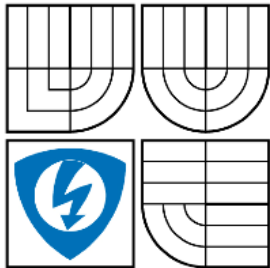


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

ANALÝZA KOMPLETNOSTI VÝROBNÍHO PROCESU ROZVÁDĚČŮ

ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESS COMPLETENESS OF SWITCHGEARS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

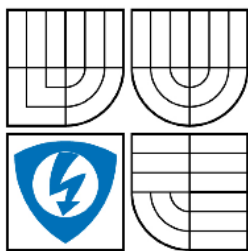
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JIŘÍ STOKLÁSKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MARTIN PAAR

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Jiří Stokláška

ID: 83221

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Analýza kompletnosti výrobního procesu rozváděčů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Teoretický popis procesu dodávky produktů
2. Rozbor hlavních příčin nekompletnosti produktů a nedodržení časových limitů
3. Návrh změn výrobního procesu vedoucí k jeho zlepšení

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Martin Paar

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan

Jméno a příjmení: Bc. Jiří Stokláška

Bytem: Cihlářská 572, Ratíškovice 696 02

Narozen (datum a místo): 18.11.1983, Hodonín

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Analýza kompletnosti výrobního procesu rozváděčů

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Martin Paar

Ústav: Elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP: 15.06.09

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů 1
- elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodíci se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Bibliografická citace práce:

STOKLÁSKA, J. Analýza kompletnosti výrobního procesu rozváděčů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 56 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Paar.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinu Paarovi a Ing. Michalu Bernardovi, Ph.D. z ABB Brno za cenné rady a připomínky k mé práci.

Děkuji svým rodičům a Bc. Barboře Šlitrové za podporu během celé doby studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

**ANALÝZA KOMPLETNOSTI VÝROBNÍHO
PROCESU ROZVÁDĚČŮ**

Bc. Jiří Stokláška

vedoucí: Ing. Martin Paar

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Analysis of production process completeness of switchgears

by

Bc. Jiří Stokláška

Supervisor: Ing.Martin Paar

Brno University of Technology, 2009

Brno

ABSTRAKT

Práce seznamuje s ABB Brno a portfoliem jejich výrobků. Popisuje proces výroby rozváděče a zaměřuje se na náplň práce jednotlivých pracovišť na výrobní lince. Stěžejní částí je analýza a rozbor hlavních příčin nekompletnosti rozváděčů v relaci k materiálové dostupnosti na začátku výroby. Dále byla provedena časová analýza. V závěru jsou navrženy změny výrobního procesu vedoucí ke zvýšení kompletnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: výrobní linka; nekompletnost; rozváděče; komponent; výrobní proces; predikce; principiální strom; materiálová dostupnost

ABSTRACT

This thesis introduces company ABB Brno and its products. It describes the manufacturing process of a switchgear and it is focused at work procedures at particular points of the assembly line. The main part analyzes the root causes of the incompleteness of switchgears in the relation to the components availability. Time footprint was worked out. As a conclusion the proposal of changes in manufacturing process to improve the level of completeness are stated.

KEY WORDS: production line, incompleteness, switchgears, component, manufacturing process, prediction, principle tree, material availability

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	14
1 ÚVOD.....	15
2 SEZNÁMENÍ S PORTFOLIEM MV ROZVÁDĚČŮ V ABB BRNO	16
2.1 PŘEHLED ROZVÁDĚČŮ VYRÁBĚNÝCH V ABB BRNO.....	17
2.2 POPIS ROZVÁDĚČE	18
2.2.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY	21
2.2.2 TYPY ROZVÁDĚČOVÝCH POLÍ.....	22
2.2.3 BLOKOVÁNÍ MANIPULACE S ROZVÁDĚČEM	22
3 PROCES VÝROBY ROZVÁDĚČE	25
4 VÝROBA MV ROZVÁDĚČŮ.....	26
4.1 MATERIÁLOVÝ TOK K LINCE.....	26
4.2 POPIS VÝROBNÍ LINKY	27
4.3 POPIS PRACOVIŠŤ NA LINCE	28
4.4 OSTATNÍ PRACOVIŠTĚ	29
4.5 ELEKTRICKÉ ZKOUŠKY	29
4.5.1 VYSOKONAPĚŤOVÁ ZKOUŠKA	29
4.5.2 PROUDOVÁ ZKOUŠKA	29
4.5.3 ÚBYTKY NAPĚTÍ.....	29
4.5.4 DALŠÍ ZKOUŠKY.....	30
5 ANALÝZA KOMPLETNOSTI VÝROBKŮ	31
5.1 SOUČASNÝ STAV NA LINCE	31
5.2 SLEDOVANÁ DATA.....	31
5.2.1 DOSTUPNOST MATERIÁLU NA ZAČÁTKU VÝROBY NA LINCE	31
5.2.2 SKUTEČNĚ NAMONTOVANÉ KOMPONENTY.....	32
5.2.3 PREDIKCE A JEJÍ SHODA SE SKUTEČNOSTÍ	32
5.3 NÁSTROJE PRO SBĚR DAT	32
5.4 OPERAČNÍ POSTUP	33
5.4.1 PLÁN ZAKÁZEK NA LINCE	33
5.4.2 DOSTUPNOST PODLE SAP	33
5.4.3 VYHODNOCENÍ ZAKÁZKY	33
5.4.4 POROVNÁNÍ SKUTEČNOSTI S PŘEDPOKLADY	33
5.4.5 ANALÝZA DAT	33
5.5 VÝSLEDKY	34
5.5.1 PRINCIPÁLNÍ STROM KOMPONENTŮ.....	34
5.5.2 KOMPONENTY, JEŽ NEJSOU VE VZOROVÉM POLI	36
5.5.3 URČENÍ KRITICKÝCH KOMPONENTŮ	36
5.5.4 SOUHRNNÁ TABULKA	37

6 HODNOCENÍ PŘÍČIN NEKOMPLETNOSTI	39
6.1 NEDOSTUPNÝ MATERIÁL	39
6.2 DŮVODNĚ NENAMONTOVANÉ.....	39
6.3 BEZDŮVODNĚ NENAMONTOVANÉ	40
6.4 PŘEHLED.....	42
6.4.1 KOMPONENTY	42
6.4.2 POLE.....	43
7 NÁVRHY A NÁMĚTY KE ZMĚNÁM A ZLEPŠENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	45
7.1 PROGRAM SAP.....	45
7.2 PRACOVNÍ MÍSTĚ	45
7.3 PROCES	46
7.4 VYHODNOCOVÁNÍ	47
7.5 DOPORUČENÍ PRO MES.....	47
8 ANALÝZA ČASU.....	48
9 ZÁVĚR.....	50
POUŽITÁ LITERATURA	52
PŘÍLOHA A SITUAČNÍ PLÁN VÝROBNÍ LINKY	53
PŘÍLOHA B MONTÁŽNÍ SEZNAM – PŘÍKLAD	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Příklady provedení rozváděčů [9]</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 2-2 Obecné zobrazení rozváděče [5]</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 2-3 Možné provedení kabelového připojení.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 2-4 Blokování dveří kabelového prostoru zkratovačem.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 2-5 Blokování zkratovače dveřmi kabelového prostoru.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 3-1 Blokový proces výroby rozváděče.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 4-1 Blokové schéma dodávky materiálu přes sklad</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4-2 Blokové schéma dodávky materiálu kanbanem</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4-3 Blokové schéma dodávky materiálu systémem VMI.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5-1 Principiální strom komponentů pro vzorové pole</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 5-2. Principiální návaznost komponentů na SET.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 5-3. Graf nenamontovaných komponentů</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 6-1 Graf nenamontovaných komponentů bez známého důvodu</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6-2 Procentuální vyjádření nenamontovaných komponentů.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-3 Procentuální rozdělení polí podle důvodu nekompletnosti</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 6-4 Procentuální rozdělení četnosti polí podle počtu chybějících komponentů</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 7-1 Čas pole na lince.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 7-2 Ganttův graf pro vzorové pole.....</i>	<i>49</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 5-1 Souhrnná tabulka nenamontovaných komponentů</i>	37
<i>Tab. 6-1 Komponenty nedostupné na začátku výroby na lince</i>	39
<i>Tab. 6-2 Důvody nenamontování části komponentů</i>	40
<i>Tab. 6-3 Bezdůvodně nenamontované komponenty</i>	41
<i>Tab. 6-4 Přehled nenamontovaných komponentů</i>	42
<i>Tab. 6-6 Přehled polí podle počtu chybějících komponentů</i>	44
<i>Tab. 7-1 Čas na lince - rozdělení podle kompletnosti</i>	48
<i>Tab. 7-2 Čas na lince - rozdělení podle typu pole</i>	49

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

BC	bus-coupler (podélná spojka přípojníc)
DF	switch-disconnector unit (jednotka s odpínačem)
FACTS	flexible AC transmission systém (flexibilní systém přenosu střídavého proudu)
HVDC	high-voltage direct current (přenos stejnosměrného proudu velmi vysokým napětím)
IF	incoming/outgoing feeder (přívod/vývod)
IFD	direct incoming/outgoing feeder (přímý přívod/vývod)
IFDM	direct incoming/outgoing feeder with measurements (přímý přívod/vývod s měřením)
Ik	zkratový proud
In	jmenovitý proud
K.K.	kryt kabelový
K.P.	kabelový prostor
M	measurements (měření)
MV	medium voltage (vysoké napětí 1 – 34.5 kV)
NN	nízké napětí
R	riser (pevná spojka)
RM	riser with measurements (pevná spojka s měřením)
Un	jmenovité napětí
V.P.	vypínačový prostor
VN	vysoké napětí
VMI	vendor managed inventory (řízení zásob dodavatelem)
VYP	vypnuto
ZAP	zapnuto

Použité pojmy:

Zakázka / síť - rozváděče jež jsou vyrobeny v rámci jedné objednávky od zákazníka.

Rozváděč / pole - jeden kus výrobku určených parametrů skládá se z komponentů.

Komponent / položka / materiál – dílec montovaný do pole (např. dveře, kryt oddělovací)

Vzorové pole - tvoří cca 50% objemu vyrobených polí, typ IF, parametry - šířka 650 mm, hloubka 1 340 mm, napět'ová hladina 12 kV, proud přípojníc 1 250 A

1 ÚVOD

Diplomová práce se opírá o poznatky a podkladová data nasbíraná v podniku ABB Brno. První část práce je věnována firmě a jejímu výrobnímu portfoliu rozváděčů v hladině vysokého napětí. Jsou popsány základní části rozváděče. Vyrábí se velká řada provedení a modifikací rozvodů. Základními parametry jsou jmenovité napětí a proud, zkratová odolnost a systém přípojnic. V práci je zobrazen celý výrobní proces rozváděče a znázorňuje zde zákazníka jako hlavní faktor, který může vznášet nové požadavky, popřípadě i celou zakázku zrušit, a to během celého procesu. Zaměřuje se na linku a popisuje činnost jednotlivých pracovišť na ní. Poloautomatická výrobní linka se skládá z buffer zón (prostorů pro odkládání výrobků mezi operacemi) a montážních pracovišť, které jsou vybaveny nástroji a vybavením pro vykonávání svěřených úkonů. Hlavní část práce je zaměřena na analýzu komponentů. Mezi sledovaná data patří dostupnost materiálu na začátku výrobní linky, skutečně namontované komponenty a predikce. Jako nástroje byly využity vnitropodnikový systém SAP, montážní seznam pole a pracoviště Z10. Pro vyhodnocování byl stanoven operační postup, podle nějž se data hodnotila.

2 SEZNÁMENÍ S PORTFOLIEM MV ROZVÁDĚČŮ V ABB BRNO

ABB je přední světová firma poskytující technologie pro energetiku a automatizaci, které umožňují energetickým a průmyslovým podnikům zvyšovat výkonnost při současném snížení dopadu jejich činnosti na životní prostředí. ABB má 120 000 zaměstnanců ve více než 100 zemích.

V České republice působí ABB od roku 1993 a v současné době má okolo 2 500 zaměstnanců. České ABB má možnost využití mezinárodního know-how a nejnovější výsledky výzkumu a vývoje globální společnosti. Svým zákazníkům nabízí přidanou hodnotu v podobě silného zázemí vlastních inženýrských a servisních center a dlouhodobých zkušeností tradičních českých výrobců. [1]

Oblasti podnikání

Firma se zabývá oblastí výroby systémů pro elektroenergetiku a jejich klíčovými komponenty pro přenos a rozvod elektrické energie. Vyrábí a dodává transformátory, rozváděče, vypínače, kabely a související systémy jako jsou flexibilní systém přenosu střídavého proudu, přenos stejnosměrného proudu velmi vysokým napětím či systémy pro řízení sítí. V oblasti elektroenergetických služeb poskytuje modernizaci, opravy, konzultace, poradenství, diagnostiku a servis.

Dalším odvětvím je automatizace. Zde nabízí zákazníkům energeticky účinné a spolehlivé výrobky, které zlepšují jejich produktivitu. Mezi ně patří frekvenční měniče, motory, generátory, přístroje a rozváděče nízkého napětí, instrumentace, analytika a výkonová elektronika. To vše přináší zákazníkům z ropného a plynárenského sektoru, chemického a farmaceutického průmyslu, průmyslu papíru a celulózy, metalurgie, těžby a námořní dopravy.

V robotice patří ABB mezi nejvýznamnější dodavatele průmyslových robotů. Poskytuje rovněž software a periferní zařízení, modulární výrobní buňky a služby pro takové operace jako svařování, manipulace, montáž, lakování, povrchová úprava, balení, paletizace a obsluha strojů. [2]

2.1 Přehled rozváděčů vyráběných v ABB Brno

UniGear typ ZS1 a Perfect jsou primární distribuční rozváděče vysokého napětí pro vnitřní instalaci, nabízející široké spektrum možností. UniGear rozváděče jsou k dispozici jako jednoúrovňové, dvouúrovňové řešení nebo řešení se dvěma systémy přípojníc. [4]



Obr. 2-1 Příklady provedení rozváděčů [9]

Na (obr. 2-1) jsou zobrazeny příklady používaných verzí rozváděčů:

- MCC motor control cubicle, rozváděč speciálně určený k ochraně motorových vývodů,
- Unigear classic, standardně vyráběné provedení,
- Floor rolling version, pohyblivě připojená rozvodna,
- Double level, v provedení classic,
- Double busbar, řez modelem,
- Classic Duplex, provedení „back to back“ spojení zadními stranami.

ABB vyrábí převážně do zahraničí a tak sestavuje rozváděče vyhovující normám cílové země určení. Nejčastější země vývozu a jejich normy či normotvorné instituce.

Rusko a země bývalého SSSR – GOST - Gosudarstvennyj standart

Amerika – ANSI - American National Standards Institute

Irsko a Velká Británie– BSI - British Standards Institution

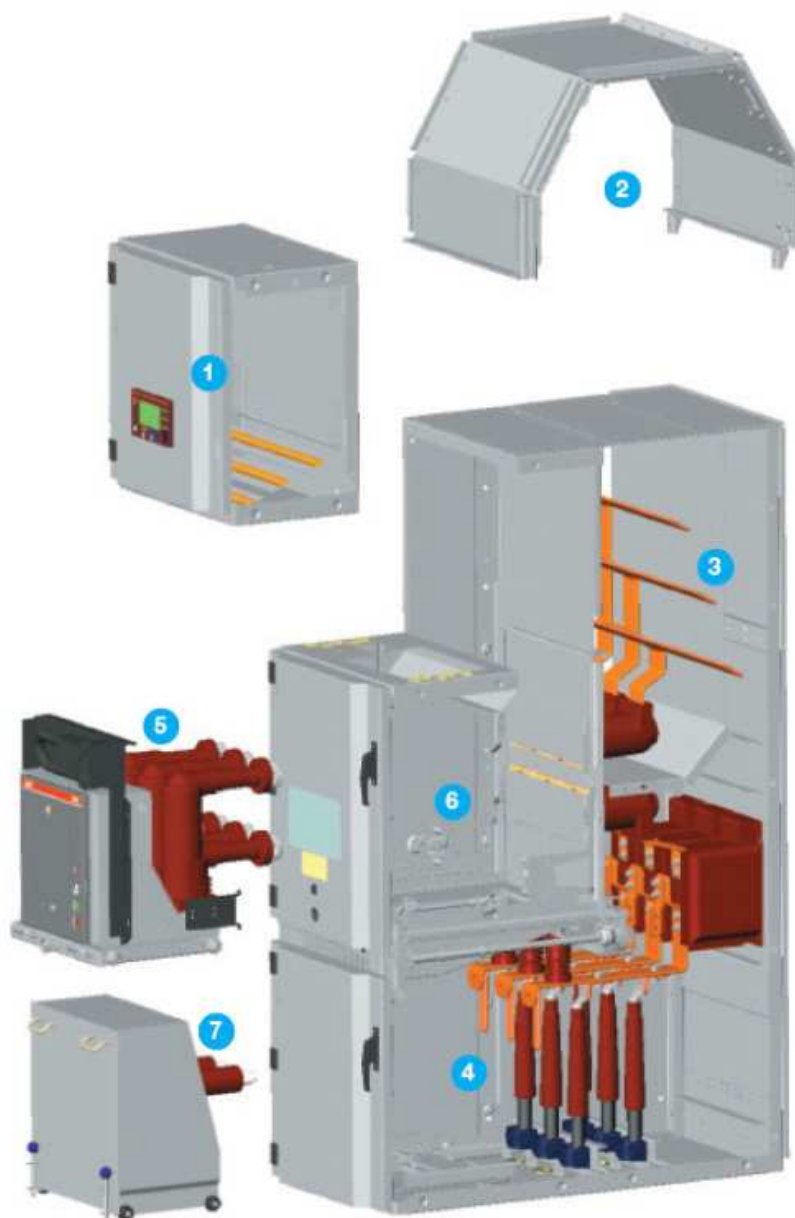
Evropa – IEC - International Electrotechnical Commission, vztahuje se na Evropu krom míst, kde platí GOST a BSI

2.2 Popis rozváděče

Tato kapitola se věnuje popisu rozváděče pro vysoké napětí. Vyrábí se řada provedení a modifikací rozvodů, jejichž vybavení a konstrukce je individuálně navrženo pro zákazníka.

Skříně UniGear vyhovují normám a specifikacím pro rozváděče vysokého napětí smontované v závodě, kovově kryté a typově odzkoušené podle ČSN EN 62271-200 a ČSN EN 60694. Rozváděčové skříně mají stupeň krytí podle ČSN EN 60529

Základní popis



Obr. 2-2 Obecné zobrazení rozváděče [5]

Přístrojová skříňka NN (1)

Přístrojová skříňka je z hlediska všech aspektů ovládání a jištění vhodná jak pro konvenční, tak pro mikroprocesorovou techniku ovládání. Jestliže nejsou řídicí a pomocné přístroje určeny pro montáž na dveře, jsou montovány na speciální kovové lišty. Ty umožňují provádět jakékoliv dodatečné změny v zapojení. Ve spodní části přístrojové skříňky jsou na výklopném držáku lišt tři řady svorkovnic a pod nimi je snadno přístupný pomocný spínač pro zástrčku ovládacího zapojení. Vnitřní zapojení ve skříni je umístěno v průchodu na pravé straně skříně. Levá strana skříně slouží pro vnější zapojení. Průchody jsou uzavřeny kryty z ocelového plechu. Po stranách přístrojové skříňky jsou otvory pro provlečení vodičů okružního zapojení. [7]

Odfukový kanál (2)

Kanál pro výfuk plynu je umístěn nad rozváděčem a probíhá po celé jeho délce. Každý výkonový oddíl je vybaven klapkou umístěnou na své horní části. Ta se otevírá působením tlaku, který vzniká při poruše, a umožňuje únik plynu do kanálu. Horké plyny a žhavé částice vznikající při vnitřním obloukovém zkratu musí být odvedeny z prostoru. Rozváděč UniGear je vybaven tak, aby se vypořádal s různými požadavky. Některé instalace, např. na lodích, nedovolují odvedení plynů mimo prostor, proto byla realizována pro zajištění bezpečnosti obsluhy a v souladu s normami jed nouúčelová řešení jako expanzní komory, absorpční filtry a podélné odváděcí komíny. [7]

Oddíl přípojníc (3)

Přípojnice mají obdélníkový průřez a jsou vyrobeny z mědi. Pro vyšší jmenovité proudy (3 150, 3 600 a 4 000 A) mají přípojnice průřez tvaru D. Podle jmenovitého proudu je použito buď jednoduché nebo dvojité uspořádání. Přípojnice jsou upevněny na plochých vodičích odboček a v průchodkách přípojníc. Nejsou zapotřebí žádné speciální přípojovací svorky. Přípojnice a vodiče odboček pro 17,5 a 25 kV jsou izolovány pomocí smršťovacích hadic. Šroubové spoje systému přípojníc 17,5 a 25 kV jsou zakryté izolačními kryty. Přípojnice pro jednotky 12 kV do 2000 A jsou bez krytů. Ploché přípojnice 2500 A a přípojnice o průřezu tvaru D 3150, 3600 a 4000 A jsou izolované a spoje jsou zakryté. Pomocí průchodkových desek a průchodek přípojníc je možno vytvořit přepážky mezi skříněmi. [7]

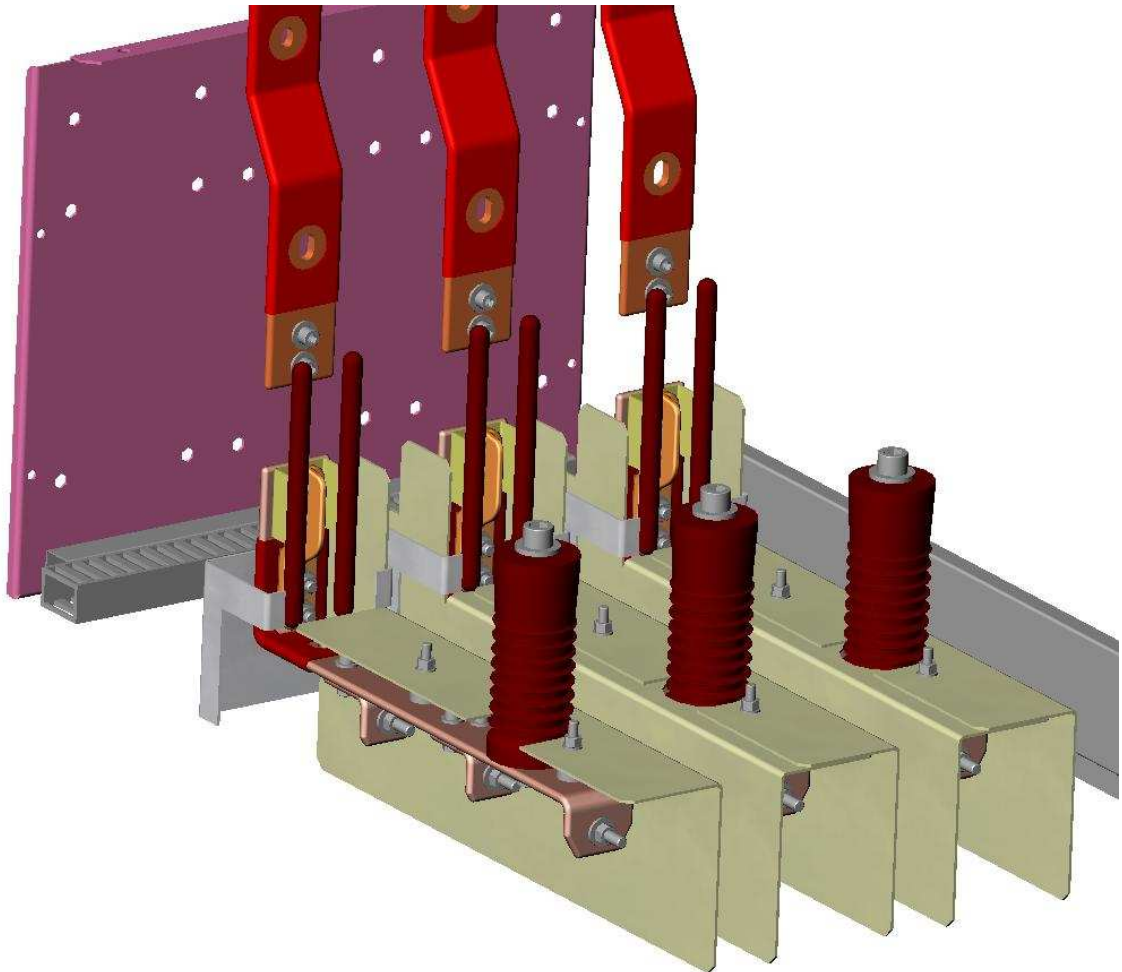
Oddíl připojení kabelů (4)

Kabelový oddíl obsahuje proudové transformátory, pevně montované nebo výsuvné napěťové transformátory a uzemňovač podle individuálních provozních požadavků. Kabelový oddíl je konstruován pro instalaci tří transformátorů proudu. Pevně montované transformátory napětí jsou připojeny na primární straně flexibilními kompletně izolovanými vodiči. Výsuvné transformátory napětí (7) jsou vybaveny pojistkami VN.

Uzemňovač (7) typu EK6 se může použít s ručním nebo motorovým pohonem. Jeho spínací polohy jsou indikovány pomocí pomocného spínače jak mechanicky, tak elektricky. Je možná pevná montáž tří svodičů přepětí (7).

Připojení kabelů v polích

Do pole je možno připojit až 6 paralelních celoplastových jednožilových kabelů a násuvných kabelových koncovek s maximálním průřezem 630 mm². V případě požadavků zákazníka týkajících se kabelového připojení je nutno vzít v úvahu v průběhu plánovací etapy zakázky třížilové kabely, speciální kabely nebo koncovky různých typů.



Obr. 2-3 Možné provedení kabelového připojení

Výsuvné části s vypínačem (5)

Výsuvný vypínač tvoří kompletní modul sestávající z vakuového vypínače typu VD4, V-max nebo VM1, nebo SF6 vypínače typu HD4, výsuvné kazety, izolovaných kontaktních ramen s kontaktním systémem a zástrčky ovládacího zapojení. Výsuvná kazeta a vypínač jsou spojeny pomocí vícepólového konektoru. Výsuvná kazeta zajišťuje mechanické spojení mezi polem a vypínačem. Výsuvná část s vypínačem se posouvá mezi pracovní a zkušební/odpojenou polohu ručně nebo motorem pomocí šroubového mechanismu při zavřených předních dveřích. Pracovní a zkušební/odpojené polohy jsou přesně nastaveny pomocnými spínači, které registrují dosažení konečné polohy a úhlovou polohu šroubového mechanismu.

Zemní připojení mezi výsuvnou částí a skříní je zajištěno kladkami a kolejnicemi, které jsou přišroubovány do skříně. Výsuvné části stejné konstrukce jsou navzájem zaměnitelné. V případě, že má výsuvná část stejné rozměry, ale rozdílné vybavení vypínače, zabrání kódování zástrčky ovládacího zapojení chybnému připojení mezi výsuvnou částí a skříní. Kódování je uvedeno v dokumentaci zakázky. [7]

Ostatní výsuvné části

Výsuvná část může být vybavena také následujícími podvozky:

Podvozek s měřicími napěťovými transformátory s pojistkami (4 či 7)

Uzemňovací podvozek bez zapínací schopnosti (4)

Uzemňovací podvozek se zapínací schopností (4)

Zkušební podvozek pro silové kabely (4)

Oddíl vypínače (6)

Oddíl vypínače obsahuje veškeré nutné vybavení pro vzájemný provoz výsuvné části a skříně. Je podobně jako oddíl přípojnic oddělen kovovými přepážkami ze všech stran. Tulipánové odpojovací kontakty, společně s pevnými odpojovacími kontakty, jsou umístěny v montážní desce. Jsou zde také kovové zákryty, zakrývající zasouvací otvory. Zákryty se otevírají při zasouvání výsuvné části s vypínačem do pracovní polohy pomocí nájezdů s použitím páky a zavírají se při vysouvání výsuvné části z pracovní do zkušební/odpojené polohy. Ve zkušební/odpojené poloze výsuvné části je vytvořeno odpojení s oddělením v hlavním proudovém obvodu. Ve zkušební/odpojené poloze není nutno rozpojit připojení ovládacího zapojení, které je požadováno pro zkušební účely. Ve zkušební/odpojené poloze je výsuvná část stále úplně zasunutá ve skříní a dveře jsou uzavřené. Tlačítka ZAP/VYP umístěna na vypínači a mechanické ukazatele pro ZAP/VYP a NASTŘÁDÁNO/NENASTŘÁDÁNO jsou viditelné průzorem. Spínání se provádí při zavřených dveřích. Rovněž je možná instalace dodatečného mechanického spínacího zařízení pro ruční ovládání vypínače v pracovní poloze. Zásuvka pro ovládací zapojení je pevně montována v oddílu vypínače. [7]

2.2.1 Základní parametry

Mezi základní parametry určující provedení rozváděče patří:

Jmenovité napětí

Řada $U_n = 12; 17,5$ a 25 kV má vliv na minimální vzdálenost mezi živými a neživými částmi.

Jmenovitý proud

Řada pro přípojnice $I_n = 630; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 3600$ a 4000 A, pro volbu průřezu a provedení proudovodných drah.

Zkratovou odolnost

Řada $I_k = 25; 31,5; 40$ a 50 kA pro mechanickou odolnost vůči dynamickým účinkům zkratového proudu.

Systém přípojnic

Jednoduchý či dvojitý - má vliv na provedení a vnější rozměry rozváděče.

Díky kombinaci základních parametrů získáme rozličné rozváděče, ale ne všechny kombinace jsou vyráběny.

2.2.2 Typy rozváděčových polí

Rozváděčové pole je navrženo tak, aby plnilo svou specifickou funkci v rozvodně. Každé funkci odpovídá provedení a vnitřní vybavení rozváděče. Zde je základní přehled typů polí s jejich označením a vybavením.

IF – Přívod / vývod (Incoming/outgoing feeder)

Přívodové nebo vývodové pole je prvotně vybaveno výsuvným výkonovým vypínačem, kabelovým připojením, zkratovačem a proudovým transformátorem. Na přání zákazníka může být kabelový prostor vybaven napěťovým transformátorem, a to jak v provedení výsuvném, tak pevném.

IFD – Přímý přívod/vývod (Direct incoming/outgoing feeder)

IFDM – Přímý přívod/vývod s měřením (Direct incoming/outgoing feeder with measurements)

Je rozváděč podobný IF s tím rozdílem, že není vybaven výkonovým vypínačem. U pole typu IFDM je napěťový transformátor v provedení výsuvném nebo pevném.

DF – Jednotka s odpínačem (Switch-disconnector unit)

Provedení jednotky s odpínačem je obdobné s IF až na to, že zde není výsuvný výkonový vypínač, ale pevný odpínač.

BC – Podélná spojka přípojnic (Bus-coupler)

Spojky přípojnic jsou osazeny výsuvným výkonovým vypínačem, proudovým transformátorem a zkratovačem.

R – Pevná spojka (Riser); **RM – Pevná spojka s měřením** (Riser with measurements)

Pevná spojka nemá základní vybavení, do pevných spojek s měřením se umísťuje výsuvné měření, a to zpravidla do vypínačového prostoru.

M – Měření (Measurements)

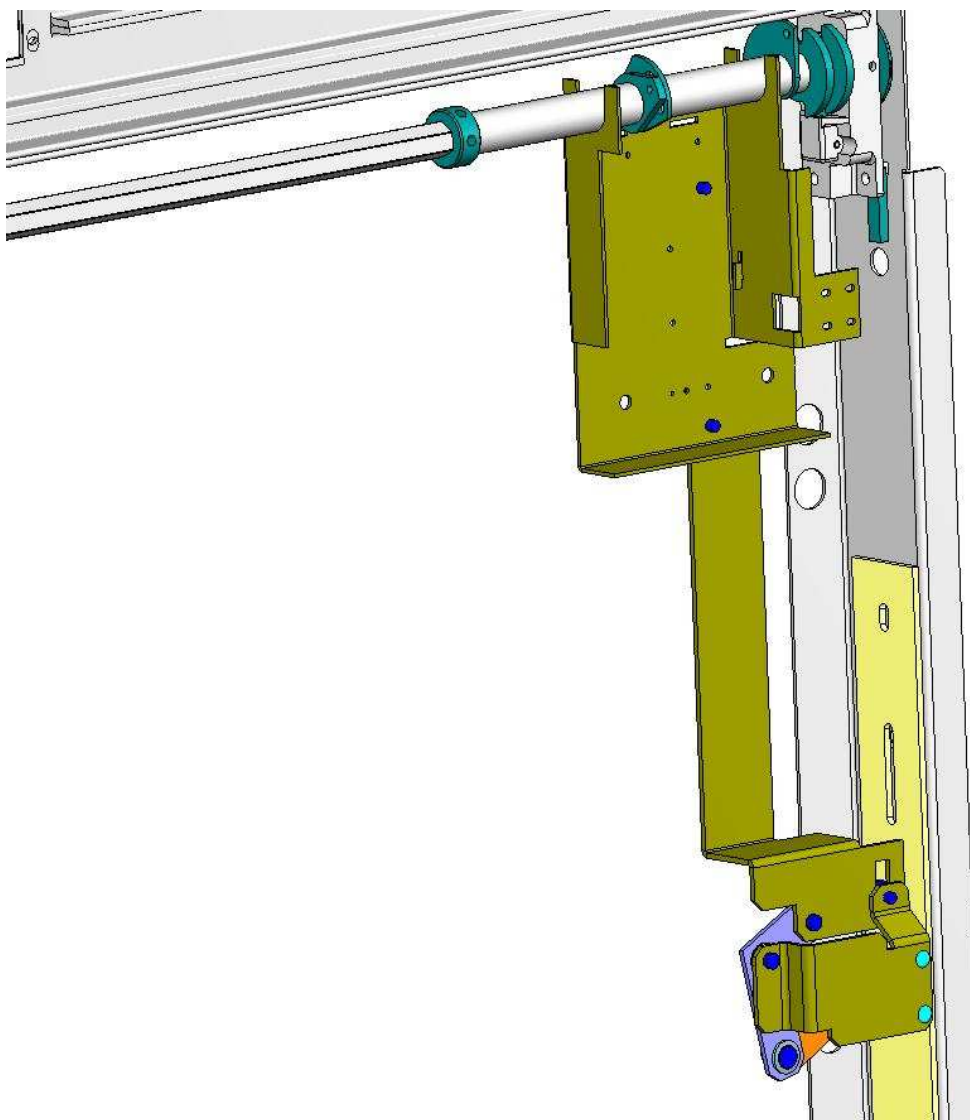
Obsahuje výsuvný napěťový transformátor a zkratovač.

2.2.3 Blokování manipulace s rozváděčem

Pro zabránění nebezpečným situacím a chybným manipulacím je, pro ochranu osob a zařízení, k dispozici celá řada blokování. Rozváděče mají zabudovanou řadu několika pravidel pro manipulaci s přístroji a mohou být vybaveny i dalším blokováním. Nadstandardní blokování je individuální podle požadavků zákazníka.

Elektrické blokování se používá pro:

- Vypínače s elektrickou spouští.
- Zdvojení mechanických blokad.
- Zajištění blokování mezi rozváděči v rozvodně.



Obr. 2-4 Blokování dveří kabelového prostoru zkratovačem

Pro zvýšení bezpečnosti a proti nedovolené manipulaci se využívají klíče, visací zámky a v neposlední řadě i blokovací magnety.

Klíče

Použití blokování s klíčem je velmi důležité při realizaci blokovací logiky mezi jednotkami stejného rozváděče nebo jinými rozváděči vysokého, nízkého a velmi vysokého napětí. Logika je realizována pomocí distributorů nebo umístěním klíčů na kroužku. Podvozek přístroje může být uzamčen v odpojené poloze a příslušný klíč zámku je možno vyjmout jen, když je přístroj v této

poloze. Zapnutí a vypnutí uzemňovače může být též blokováno pomocí klíče. Ten se může vyjmout jen, když je uzemňovač v opačné poloze než bylo provedeno blokování. Tyto zámky se mohou použít také na uzemňovači přípojnicových aplikací. Manipulaci zajíždění/vyjíždění přístroje a vypnutí/zapnutí uzemňovače může být zamezeno pomocí zámků s klíčem, které zabrání nasunutí příslušných ovládacích pák. Zámek s klíčem se může použít také na uzemňovači přípojnicových aplikací.[8]

Visací zámky

Dveře oddílu přístroje a oddílu přívodu mohou být uzamčeny v uzavřené poloze pomocí visacích zámků. Manipulace pro zajíždění/vyjíždění přístroje a vypínání/zapínání uzemňovače mohou být zamezeny použitím visacích zámků na drážkách pro zasouvání příslušných ovládacích pák. Visací zámek se může také použít na uzemňovači přípojnicových aplikací. Kovové oddělovací kryty se mohou uzamknout pomocí dvou nezávislých visacích zámků, jak v otevřené, tak uzavřené poloze. Rozváděč je určen pro použití visacích zámků o průměru 4 až 8 mm.[8]

Blokovací magnety

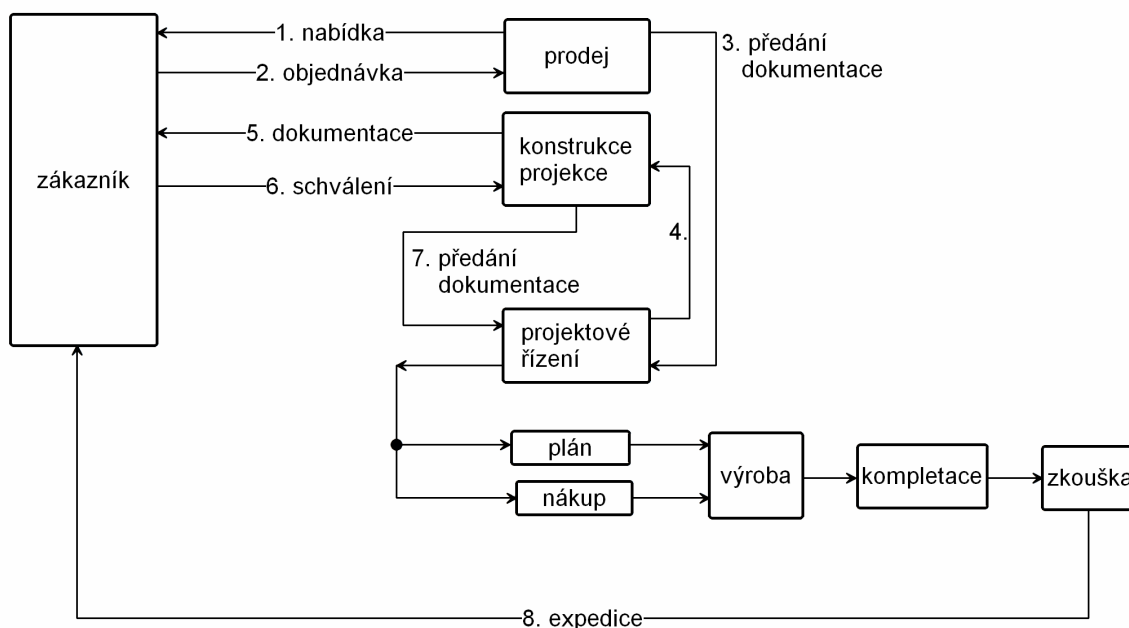
Blokovací magnety se používají pro provádění automatické blokovací logiky bez lidského zásahu. Mohou zamezit manipulaci pro zajíždění/vyjíždění přístroje a vypínání/zapínání uzemňovače. Mohou se také použít na uzemňovači přípojnicových aplikací. Dveře oddílu vypínače a oddílu přívodu lze uzamknout v uzavřené poloze. Magnety jsou použitelné v obou verzích dveří – se šrouby nebo s centrální rukojetí. Magnety působí s aktivní logikou a proto ztráta pomocného napětí způsobí, že je blokování účinné.[8]



Obr. 2-5 *Blokování zkratovače dveřmi kabelového prostoru*

3 PROCES VÝROBY ROZVÁDĚČE

Popis výroby rozváděče ukazuje složitost a náročnost celého procesu. Zákazník je zde uveden jako hlavní faktor, který může vznášet nové požadavky, popřípadě i celou zakázku zrušit, a to během celého procesu.



Obr. 3-1 Blokový proces výroby rozváděče

Zákazník: zadá parametry a požadavky na vybavení rozvodny, po získání nabídky, jež zpracuje prodejní oddělení, zadá objednávku a posléze schválí předloženou dokumentaci od konstrukce, projekce.

Prodej: zprostředkování prvního kontaktu se zákazníkem a zpracování nabídky na základě předložených parametrů a požadavků.

Konstrukce, projekce: na podkladě objednávky vypracuje dokumentaci k rozvodně a předloží ji ke schválení zákazníkovi.

Projektové řízení: má na starosti průběh celé zakázky, hlavní náplní je hlídat naplánovaný časový průběh a náklady na zakázku, rozsah dodávky.

Plán: naplánování časového průběhu zakázky, tzv. milníků. Jedná se hlavně o data zahájení výroby, kompletace a expedice.

Nákup: objednání materiálu na zakázku podle dokumentace.

Výroba: výroba jednotlivých částí rozvodny, v této části procesu se nachází i linka rozváděčů.

Kompletace: sestavení a propojení rozvodny do finální podoby.

Zkouška: provedení funkční a vizuální zkoušky rozvodny, případné nedostatky jsou posléze odstraněny.

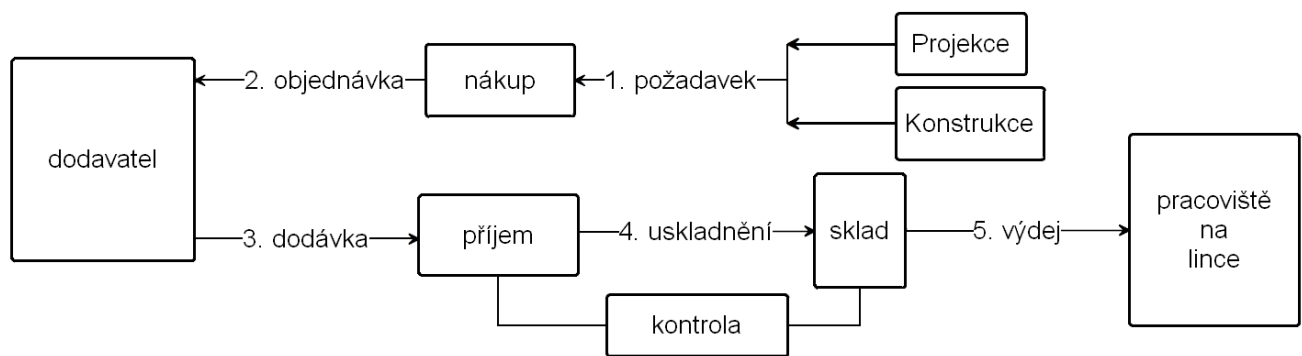
Expedice: odeslání zakázky k zákazníkovi.

4 VÝROBA MV ROZVÁDĚČŮ

4.1 Materiálový tok k lince

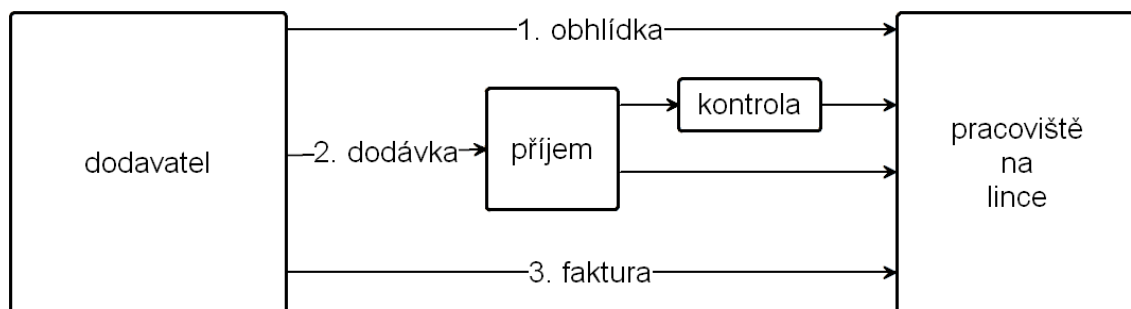
Materiál se k pracovišti na lince může dostávat od dodavatele přes **příjem** – potvrzuje přijetí materiálu do podniku tzv. „příjemka“, **kontrolu** – provádí kontrolu přebraného materiálu z hlediska kvality, kvantity a splnění podmínek kupní smlouvy, **sklad** – přejímá materiál na základě příjemky. Materiál je uložen podél linky.

A) Přes sklad – na základě požadavku jednotlivých projektů nákupní oddělení vystaví objednávku pro dodavatele a ten dodá materiál na příjem. Odtud je přesunut k uskladnění. Buď přímo nebo přes kontrolu. Ze skladu je vydáván na jednotlivé pracoviště na základě výdejek. Skladové hospodářství je vedeno v informačním systému SAP. Doplnění materiálu probíhá na základě plánu výroby. Jedná se o materiál s velkou zásobou nebo dlouhou dobou dodání, například aluzinkové plechy, vodící lišty, roubíky.



Obr. 4-1 Blokové schéma dodávky materiálu přes sklad

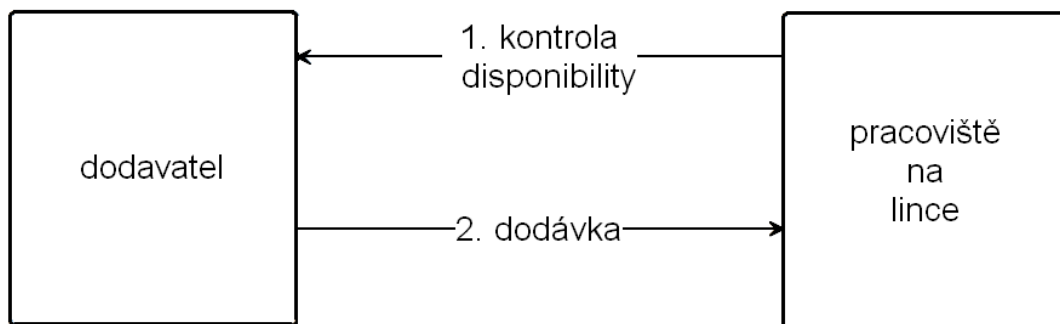
B) Kanbanem (kanban – japonské označení pro štítek) – materiál je dodán dodavatelem přímo k jednotlivým pracovištím na lince. Doplnění materiálu se provádí na základě spotřeby pomocí štítku. Drobný materiál s častými dodávkami, například spojovací materiál.



Obr. 4-2 Blokové schéma dodávky materiálu kanbanem

Příklad: Na pracovišti jsou tři bedny šroubů, každá je označena štítkem. Pracovník odebírá šrouby pouze z jedné bedny. Po vybrání bedny odnese její štítek pověřenému pracovníkovi a ten objedná u dodavatele plnou bednu. Dodavatel zařazený v systému Kanban má většinou bednu již nachystanou k odběru.

C) Systémem VMI (dodavatelem řízená zásoba) – dodavatel provede v podniku obhlídku stavu materiálu na pracovištích na lince. Poté dodá materiál do podniku na příjem. Odtud jde dodaný materiál k pracovištím na lince. Buď přímo nebo přes kontrolu. Objednávka se vystaví zpětně na základě provedené dodávky materiálu. Stav materiálu je udržován dodavatelem v nasmlouvaném množství na pracovištích.



Obr. 4-3 Blokové schéma dodávky materiálu systémem VMI

D) Konsingenní sklad – sklad dodavatele v prostorách podniku, např. šrouby, svorkovnice.

4.2 Popis výrobní linky

Linka je kopií výrobní linky z italské fabriky a do provozu v brněnském podniku byla uvedena přibližně před 5 lety. Některé z méně důležitých výrobních procesů jsou dolazovány v průběhu provozu.

Jedná se o poloautomatickou montážní linku. Manuální montáž rozváděčů provádí pracovníci na deseti hlavních a dvou podpůrných pracovištích. Podpůrná pracoviště slouží pro přípravu komponentů. Dopravu mezi jednotlivými pracovišti obstarává automatický přepravní plošinový vozík, jež je řízen optickými čidly a jako zdroj energie má baterie. Bezpečnost provozu je zabezpečena pomocí série laserových ohrazení a tlakových čidel zabudovaných v podlaze okolo linky. Na lince jsou kromě pracovních stanovišť i vyhrazené buffer zóny – prostory pro dočasné odkládání výrobků mezi operacemi.

4.3 Popis pracovišť na lince

Situační poloha pracovišť okolo linky je v PŘÍLOZE A

Z1 – pracoviště montáže kostry skříně

Montáž základní kostry a nosníku komor pomocí montážního hydraulického stolu s naprogramovanými vzdálenostmi pro nýtování kostry skříně.

Z2 – pracoviště pro dokončení montáže základní skříně

Montáž vnitřní vložky a krytu, blokování dveří kabelového a vypínačového prostoru, blokování zkratovače dveřmi kabelového prostoru, uzamčení pohonu, ručního nebo motorového pohonu zkratovače a uzemňovače, topení pro kabelový a vypínací prostor, vodičích kolejnic, rozpěrné tyče, držáků kabelů, clon a zamykání hřídele zkratovače.

Z3 – pracoviště montáže nosníků

Montáž odboček, nosných izolátorů, montáž traf proudů a napětí.

Z4 – pracoviště montáže kabelových připojení

Montáž kabelového připojení a odbočky z proudového transformátoru. Je zde speciální polohovací zařízení pro zjednodušení přístupu ke spodní části skříně kabelovému prostoru.

Z5 – pracoviště montáže spojek

Montáž měděných setů. Zde jsou vybavovány jen pole některých typů např. RM

Z6 – pracoviště montáže skříňky NN na skříň VN

Montáž odboček, roubíků, odlehčovacích klapek a skříňky NN - pouze protažení svazků od transformátorů a montáž na VN část. Speciální zapouštěcí zařízení slouží pro přístup k horní části skříně a zdejší jeřáb slouží pro manipulaci s NN skříňkami.

Z7 – pracoviště montáže dveří a krytů

Montáž předních dveří vypínačového a kabelového prostoru, oddělovacího krytu a dna kabelového připojení. Mechanický test zvedání clon a sousosti roubíků.

Z8PD – pracoviště kabelových hrdel

Montáž kabelových hrdel – pro typ UniGear Practised design pro UG ZS1 a Perfect slouží jako buffer zóna.

Z9 – pracoviště zapojení skříněk NN

Propojení svazků mezi VN částí a skříňkou NN. Provádí se z vyvýšené rampy.

Z10 – pracoviště, kde se provádí elektrické zkoušky

Zkušební pracoviště vybavené pro provádění elektrických zkoušek na jednotlivých polích. Více v kapitole 4.5.

4.4 Ostatní pracoviště

Tato pracoviště se nenacházejí přímo na lince, ale jejich činnost s ní souvisí. Jsou jimi například:

Pracoviště Z00

Zde dochází k přípravě některých komponentových podsestav, které se přepravují na dané pracoviště. Slouží i jako mezisklad.

Proces přípravy dveří

Po přijetí na sklad od dodavatele je ověřena barva - všechny dveře jsou vyráběny v základní barvě RAL 7035. Pokud zákazník vyžaduje jinou barvu, dveře jsou poslány na přelakování k dodavateli (lakovna je rezervována jeden den v týdnu pro ABB), po návratu na sklad jsou dveře předány na pracoviště B7.

Pracoviště dveří B7

Na tomto pracovišti jsou dveře osazeny panty, táhly, klikou a těsnící gumou. Poté dojde k přilepení skla či instalaci visacího zámku, pokud jsou vyžadovány. Celý proces většinou trvá 30 minut. Je-li vyžadováno sklo, je potřeba 2 hodin k zaschnutí silikonu, kterým se lepí. Z pracoviště B7 jdou dveře na pracoviště Z7.

4.5 Elektrické zkoušky

Na každém vyrobeném rozváděči se provádí série zkoušek. Základní zkoušky je možno provést na pracovišti Z10. Zkušební kabina je provedena jako izolační box se zkušebním prostorem a pracovištěm obsluhy, vybavené počítačem, jež zpracovává měření. Kabina je vybavena napěťovým zdrojem 0-60kV od firmy Phoenix a proudovým zdrojem 0-200A od firmy ELCOM Prameri indukti ME

4.5.1 Vysokonapěťová zkouška

Pro provedení vysokonapěťové zkoušky musí být pole vybaveno kompletní proudovodnou dráhou a kryty okolo ní, bez toho nemůže být zkouška uskutečněna, protože dochází k přeskokům napětí. Zjišťuje se správné zapojení fází a izolační odolnost. Indikuje se na Kuvagu - indikátor napětí v jednotlivých fázích, vyvedený z proudového transformátoru. Je nutné odpojit napěťové transformátory, jsou-li přítomny, z důvodu indukovaní napětí.

4.5.2 Proudová zkouška

Nutností je kompletní proudovodná dráha a proudový transformátor, který je zapojen do NN skříňky nebo vyvedený do svorkovnice. Ověřuje se převod a polarita zapojení proudového transformátoru.

4.5.3 Úbytky napětí

Neboli odpor hlavního vedení. Je potřeba aby byla nainstalovaná kompletní proudovodná dráha a výkonový vypínač či odpojovač. Tato zkouška je málokdy proveditelná z důvodu nekompletnosti na výrobní lince.

Pokud nelze provést tyto zkoušky na pracovišti, jsou provedeny v rámci dalších zkoušek.

4.5.4 Další zkoušky

Provádí se na kompletně smontované rozvodně na finální montáži:

Propojení vodičů

Prozvoňuje se zvonkem nebo pípákem.

Izolační zkouška pomocných obvodů

Měří se přístrojem KIKUSLI 5051A AC/DC.

Napět'ová zkouška

Simuluje výstup z napět'ového transformátoru, kontrola napět'ových obvodů, převodník ochrany a voltmetry. Používá se PACIFIC POWER 320 – ASX s jednofázovým vstupem a 3 fázovým výstupem, rozsah napětí 0 - 150 V a kmitočtu 0 - 400 Hz.

Úbytky napětí

Zkouška je provedena mobilním přístrojem MEGGER DLR 600

Proudová zkouška

Je provedena mobilním přístrojem PROGRAMMA ODEN A7

Vysokonapět'ová zkouška

Je provedena mobilním přístrojem BAVR PGK 5B 0-100kV a 100mA

Všechny prováděné zkoušky se zapisují do Switch gear booku, ten ve výsledku obsahuje testovací proceduru pro každou zakázku. Zkoušky probíhají podle příslušných norem, které platí v cílové zemi zakázky.

5 ANALÝZA KOMPLETNOSTI VÝROBKŮ

Analýza je zaměřena na komponentovou kompletnost. Tato práce je první co se týče v sledování takového zaměření a rozsahu.

Aby mohla být provedena plnohodnotná komponentová analýza, bylo potřeba nasbírat dostatek dat. Sledování výrobní linky v podniku ABB Brno probíhalo tři měsíce, během nichž byly nashromážděny informace o asi 900 polích. Pro analýzu však byly použity pouze údaje o 347 polích s 635 nenamontovanými komponenty, pro něž byla podkladová data a především informace o dostupnosti materiálu kompletní. Z nich bylo 171 polí kompletních. Jedno pole obsahuje v průměru asi 60 hlavních komponentů.

Do analýzy byly zahrnuty pouze ty typy polí, jež se kompletně montují na výrobní lince. Mezi pole, která nejsou do vyhodnocování kompletnosti zařazena, patří nestandardní a hluboká pole, pole speciálního typu NALFE, pole s motorovým zkratovačem či proudovým transformátorem typu KOKS. Tato pole jsou na lince montována jen z části.

5.1 Současný stav na lince

Dosavadní vyhodnocování stavu kompletnosti

Firma zpracovává kompletnost na základě celkového objemu polí vyrobených na lince, s odečtením polí nezahrnovaných do vyhodnocování, tedy polí, jež vyžadují složité montážní postupy a jejich konstrukce je nedovoluje plně vybavit na lince.

Z tohoto objemu vyrobených polí se na pracovišti Z10 (na konci výrobní linky) zaznamenává kompletnost z pohledu mědi, což znamená, že pole měla namontovanou celou proudovodnou dráhu (např. odbočky na přípojnice a trafa, kabelové připojení,...). Dále je zapisována kompletnost z pohledu NN skříněk, tj. jestli je NN skříňka namontována a zda je či není zapojená. Někteří zákazníci si dodávají vlastní NN skřínky - v těchto případech bývají obvody vyvedeny do svorkovnice, aby se daly provést následné testy.

Kompletnost z pohledu vybavenosti je ukazatel, který vypovídá o skutečné kompletnosti na lince. Pole je kompletní tehdy, je-li osazeno výkonovým vypínačem nebo výsuvným měřením a to až poté, jestliže je kompletní z hlediska mědi, NN skříněk a komponentů.

5.2 Sledovaná data

Protože taková analýza ještě nebyla v podniku prováděna, potřebnost sledovaných dat se vyvíjela v prvním měsíci pozorování.

5.2.1 Dostupnost materiálu na začátku výroby na lince

Na počátku analýzy se braly údaje o nedostupném materiálu z kompletační porady, jež se dělá týden předem. Po průběžném vyhodnocení se došlo ke stanovisku, že nedostupný materiál neodpovídá nenamontovaným komponentům. Dá se říci, že data o nedostupnosti byla rozsáhlá, ale na konečnou neinstalaci měla jen malý dopad. Proto, pro účel analýzy, začalo nové vyhodnocování dostupnosti materiálu a to ráno v den, kdy zakázka najížděla na linku. Těchto dat již bylo méně, ale přesněji vystihovala situaci v podniku a při následném vyhodnocování byla plnohodnotným přínosem pro analýzu.

5.2.2 Skutečně namontované komponenty

Hlavní náplní pobytu v ABB byla pravidelná fyzická kontrola polí za linkou, soupis chybějících komponentů v jednotlivých polích na základě přiloženého montážního seznamu a vypracování databáze sledovaných zakázek a záznamy o jednotlivých polích.

V průběhu sledování namontovaných komponentů byla sledována návaznost komponentů na sebe. Tato problematika je rozvedena v kapitole „Principiální strom komponentů“.

5.2.3 Predikce a její shoda se skutečností

Po vypořádání návaznosti komponentů na sebe bylo možné předpovídat nenamontované komponenty na základě nedostupnosti materiálu na začátku výroby zakázky.

5.3 Nástroje pro sběr dat

Pro správný a efektivní sběr dat je potřeba zajistit portfolium nástrojů.

SAP – dostupnost na začátku

Firemní program SAP dokáže určit dostupnost materiálu pouze k aktuálnímu času a tak je dostupnost potřeba vypsát v době, co nejbližší začátku výroby na lince.

Fyzická kontrola

Všechna pole zahrnutá do vyhodnocování byla zkontrolována v čase co nejbližšímu ukončení výroby na lince. Většina případů sice byla vyhodnocena fyzicky, ale již na finální ploše a mnohdy i poté, co na ně nastoupil finální team. Proto jako podklady sloužil montážní seznam a poznámky v něm od příslušných pracovišť.

Montážní seznam pole – příloha B

Slouží jako hlavní podklad pro vyhodnocení kompletnosti pole. Každé pole je vybaveno montážním seznamem, na jehož základě pracovníci na jednotlivých pracovištích montují příslušné komponenty. Pokud komponent není namontován, je tato skutečnost zaznamenána do seznamu.

Tento seznam je individuální sjetinou ke každému poli z konkrétní zakázky, do kterého se zadávají data z checklistu. Checklist je souhrnný záznam o zakázce, obsahuje parametry jednotlivých polí a jejich vybavení na základě požadavků od zákazníka.

Pracoviště Z10

Na posledním pracovišti se kromě provedení elektrických testů a zaznamenání kompletnosti mědi, NN skříněk a vybavenosti, uloží i čas sjezdu z linky. Tento čas posloužil k vyhodnocení doby výroby pole.

5.4 Operační postup

Při prvních sledováních byl stanoven operační postup pro vyhodnocování kompletnosti.

5.4.1 Plán zakázek na lince

Týden dopředu je určen plán zakázek, které se budou vyrábět na výrobní lince. Výroba a plnění plánu je sledováno po celou dobu, aby bylo možno reagovat na změny, pokud k nim dojde.

5.4.2 Dostupnost podle SAP

V den, kdy je plánované zahájení výroby příslušné zakázky, se vytvoří seznam nedostupného materiálu podle programu SAP. Z něj se vypíše do databáze pouze komponenty, které souvisí se sledováním.

5.4.3 Vyhodnocení zakázky

Vyhodnocování každého pole je prováděno fyzicky po ukončení prací na výrobní lince. Buď přímo za pracovištěm Z10, nebo na příslušné finální ploše. Podkladem ke kontrole je montážní seznam, který putuje s polem. Zde je důležité minimalizovat čas mezi sjetím z linky a provedením vyhodnocení. Další informace o poli jsou zaznamenány na pracovišti Z10 v souboru přístupném přes interní síť.

Z hlediska vyhodnocení jsou u zakázek důležité tyto údaje: datum fyzického vyhodnocení, datum ukončení výroby na lince, jméno zakázky, síťové označení a počet polí.

U pole se sleduje: číslo pole a stav (kompletní či nekompletní). Je-li pole nekompletní, vypíše se číslo a název materiálu, který chybí, pracoviště, na němž měl být komponent namontován, a případná poznámka z montážního seznamu („nemontovat na lince“, „atyp“, „optočidla“, „Sito“, „Castel lock“)

Pokud jde o pole NALFE, hluboká nebo jiná pole, jež se do vyhodnocení nepočítají, poznamená se to do databáze, aby byl záznam o zakázce úplný.

5.4.4 Porovnání skutečnosti s předpoklady

Nasbíraná data jsou zaznamenána do databáze a na základě nedostupného materiálu a stromu komponentů se předpoví materiál, jež bude chybět. Tento údaj se porovná se skutečností.

5.4.5 Analýza dat

Rozbor nasbíraných údajů probíhá ve chvíli, kdy jsou data o polích kompletní.

Postup vyhodnocení:

1. odečtení polí, které nespádají do vyhodnocování
2. odfiltrvat položky, jež nebyly namontovány, protože mají poznámku
3. projít pole po poli a zařadit jednotlivé komponenty do skupin
 - a) kompletní
 - b) nedostupné na začátku
 - c) nenamontované důsledkem chybějícího komponentu, na který navazují
 - d) bez jasného důvodu

4. projít pole s poznámkou. Pokud mají všechny komponenty u jednoho pole poznámku, pak je toto pole označeno jako Kompletní po korekci.

5.5 Výsledky

5.5.1 Principiální strom komponentů

Principiální strom komponentů (*obr. 5-1*) vznikl pro potřeby predikce a za účelem určení kritických komponentů. Strom byl sestaven pro vzorové pole, které se vyrábí na lince nejčastěji. Bylo vybráno 31 hlavních komponentů a návaznost mezi nimi je na (*obr. 5-1*). Ke každému z komponentů je přiřazeno číslo, kterým je označován.

Vysvětlení pojmů k (*obr 5-1*):

Souvislost je naznačena šipkou ve směru od příčiny k následku.

U křížení platí:

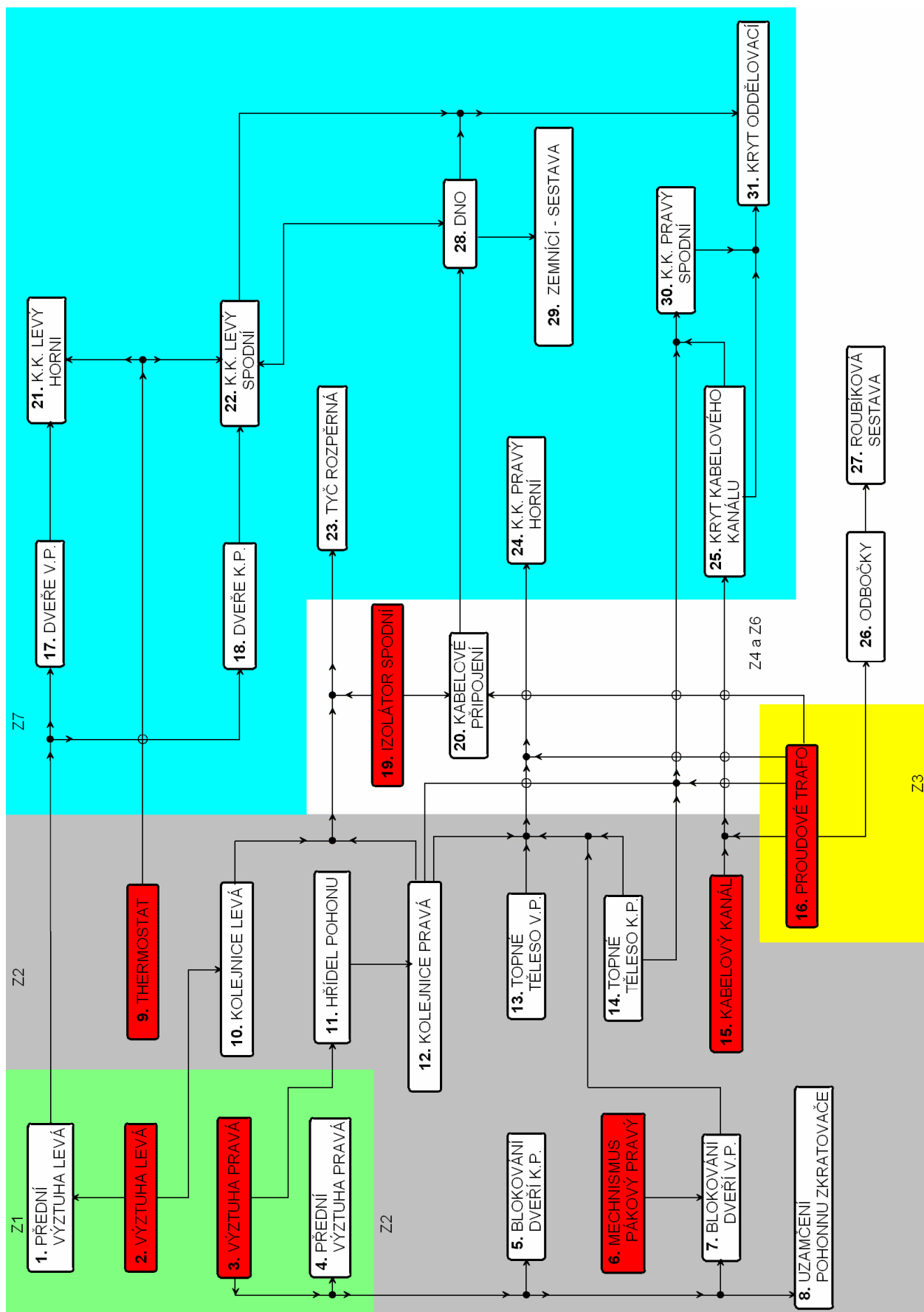
Plná tečka – stejná příčina či následek, podle směru šipek

Prázdná tečka – čáry spolu nesouvisí

Barevnými podklady jsou označeny pracoviště, kde jsou komponenty montovány.

Roubíková sestava zahrnuje roubíky, fixační krytky, vložky, průchodky a šrouby.

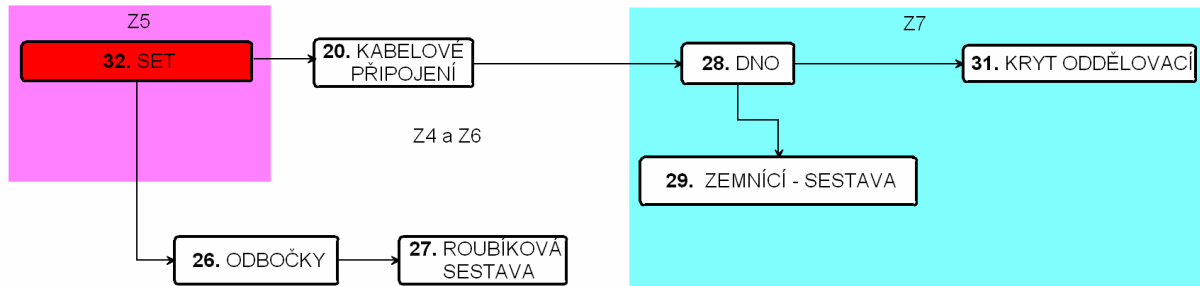
V zemnicí sestavě je přípojnice zemnicí, přípojnice zemnicí spojka a spojku zemnicí.



Obr. 5-1 Principiální strom komponentů pro vzorové pole

5.5.2 Komponenty, jež nejsou ve vzorovém poli

Při vyhodnocování byly nalezeny i souvislosti mezi komponenty, které nejsou součástí vzorového pole. Návaznost komponentů na SET (32) je znázorněna v obrázku (obr. 5-2). SET je sestava tvořená proudovodnou mědí. Dodává se vcelku a je považován za jeden komponent.



Obr. 5-2. Principiální návaznost komponentů na SET

5.5.3 Určení kritických komponentů

Z principiálního stromu komponentů byly určeny primární kritické komponenty (označeny červeně). Jejich neinstalace zabrání namontování dalšího materiálu.

Jsou to VÝZTUHA LEVÁ (2), VÝZTUHA PRAVÁ (3), MECHANISMUS PÁKOVÝ PRAVÝ (6), TERMOSTAT (9), KABELOVÝ KANÁL (15), PROUDOVÉ TRAFÓ (16), IZOLÁTOR SPODNÍ (19) a SET (32).

Sekundární kritické komponenty jsou ty, jejichž na montování na finální montáži je náročné. Patří mezi ně KABELOVÉ PŘIPOJENÍ (20) a PROUDOVÉ TRAFÓ (16).

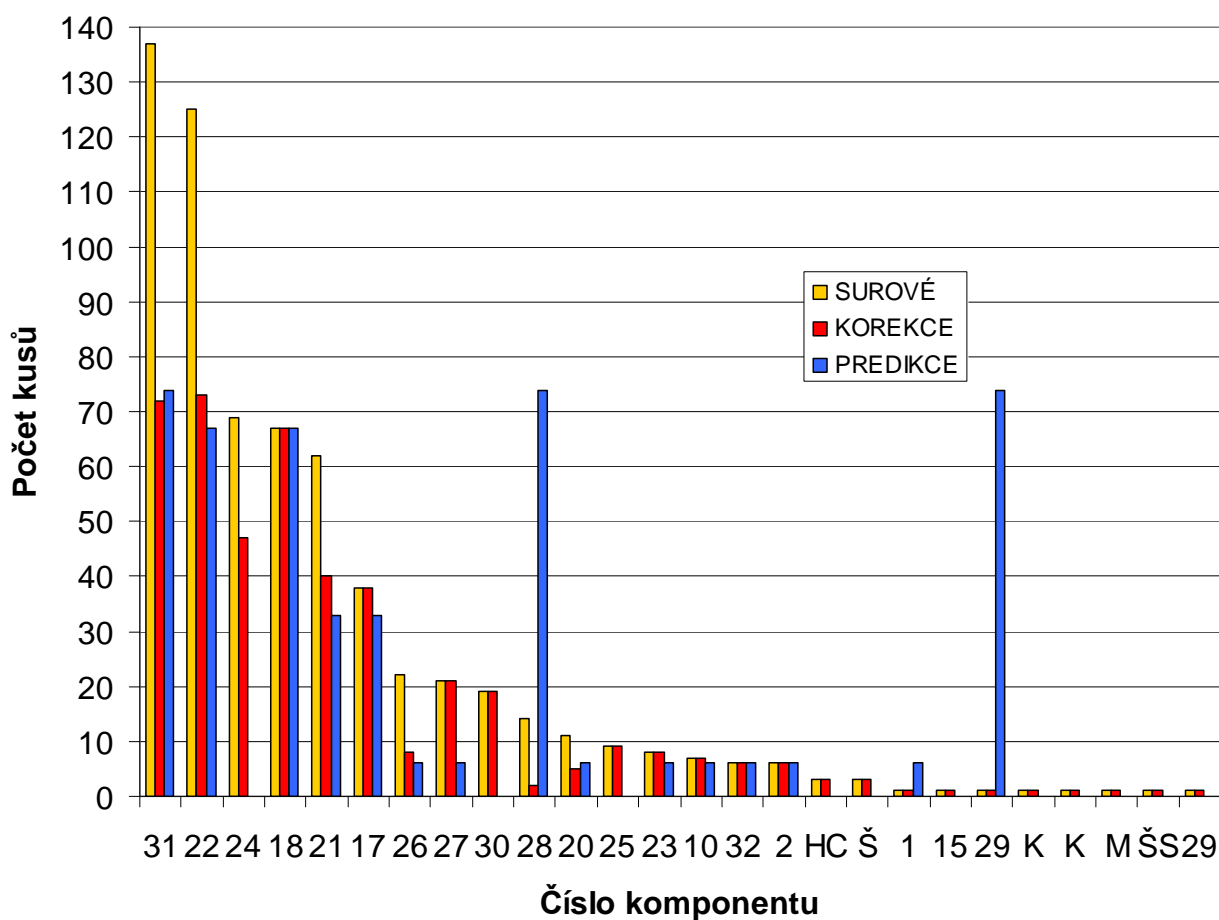
5.5.4 Souhrnná tabulka

Souhrnná tabulka nenamontovaných komponentů (tab. 5-1) s nasbíranými daty je uspořádána podle četnosti nenamontování jednotlivých komponentů. Ve sloupci „Surová data“ jsou celkové počty chybějícího materiálu na konci linky. Sloupec „Korekce“ obsahuje počty komponentů, které chybí a měly být namontovány na lince. Řádek „Položky s poznámkou“ vyjadřuje počet položek, jež neměly být namontovány na lince. Poslední sloupec „Predikce“ zahrnuje počet předpokládaných chybějících komponentů na základě nedostupného materiálu (tab. 6-1) a návaznosti plynoucí z principiálního stromu komponentů (obr. 5-1). Komponenty, jimž nebylo přiděleno číslo a nenachází se v principiálním stromu komponentů (obr. 5-1), jsou označeny písmeny.

Tab. 5-1 Souhrnná tabulka nenamontovaných komponentů.

KOMPONENT	ČÍSLO	SUROVÉ	KOREKCE	PREDIKCE
KRYT ODDĚLOVACÍ	31	137	72	74
K.K. SPODNÍ LEVÝ	22	125	73	67
K.K. HORNÍ PRAVÝ	24	69	47	
DVEŘE K.P.	18	67	67	67
K.K. HORNÍ LEVÝ	21	62	40	33
DVEŘE V.P.	17	38	38	33
ODBOČKY	26	22	8	6
ROUBÍKOVÁ SESTAVA	27	21	21	6
K.K. SPODNÍ PRAVÝ	30	19	19	
DNO	28	14	2	74
KABELOVÉ PŘIPOJENÍ	20	11	5	6
KRYT KABELOVÉHO KANÁLU	25	9	9	
TYČ ROZPĚRNÁ	23	8	8	6
KOLEJNICE LEVÁ	10	7	7	6
SET	32	6	6	6
VÝZTUHA LEVÁ	2	6	6	6
HORNÍ CLONA	HC	3	3	
ŠTÍTEK OMEZOVAČE	ŠO	3	3	
VÝSTUHA PŘEDNÍ LEVÁ	1	1	1	6
KABELOVÝ KANÁL	15	1	1	
PŘÍPOJNICE ZEMNÍČÍ SESTAVA	29	1	1	74
KLAPKA ODLEHČOVACÍ	KO	1	1	
KRYT	K	1	1	
MONTÁŽ PRO VÝS.MĚŘENÍ V K.P.	MVK	1	1	
ŠROUB SPECIÁLNÍ	ŠS	1	1	
ZEMNÍČÍ SESTAVA	29	1	1	
POLOŽKY S POZNÁMKOU			193	
KOMPLETNÍ POLE		171	171	336
Suma		806	806	806

Na grafu nenamontovaných komponentů (obr. 5-3) je patrný rozdíl mezi komponenty, jež nebyly namontovány, a daty z predikce. Mohly nastat tři případy. První případ nastal u komponentu DVEŘE K.P. (18), kde se skutečně chybějící komponenty ve vyrobených polích neliší od predikce. Naproti tomu druhý případ popisuje rozdíl mezi nasbíranými daty a predikcí, viz například komponent DVEŘE V.P. (17). Tato situace ukazuje na komplikace uvnitř podniku. Třetím případem je situace, kdy chybějících kusů bylo méně než udávala predikce. Tak je tomu například u komponentu DNO (28). Tento rozdíl je přisuzován tomu, když na poli začal pracovat finální tým a odpovědný pracovník nezapsal do montážního seznamu skutečnost, že komponent nebyl namontován.



Obr. 5-3. Graf nenamontovaných komponentů

6 HODNOCENÍ PŘÍČIN NEKOMPLETNOSTI

Tato kapitola odpovídá na otázku „Proč byla sledovaná pole nekompletní?“

V důsledku světové finanční krize, která se začala promítat do všech odvětví průmyslu, nebyla výrobní linka plně vytížená. Na druhou stranu je potřeba zmínit, že díky relativně malému objemu dat se podařilo odhalit nedostatky, jež by možná zůstaly skryty za většími problémy při plném vytížení linky.

6.1 Nedostupný materiál

Jednou z příčin nekompletnosti je nedostupný materiál na začátku výroby rozváděče. Komponenty takto vyhodnocené neměly avizovány termín dodání od dodavatele v době vypisování nedostupného materiálu ze systému SAP. Soupis nedostupného materiálu pro sledované zakázky lze vidět v *tab. 6-1*.

Tab. 6-1 Komponenty nedostupné na začátku výroby na lince

KOMPONENT	ČÍSLO	POČET
DVEŘE K.P.	18	61
DVEŘE V.P.	17	27
SET	32	6
VÝZTUHA LEVÁ	2	6
Suma		100

V základním výpisu nedostupnosti materiálu, jež byl vytvořen pro danou zakázku, se mohly objevit i komponenty, které při fyzické kontrole na konci výrobní linky byly namontovány. Tyto komponenty se neobjevují v *tab. 6-1*. Taková situace nastávala velmi často v první půli sledování z důvodu týdenního rozdílu mezi vytvořením seznamu nedostupného materiálu a začátkem výroby rozváděče.

První tři komponenty, DVEŘE K.P. a V.P. a SET, jsou od dodavatelů – můžeme tedy říci, že chyba je na straně dodavatele materiálu. Zatímco VÝZTUHA LEVÁ je vyráběna v podniku a chyba tedy musela nastat v logistice.

Odpovědí na úvodní otázku je, že většina komponentů, které chyběly na začátku výroby na lince, nebyly včas dodány do firmy.

6.2 Důvodně nenamontované

Důvodně nenamontované komponenty jsou ty, jež nebyly namontovány, protože chyběl komponent, na který navazují. Návaznost je popsána v principiálním stromu komponentů (*obr. 5-1*) a principiální návaznosti setu (*obr. 5-2*).

V *tab. 6-2* je vypsáno jedenáct komponentů, díky kterým nebylo nainstalováno 233 navazujících. Chybějící komponenty jsou zde reprezentovány tučnými čísly v horních řádcích a ve spodních řádcích je jejich počet.

Tab. 6-2 Důvody nenamontování části komponentů

DŮVOD	KOMPONENT A POČET KUSŮ								
	22	31							
DVEŘE-KP	22	31							104
	58	46							
VÝZTUHA LEVÁ	4	10	17	18	21	22	23	31	35
	1	7	4	4	4	5	6	4	
DVEŘE-VP	21								33
	33								
PROUDOVÉ TRAFO	25	24	30						21
	7	7	7						
SET	20	26	27	28					9
	2	1	5	1					
ODBOČKY	27	31							13
	9	4							
KRYT KABELOVY SPODNI LEVY	31								10
	10								
KABELOVE PRIPOJENI	27	31							4
	3	1							
DNO	22	31							3
	2	1							
KANÁL KABELOVÝ	25								1
	1								
Suma									233

Těchto 233 komponentů nebylo namontováno proto, že chyběl komponent, na který navazovaly ve výrobním toku.

6.3 Bezdůvodně nenamontované

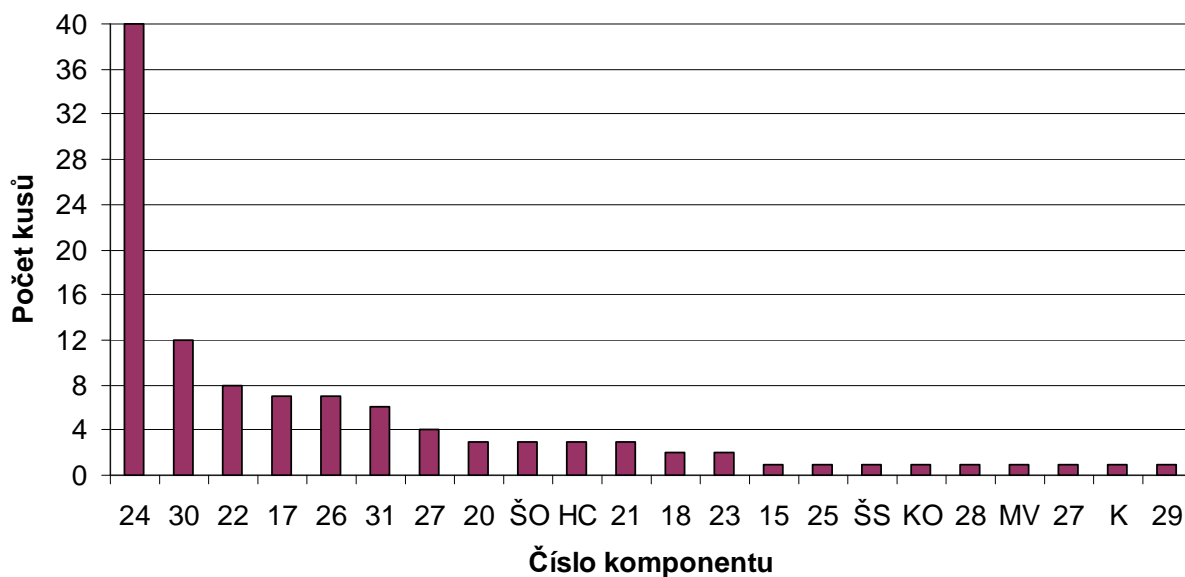
Komponenty, jež byly podle výpisu ze systému SAP k dispozici, a i když nic nebránilo jejich montáži, namontovány nebyly, jsou označeny jako „bezdůvodně nenamontované komponenty“ (tab. 6-3). Důvod jejich nenamontování je neznámý.

Podle informací od pracovníků na výrobní lince, tyto materiály často nejsou včas dodány na dané pracoviště. To značí pomalý pohyb materiálu v podniku.

U kabelových krytů a krytu oddělovacího může být příčina nenamontování speciální požadavek zákazníka jako například optická čidla, či mechanické propojení blokování dveří mezi jednotlivými poli rozvodny. Tyto úpravy jsou zaznamenány v checklistu a někdy i v montážním seznamu.

Tab. 6-3 Bezdůvodně nenamontované komponenty

KOMPONENT	ČÍSLO	POČET
K.K. HORNÍ PRAVÝ	24	40
K.K. SPODNÍ PRAVÝ	30	12
K.K. SPODNÍ LEVÝ	22	8
DVEŘE V.P.	17	7
ODBOČKY	26	7
KRYT ODDĚLOVACÍ	31	6
ROUBÍKOVÁ SESTAVA	27	4
KABELOVÉ PŘIPOJENÍ	20	3
ŠTÍTEK OMEZOVAČE	ŠO	3
HORNÍ CLONA	HC	3
K.K. HORNÍ LEVÝ	21	3
DVEŘE K.P.	18	2
TYČ ROZPĚRNÁ	23	2
KABELOVÝ KANÁL	15	1
KRYT KABELOVÉHO KANÁLU	25	1
ŠROUB SPECIÁLNÍ	ŠS	1
KLAPKA ODLECHČOVACÍ	KO	1
DNO	28	1
MONTÁŽ PRO VÝSUVNÉ MĚŘENÍ	MV	1
PŘÍPOJNICE ZEMNÍČÍ SESTAVA	27	1
KRYT	K	1
ZEMNÍČÍ SESTAVA	29	1
Suma		109



Obr. 6-1 Graf nenamontovaných komponentů bez známého důvodu

6.4 Přehled

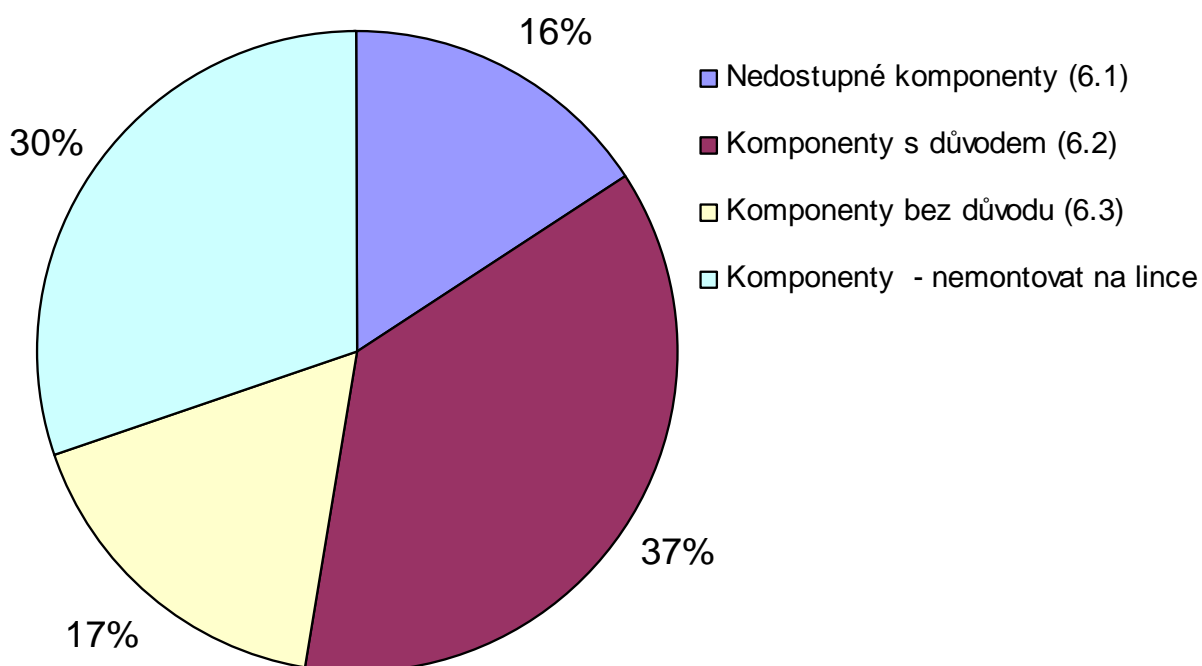
V této kapitole je stručný přehled výsledků analýzy. V celkových číslech figurují pouze ta pole, na kterých byla analýza provedena.

6.4.1 Komponenty

V tab. 6-4 je vyjádřen celkový počet nenamontovaných komponentů, v závorce je uvedeno číslo kapitoly, s níž důvod nenainstalování souvisí. Poslední řádek nazvaný „komponenty – nemontovat na lince“ zahrnuje ty položky, jež měly poznámku v montážním seznamu.

Tab. 6-4 Přehled nenamontovaných komponentů

Celkem chybělo komponentů	635
Nedostupné komponenty (6.1)	100
Komponenty s důvodem (6.2)	233
Komponenty bez důvodu (6.3)	109
Komponenty - nemontovat na lince	193



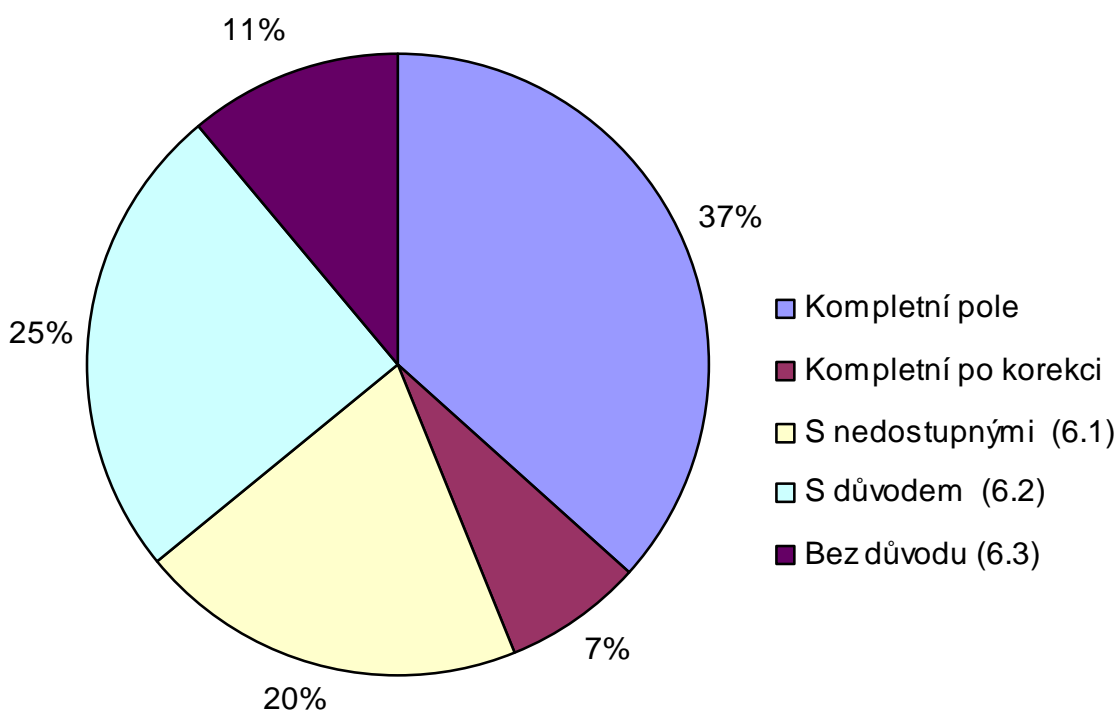
Obr. 6-2 Procentuální vyjádření nenamontovaných komponentů

6.4.2 Pole

V tab. 6-5 je vyjádřený celkový počet analyzovaných polí. V závorce u nekompletních polí je uvedeno číslo kapitoly, kde byl popsán důvod nekompletnosti. Řádek „Kompletní po korekci“ vyjadřuje počet polí, které byly dodatečně označeny za kompletní. Všechny nenamontované komponenty v těchto polích měly poznámku nemontovat na lince či atyp. Při sečtení jednotlivých položek dostaneme číslo 466, což je o 119 více, než je polí celkem. Je tomu proto, že některá pole mají více důvodů nekompletnosti. 35 polí mělo pouze jeden důvod nekompletnosti, 82 polí dva různé důvody a 17 polí mělo všechny důvody nekompletnosti.

Tab. 6-5 Přehled polí s vyjádřením důvodu nekompletnosti

Celkem polí	347
Kompletní pole	171
Kompletní po korekci	33
S nedostupnými (6.1)	95
S důvodem (6.2)	115
Bez důvodu (6.3)	52



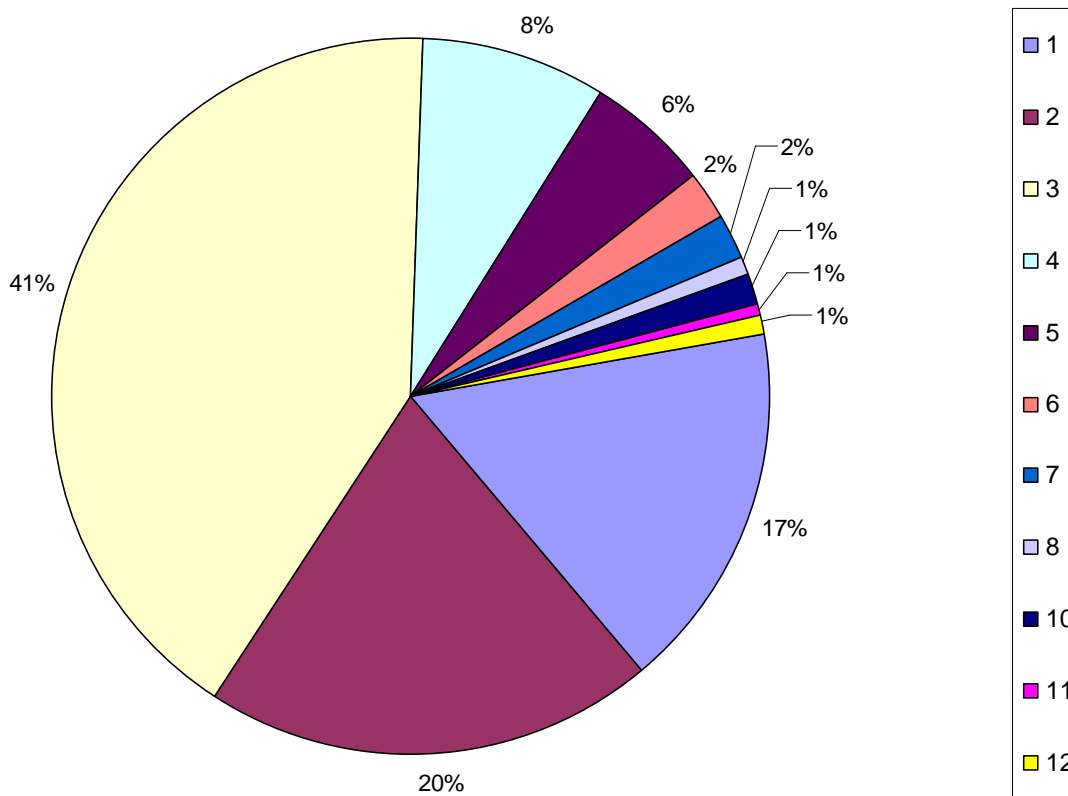
Obr. 6-3 Procentuální rozdělení polí podle důvodu nekompletnosti

Tab. 6-6 Přehled polí podle počtu chybějících komponentů

Počet chybějících komponentů	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Počet polí	204	24	29	59	12	8	3	3	1	2	1	1

Z tab. 6-6 je vidět četnost počtu chybějících komponentů v poli. Při průměrném počtu 60 komponentů na rozváděč je pohyb nekompletnosti pole mezi 4 až 40 %.

Tab. 6-6 vyjadřuje počty nenamontovaných komponentů v polích. První sloupec hodnot odpovídá polím kompletním a po korekci. Obr. 6-4 graficky znázorňuje hodnoty z tab. 6-6 s vyloučením čísla v prvním sloupci, jehož velká hodnota by učinila graf nepřehledným.



Obr. 6-4 Procentuální rozdělení četnosti polí podle počtu chybějících komponentů

7 NÁVRHY A NÁMĚTY KE ZMĚNÁM A ZLEPŠENÍ VÝROBNÍHO PROCESU

Na základě sledování bylo určeno několik oblastí, ve kterých lze podniknout kroky ke zlepšení.

7.1 Program SAP

Důvod: Při vyhodnocování byly odhaleny nesrovnalosti mezi montážním seznamem a skutečností, konkrétně jde o dva komponenty - vybavovač vypínače a úhelník blokování. V montážním seznamu jsou psány na pracovišti Z7, ale ve skutečnosti jejich montáž probíhá až na finální ploše.

Návrh: Upravit v SAP místo montáže všech komponentů, které mají rozdíl mezi psaným a reálným pracovištěm montáže.

Přínos: Shoda mezi plánem a realitou.

Důvod: V montážním seznamu jsou poznámky rukou, zápis provádí převážně mistr na výrobní lince. Jedná se o poznámky plynoucí z checklistu, zejména jde o typ zemnicího spojení kostry rozváděče s ostatními částmi (jako jsou dveře či NN skříňka) či různá atypická provedení. Jedna pětina komponentů, převážně krytů, byla označena poznámkou „Nemontovat na lince“. Děje se to z důvodu návaznosti komponentů.

Návrh: Upravit program SAP tak, aby dokázal vypisovat do montážního seznamu zvolený typ zemnicího spojení a atypické komponenty, které jsou patrné z checklistů. A také aby označil položky, jež se nemají montovat na výrobní lince a komponenty na ně navazující.

Přínos: Mistrovi ubude kancelářské práce a bude mít více času na linku.

7.2 Pracoviště

Důvod: Na některých pracovištích montují pracovníci podsestavy, které následně montují do pole. Jedná se například pákový mechanismus blokování dveří vypínačového prostoru.

Návrh: Zhodnotit, zda se zkrátí pracovní čas výroby pole, pokud se příprava podsestav přesune mimo výrobní linku.

Přínos: Zkrácení výrobního času pole na lince.

Důvod: Při nenamontování kabelových krytů na lince, musí pracovník z finální montáže přinést dotyčný kryt z příslušného pracoviště.

Návrh: Přichycení kabelového krytu na lince jen na závit, případně jiné připevnění.

Poznámka: V průběhu sledování se již začalo s montováním krytů do polí na závit, ale objevil se technický problém se závitotvornými šrouby, které jsou pouze na jedno dotáhnutí.

Přínos: Ušetření času při finální montáži pole.

Důvod: Finální plocha není zásobena materiálem, každá pracovní skupina si musí ke své zakázce obstarat příslušný materiál ve skladu, případně na pracovišti, na kterém měl být komponent namontován.

Návrh: Na každé finální ploše určit skladovacího referenta, který bude zajišťovat potřebný materiál.

Přínos: Pracovníci nebudou muset navážet chybějící materiál, čímž se zkrátí dokončovací práce na rozváděčích.

7.3 Proces

Důvod: Technologické postupy montáže komponentů jsou vypracovány pouze pro pracoviště na lince. Ale ze sledování vyplývá, že se skoro každé druhé pole osazuje komponenty, jež měly být namontovány na lince, až na finální ploše. Časové zhodnocení a doplnění pracovního postupu probíhá v současnosti zpětně až po odvedení práce.

Návrh: Vypracování technologických postupů montáže komponentů pro finální plochu.

Přínos: Stanovení technologických postupů. Pevně stanovené technologické časy pro práce na nekompletním poli.

Důvod: Ústní dohoda ohledně zakázek mezi mistrem a pracovní linkou či dokončovacím týmem. Jedná se o procesní chybu, všechna rozhodnutí by měla být v psané podobě a dohledatelné.

Návrh: Všechny dohody týkající se zakázek sepisovat a uschovávat alespoň po dobu než zakázka opustí podnik.

Přínos: Dohledatelnost dohod, možná pomoc při určení odpovědné osoby při výrobních komplikacích.

Důvod: Nedostupný materiál

Návrh: První tři komponenty v (tab. 6-1), jsou od externích dodavatelů, ošetřit dodavatelské smlouvy a podrobit dodavatelské vztahy analýze. Zda se nevyplatí oslovit jiného dodavatele. VÝZTUHA LEVÁ je vyráběna v podniku, je tedy potřeba ošetřit výrobu.

Přínos: Zvýší se kompletnost na výrobní lince.

Důvod: Nedostatečně rychlý pohyb materiálu po podniku k lince.

Návrh: Přiřazení priority materiálu, u něhož je to potřeba.

Přínos: Včasné dodávky materiálu k lince.

7.4 Vyhodnocování

Pro přesnější vyhodnocování je nezbytné přesné vyplňování montážního seznamu, a to jak na jednotlivých pracovištích, tak i při finálním dodělání. Finální team by do něj měl zaznamenat soupis komponentů, jež montovaly do pole.

Seznam nedostupného materiálu ze SAP by měl být vygenerován až v den zahájení výroby.

7.5 Doporučení pro MES

Pokud bude implementován nový systém pro sběr dat MES (Manufacturing Execution Systems), měl by umět (vztaženo na pole):

- Sledovat pohyb kritického materiálu.
- Před začátkem výroby na lince automaticky sjet nedostupný materiál do archívu.
- Terminál na každém pracovišti – autorizace odpovědného pracovníka za montáž, například pomocí zaměstnanecké karty.
- Pole označeno např. čárovým kódem, při načtení na příslušném pracovišti se vypíše seznam položek, které se mají montovat, na jaké pozice a poznámky. Pracovník má možnost nahlédnout na postup montáže komponentu. Také by měl zaznamenat, zda komponent namontoval či nikoliv a důvod.
- Na příslušné finální ploše jsou dopředu informováni o nenamontovaných komponentech hned po ukončení výroby pole na výrobní lince.
- Ke každému poli je veden „rodný list pole“, jež by měl obsahovat, kde, kdo a co namontoval, za jaký čas a, není-li něco nainstalováno, tak proč.

8 ANALÝZA ČASU

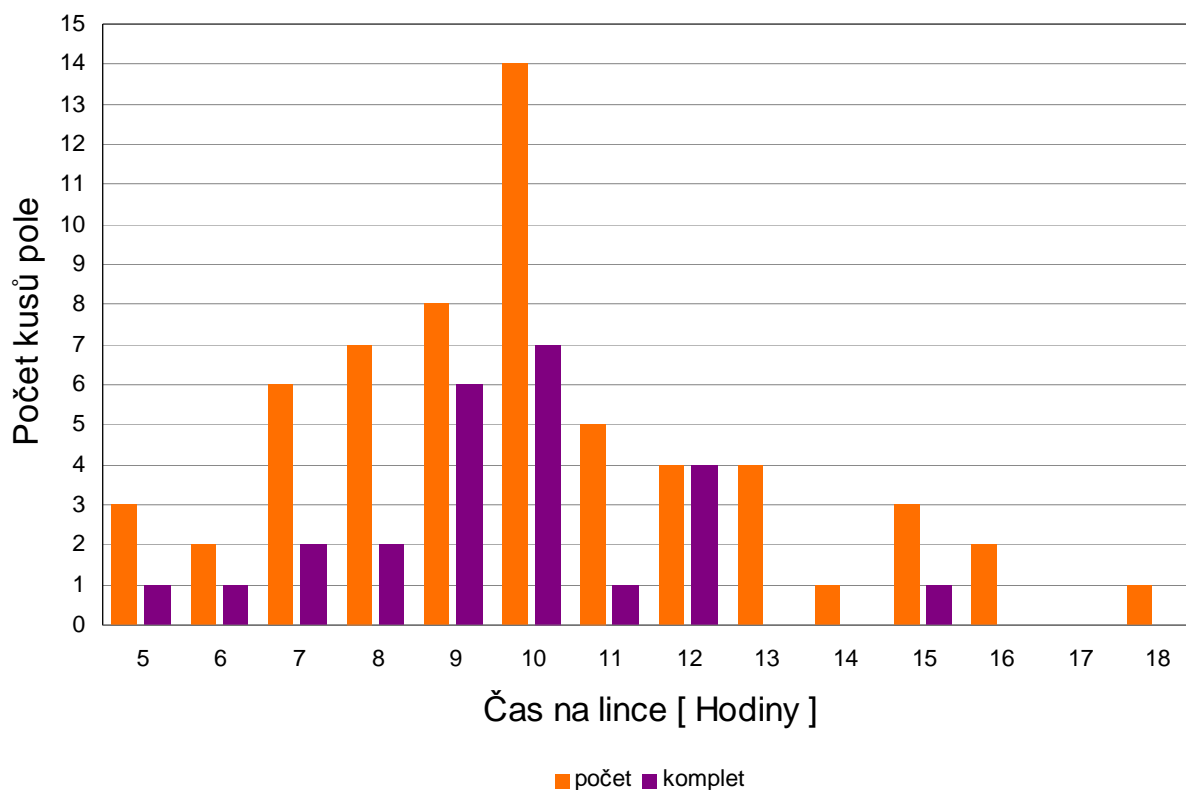
Měření času proběhlo na 60 náhodně vybraných polích z 10 zakázek.

Měřil se čas strávený na lince, a to od začátku prací na pracovišti Z1 až po provedení zkoušek na Z10. Od měřeného času se odpočítávala doba na pracovní pauzu a, pokud pole strávilo na lince více než jeden den, pak byl odečten i čas, po který linka stála.

Tab. 7-1 Čas na lince - rozdělení podle kompletnosti

	vše	komplet	nekomplet
průměr	10:28	10:06	10:30
medián	10:09	10:00	10:10
směr. odch.	02:47	02:05	03:09
počet	60	25	35

Z tabulky (tab. 7-1) je vidět medián času polí, která byla vyrobena na lince kompletně. Je podobný mediánu u nekompletních polí, což znamená, že pole, jež dojde na pracoviště, na kterém není příslušný materiál, opouští pracoviště a na chybějící materiál nečeká.



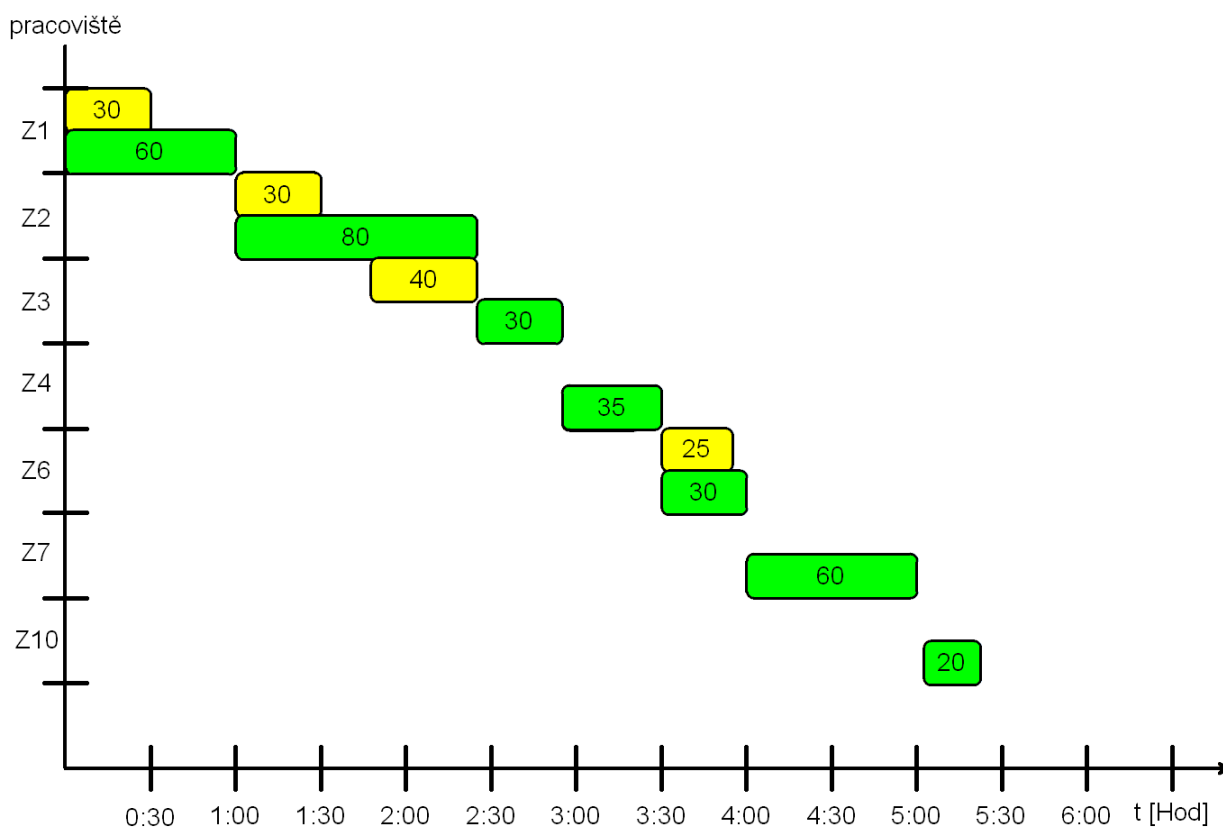
Obr. 7-1 Čas pole na lince

Pro jednoduchost a přehlednost zobrazení výrobního času polí na lince (obr. 7-1), byl čas vyjádřen pouze v hodinách.

V tab. 7-2 je výrobní čas zaznamenán pro jednotlivé typy polí. Tento údaj slouží jen pro ukázkou odlišnosti výroby různých typů polí. Je zde vidět rozdíl mezi typy IF a RM, kdy pole RM je zastavováno na pracovišti Z5.

Tab. 7-2 Čas na lince - rozdělení podle typu pole

	IF	RM	BC
průměr	10:20	11:32	10:23
medián	10:05	11:32	10:10
směr. odch.	02:54	02:23	01:28
počet polí	49	6	5



Obr. 7-2 Ganttův graf pro vzorové pole

Ganttův graf (obr. 7-2) je sestaven na základě průměrů dat získaných pozorováním na každém pracovišti. Výsledný čas (5:20) je seskládán pouze z doby, po kterou se pracuje na jednotlivých pracovištích na vzorovém polí. Není započítán čas dopravy pole mezi pracovišti, ani čas, který pole stráví čekáním na uvolnění montážních prostor.

9 ZÁVĚR

Práce seznamuje s firmou ABB a oblastmi jejího podnikání. Jsou popsány základní části rozváděče. Vyrábí se velká řada provedení a modifikací rozveden, jejichž vybavení a konstrukce je individuálně navržena pro zákazníka. Typy rozváděčových polí se v praxi označují zkratkami z anglických názvů. Základními parametry jsou jmenovité napětí a proud, zkratová odolnost a systém přípojníc. A díky jejich kombinaci získáme velké množství rozličných rozváděčů, ale ne všechny kombinace jsou vyráběny. Členění blokování manipulace je možno rozdělit na dva základní principy – mechanické a elektrické. V práci je zobrazen celý výrobní proces rozváděče a znázorňuje zde zákazníka jako hlavní faktor, který může vznášet nové požadavky, popřípadě i celou zakázku zrušit, a to během celého procesu. Zaměřuje se na linku a popisuje činnost jednotlivých pracovišť na ní. Tok materiálu k pracovištím na lince je přes tři základní systémy – sklad, Kanban, VMI a konsingenní sklad.

Z výrobního procesu nás nejvíce zajímá poloautomatická výrobní linka. Skládá se z buffer zón (prostorů pro odkládání výrobků mezi operacemi) a montážních pracovišť, které jsou vybaveny nástroji a vybavením pro vykonávání svěřených úkonů. Dále jsou zde pracoviště, které nejsou přímo na lince, ale s její činností souvisí.

Na každém vyrobeném poli se provádí řada zkoušek, které odpovídají normám příslušné země. Základními zkouškami prováděnými na pracovišti Z10 jsou vysokonapěťová a proudová zkouška a zkouška úbytku napětí. Po finální montáži celé rozvodny se provedou zkoušky propojení vodičů, izolační zkouška pomocných obvodů a napěťová zkouška. Nebyla-li zkouška provedena na pracovišti Z10, provede se zde mobilním zdrojem. Všechny zkoušky se zapisují do Switch gear booku.

Hlavní část práce je zaměřena na analýzu komponentů. Mezi sledovaná data patří dostupnost materiálu na začátku výrobní linky, skutečně namontované komponenty a predikce. Jako nástroje byly využity vnitropodnikový systém SAP, montážní seznam pole a pracoviště Z10. Pro vyhodnocování byl stanoven operační postup, podle něž se data hodnotila. Při vyhodnocení bylo nutné hlídat výrobní plán rozváděče. Před tím, než začala samotná výroba zakázky na lince, bylo nezbytné provést výpis nedostupného materiálu. Po ukončení výroby pole bylo provedeno vyhodnocení zakázky. Samotná analýza proběhla, až byla data o zakázce kompletní.

Vyhodnocením 347 polí s 635 komponenty, což je v průměru 2 komponenty na pole, byly stanoveny tři hlavní důvody nekompletnosti. Je to nedostupnost materiálu na začátku výroby zakázky, to se týkalo 100 komponentů v 95 polích. Dále komponenty navazující na chybějící kritický komponent, tento důvod zahrnoval 233 položek ve 115 polích. A nakonec 109 komponentů v 52 polích bylo nedostupných bez zjevného důvodu. Kompletních polí je 171.

Při analýze rozdílů mezi predikcí a skutečným stavem mohou nastat tři stavy. Za prvé se predikce shoduje se skutečným stavem. Za druhé je skutečný stav nenamontovaných komponentů vyšší než predikce, v takovém případě nastal problém uvnitř podniku. Třetí situace popisuje stav kdy chybějících kusů bylo méně než udávala predikce. Tento rozdíl je přisuzován tomu, když na poli začal pracovat finální tým a odpovědný pracovník nezapsal do montážního seznamu skutečnost, že komponent nebyl namontován.

Některé poznámky v montážním seznamu zapříčiní, že se komponent nemontuje na lince. Tento materiál je nutno označit a nepočítat mezi nenamontovaný na lince. Pokud jsou v poli pouze komponenty s takovou poznámkou, je považováno za kompletní. V práci je použit výraz „kompletní po korekci“, který se vztahuje jak na pole, tak na komponent. Týkalo se to 193 položek a 33 polí.

Nekompletnost sledovaných rozváděčů se pohybuje mezi 4 až 40 %.

Pro analýzu návaznosti komponentů byl vytvořen principiální strom komponentů pro vzorové pole. Z návaznosti byly stanoveny primární kritické komponenty, jejich neinstalace zabrání namontování dalšího materiálu. Jsou to VÝZTUHA LEVÁ (2), VÝZTUHA PRAVÁ (3), MECHANISMUS PÁKOVÝ PRAVÝ (6), TERMOSTAT (9), KABELOVÝ KANÁL (15), PROUDOVÉ TRAFO (16), IZOLÁTOR SPODNÍ (19) a SET (32). Za sekundární kritické komponenty jsou považovány ty, jejichž namontování na finální montáži je náročné. Patří mezi ně KABELOVÉ PŘIPOJENÍ (20) a PROUDOVÉ TRAFO (16).

Byly stanoveny tři oblasti, kde je možnost změny – program SAP, výrobní linka a proces.

V programu SAP změnit místo montáže všech komponentů podle reality a přidat vypisování typů zemnicího spojení a atypických komponentů do montážního seznamu.

Zhodnotit, zda se zkrátí pracovní čas výroby pole, pokud se příprava podsestav přesune mimo výrobní linku. Přichycování kabelového krytu na lince jen na závit, případně jiné připevnění. Na každé finální ploše určit skladovacího referenta, který bude zajišťovat potřebný materiál.

Vypracování technologických postupů montáže komponentů pro finální plochu. Všechny dohody týkající se zakázek sepisovat a uschovávat alespoň po dobu než zakázka opustí podnik. Ošetřit dodavatelské smlouvy a podrobit dodavatelské vztahy analýze. Ošetřit vnitropodnikovou logistiku. Přiřazení priority materiálu, u něhož je to potřeba.

Pro další vyhodnocování by finální team měl zaznamenat do montážního seznamu soupis komponentů, jež montovaly do pole. Seznam nedostupného materiálu ze SAP by měl být vygenerován až v den zahájení výroby.

MES by měl sledovat pohyb kritického materiálu a automaticky sjíždět nedostupný materiál do archívu. Na každém pracovišti by měl být umístěn terminál, který při načtení pole na příslušném pracovišti vypíše seznam položek, jež se do něj mají montovat a na jaké pozice, případně poznámky. Pracovník by mohl nahlédnout na postup montáže komponentu a současně by měl povinnost zaznamenat, zda komponent namontoval či nikoliv a popřípadě důvod neinstalace. Ke každému poli by měl být veden „rodný list pole“, který by obsahoval kde, kdo a co namontoval, za jaký čas a, není-li něco nainstalováno, tak proč. Na příslušné finální ploše by tudíž byli dopředu informováni o nenamontovaných komponentech.

Časová analýza sice nebyla hlavní náplní sledování, ale díky ní byl stanoven teoretický průměrný čas na výrobu vzorového pole. Tento čas, 5 hodin a 20 minut, je doba, po kterou se pracuje na poli na jednotlivých pracovištích. Při porovnání s naměřeným časem, cca 10 hodin, lze vidět časovou rezervu, o kterou by se při bližší analýze mohl zkrátit výrobní čas rozváděče.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ABB. ABB Česká republika: Vítejte v ABB [online], 2008-11-21 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.cz/cawp/czabb013/CC70B0FDF470BDBCC1256A850029B508.aspx>>.
- [2] ABB. ABB Česká republika: Oblasti podnikání [online] , 2008-11-21 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.cz/cawp/czabb014/25fd4b37eb33c360c1257386004abd65.aspx>>
- [3] ABB. ABB Česká republika: Power Products, power System [online] , 2008-11-21 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.cz/cawp/czabb014/a995b2e7605fea3ec125710300404c96.aspx>>
- [4] ABB. UniGear - Vzduchem izolované, kovově kryté rozváděče vysokého napětí [online] , 2008-11-21 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.com/product/db0003db004279/c125739900636470c1256ec2003d60c8.aspx?productLanguage=cz&country=CZ>>
- [5] Štava David;UniGearTraining in Przasnysz15th Feb 2005, elektronická verze.
- [6] ABB katalog; 1VLM00005 – Rev. 8 – Technical Guide – 2008.01.31
- [7] ABB . (CZ) UniGear typ ZS1 Návod na montáž, obsluhu a údržbu [online] , 2007-09-11 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <[http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/38e40b58b49a9fd0c12573cb002edafb/\\$File/UniGear%20MA_CS%201VLM000363%20Rev6.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/38e40b58b49a9fd0c12573cb002edafb/$File/UniGear%20MA_CS%201VLM000363%20Rev6.pdf)>
- [8] ABB. (CZ) UniGear typ ZS1,kovové kryty,vzduchem izolovaný rozváděč vn odolný proti vnitřním obloukovým zkratům 2005.11 [cit. 2008-12-28]. Dostupný z WWW: <[http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/2999fa858de0d3a9c12573e0002ce409/\\$File/CA_UniGear\(CS\)R2-1VCL000010-11.2005.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/2999fa858de0d3a9c12573e0002ce409/$File/CA_UniGear(CS)R2-1VCL000010-11.2005.pdf)>
- [9] BERNARD, M. Ekonomika jakosti ve výrobním podniku - náklady nekompletnosti na výrobní lince ABB EJV Brno. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2007. 68 s.Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.

Příloha B Montážní seznam – příklad



Strana 1 / 3

Tisk: 24.02.2009 / 09:45

MONTÁŽNÍ SEZNAM MATERIÁLŮ PRO LINKU NA VÝROBU ROZVADĚČŮ UniGear

Sítový diagram	:	1000019220/0035	BWSC RABAI - RAL7035		
Výrobní zakázka	:	601308377			
Výrobek	:	UG	UNIGEAR PERFECT VN ČÁST		
Typ:	:				
Pole č.	:	6	(6)		
Dispon./ Dispeč.	:	Z29-Holečková /	ZRD-Krajičková Kateřina		
Termíny výroby (z/k)	:	17.02.2009 /	18.02.2009		
Prac.	Posk	Materiál	Množství/pole	Množství/VZ MJ	Chybí
		<i>Název</i>			

0000	9030	1VL7606667P0101 ÚHELNÍK	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
A100	0001	1VL7606270P0101 KRYT ZADNÍ	1,000	1,000	KS	_____
A100	0002	1YHT010150P0301 KRYT	1,000	1,000	KS	_____
A100	0009	1VL7607633P0101N LIŠTA	2,000	2,000	KS	_____
A100	0010	GCE8012119P0103N LIŠTA	1,000	1,000	KS	_____
A100	0011	1VL7606268P0102N LIŠTA Š.1000	1,000	1,000	KS	_____
A100	0111	GCE8011655P0101 DRŽÁK MRÍŽEK	1,000	1,000	KS	_____
A100	0112	GCE8011660P0101N MRÍŽKA VĚTRACÍ	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
A1XX	0005	1VL7606288R0101 ZADNÍ KRYT S LEMOVKAMI	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
PZ20	0260	GCE8011651P0101 NOSNÍK TRANSFORMÁTORŮ	1,000	1,000	KS	_____
PZ20	0261	GCE8011650P0101 VÝZTUHA NOSNÍKU	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
Z100	0060	1YHT010110R0205 PŘÍPOJ. PROSTOR T1000 PRO 2500-4000A	1,000	1,000	KS	_____
Z100	0270	GCE8010948R0115 MONTÁŽ NOSNÍKU KONTAKTŮ 3150A	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
Z200	0260	1VL7604526R0101 MONTÁŽ THERMO A HYGROSTATU	1,000	1,000	KS	_____
Z200	0650	4CE8004109R0101 MONTÁŽ KRYTU	1,000	1,000	KS	_____
Z200	9000	1VL7603965R0101 BLOKOVÁNÍ DVEŘÍ VYP.PROST. 800,1000	1,000	1,000	KS	_____
Z200	9000	SCB1000063R0802 ZASLEPENÍ BLOK.KABEL.PROST. (800,1000)	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
Z2XX	0250	4CE8005752R0101 MONTÁŽ TOPENÍ KABELOVÝ A VYPÍNACÍ PROSTO	1,000	1,000	KS	_____
		Datum:	Os.č.:	Podpis:		
Z300	0020	4CE8005046R0101 TYČ VODÍČÍ	3,000	3,000	KS	_____
Z300	0531	4CE8005165R0101	1,000	1,000	KS	_____



Strana 2 / 3

Tisk: 24.02.2009 / 09:45

MONTÁŽNÍ SEZNAM MATERIÁLŮ PRO LINKU NA VÝROBU ROZVADĚČŮ UniGear

Sít / Vyr.Zakázka : 100019220/0035 / 601308377
 Pole č. : 6 (6)

Prac.	Posk	Materiál	Množství/pole	Množství/VZ	MJ	Chybí
Název						
STÍNĚNÍ PRO PROUD.TRAFA KOKS						
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z400	0010	GCE8005042P0101 PAS PŘIPOJOVACÍ	3,000	3,000	KS	_____
Z400	0030	3CE8005040R0101 ODBOČKA L1	1,000	1,000	KS	_____
Z400	0040	3CE8005040R0102 ODBOČKA L1	1,000	1,000	KS	_____
Z400	0050	3CE8005040R0103 ODBOČKA L2	1,000	1,000	KS	_____
Z400	0060	3CE8005040R0104 ODBOČKA L2	1,000	1,000	KS	_____
Z400	0070	3CE8005040R0105 ODBOČKA L3	1,000	1,000	KS	_____
Z400	0080	3CE8005040R0106 ODBOČKA L3	1,000	1,000	KS	_____
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z4XX	0620	3CE8005127R0101 ODBOČKY-SPOJKA	1,000	1,000	KS	_____
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z500	0003	1VL7606282R0101 TRMEN HORNÍ	1,000	1,000	KS	_____
Z500	0110	1VL7606269R0101 MONTÁŽ ZADNÍHO KRYTU	1,000	1,000	KS	_____
Z500	0113	1VL7605368R0101 VENTILÁTOR V ZADNÍM KRYTU	1,000	1,000	KS	_____
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z600	0005	1VL7605532R0101 OMEZOVAČ PRAVÝ	3,000	3,000	KS	_____
Z600	0006	3CE8004895R0101 ODBOČKA L1	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0007	3CE8004895R0102 ODBOČKA L1	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0016	3CE8004895R0103 ODBOČKA L2	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0017	3CE8004895R0104 ODBOČKA L2	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0026	3CE8004896R0101 ODBOČKA L3	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0027	3CE8004896R0102 ODBOČKA L3	1,000	1,000	KS	_____
Z600	0225	1VL7605531R0101 MONTÁŽ OMEZOVAČE	1,000	1,000	KS	_____
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z6XX	0630	3CE8001083R0113 ODBOČKY	1,000	1,000	KS	_____
Datum:			Os.č.:	Podpis:		
Z700	0130	4CE8004586R0101 MONTÁŽ VIDLICE K VENTIL.	1,000	1,000	KS	_____
Z700	0130	1VL7605367R0101 KRYT ODDĚLOVACÍ	1,000	1,000	KS	_____
Z700	0148	1VCR002720G0001 TYČ ROZPĚRNÁ L 1000	1,000	1,000	KS	_____
Z700	0230	3CE8000503P0103 PŘÍPOJNICE ZEMNÍČÍ	0,000	0,000	KS	_____



Strana 3 / 3

Tisk: 24.02.2009 / 09:45

MONTÁŽNÍ SEZNAM MATERIÁLŮ PRO LINKU NA VÝROBU ROZVADĚČŮ UniGear

Sít / Výr.Zakázka : 1000019220/0035 / 601308377
Pole č. : 6 (6)

Prac.	Posk	Materiál Název	Množství/pole	Množství/VZ MJ	Chybí
Z700	0300	DVERE-VP DVERE VYPÍNAČOVÝ PROSTOR	1,000	1,000 KS	_____
Z700	0310	SCB1000030R08Q1 VYBAVOVAČ TLAC.ON-OFF HD4 12kV DV.67mm	1,000	1,000 KS	_____
Z700	0400	DVERE-KP DVERE KABELOVÝ PROSTOR	1,000	1,000 KS	_____

Datum:

Os.č.:

Podpis: