831.40076																																			
Lst.	8b																																		
Lst.	25																																		
<div style="text-align: center;"> </div>																																			

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XP6 - generator</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XP6 - generator ZAZ</p> </div> </div>									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XP6 - ZA2 - 0x-3xxx</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XP6 - ZA2 - 1x-3xxx</p> </div> </div>									

Datum		Z2.04.2020	L.T83140076		Propojovací schéma - XP6 - Generátor + Signál		=	
Zprac.		Z003W63K			možno zapnout		+	
Zontr.							L.T83140076	
Pliv.							Lst	
Datum							Lst	
Název							Str	
Náhradla z							25	
Náhradeno dím								