



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija  
Program: Elektroenergetika  
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in el. instalacije

# **MOTORSKO ZAŠČITNO STIKALO IN PROTIEKSPLOZIJSKA ZAŠČITA V RUDNIKIH**

Mentor: Milan Kotnik, univ. dipl. inž. el.  
Lektorica: Sergeja Seljak, prof. slov.

Kandidat: Dejan Lomšek

Ljubljana, marec 2019

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju Milanu Kotniku, univ. dipl. inž. el., za usmerjanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala podjetju Bartec Varnost za gradivo, ki sem ga potreboval za izdelavo diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi partnerki ter staršema, ki so me spodbujali in motivirali za dokončanje diplomske naloge.

## IZJAVA

Študent Dejan Lomšek izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. Milana Kotnika.

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomski nalogi smo se odločili predstaviti motorsko zaščitno stikalo OTD-2 MSi 125, ki se ga uporablja za pogon elektromotorjev v rudnikih, kjer je prisoten zemeljski plin. Bistveno področje pri diplomski nalogi je protieksplzijska zaščita. V uvodnem delu smo predstavili nekaj osnovnih in bistvenih zaščit v protieksplzijskih okoljih.

Za problematiko smo v diplomski nalogi uporabili obstoječo različico neprodirnega okrova OTD-2, in sicer z opremo za zagon elektromotorja MSi 125. Pri podrobnem opisu električnih komponent so razvidne prednosti in nekatere slabosti same izvedbe. Odločili smo se za zamenjavo nekaterih glavnih električnih komponent, saj so v tem času prišle na trg nekatere izboljšane različice, ki bodo pripomogle k izboljšanemu delovanju in nekoliko višjemu nivoju varnosti v eksplozijsko ogroženem prostoru v rudniku.

## **KLJUČNE BESEDE**

- protieksplzijska zaščita
- rudarstvo
- vakuumski kontaktor
- motorsko zaščitno stikalo

## **ABSTRACT**

In this diploma thesis, we decided to present a motor protection switch OTD-2 MSi 125, which is used to drive electric motors, in mines where the presence of natural gas. A crucial area in this thesis is explosion protection. In the introductory part we presented some of the basic and essential protections in explosive environments.

To deal with the problem in this thesis, we used the current version of flameproof enclosure OTD-2 with the software to run the electric motor MSi 125. In the detailed description of the electrical components there are evident advantages and some disadvantages of their own performance. We decided to replace some of the major electrical components, since in the meantime some improved versions, which will contribute to improved performance and a somewhat higher level of safety in hazardous area in the mines, came on the market.

## **KEYWORDS**

- explosion protection
- mining and quarrying
- vacuum contactor
- motor protection switch

## KAZALO

1	UVOD .....	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge .....	1
1.3	Predstavitev okolja .....	1
1.4	Metode dela .....	2
2	TEORETIČNE OSNOVE PROTIEKSPLOZIJSKE ZAŠČITE .....	2
2.1	Fizikalno kemijske osnove in pogoj za nastanek eksplozivnih atmosfer .....	3
2.2	Osnovni pojmi pri eksplozijah.....	3
2.3	Ocena tveganja za eksplozije .....	6
2.4	Elektrostatika in razelektritve v eksplozijsko ogroženih prostorih.....	7
2.5	Najpogostejši primeri napak, ki povzročijo eksplozijo .....	9
2.6	Električne inštalacije in oprema v Ex conah .....	9
2.6.1	Skupine in kategorije opreme .....	10
2.7	Vrste protiekspluzijskih zaščit .....	12
3	NEPRODİRNI OKROV OT 2 .....	16
4	MOTORSKO ZAŠČITNO STIKALO OT2 MSI 125.....	17
4.1	Pogoji delovanja .....	19
4.2	Zgradba .....	20
4.3	Podroben princip delovanja.....	22
5	MOTORSKO ZAŠČITNO STIKALO OT2 MSI 125 PRENOVA .....	34
5.1	Vzrok in opis sprememb .....	34
5.3	Pretokovna in kratkostična zaščita z ELBA 100Am (F12).....	35
5.4	Zapora zemeljskega stika z ER100-iM (F22).....	38
5.5	Vežni člen KFA6-SR2-Ex2.W (A1, A2).....	40
5.6	Dodan pogoj vklopa K11M metanometer .....	41
6	ZAKLJUČEK .....	43
	VIRI IN LITERATURA: .....	44
	PRILOGI.....	46

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Trikotnik gorenja .....	3
Slika 2:	Koronasta razelektritev .....	8
Slika 3:	Razvodnica v EXe zaščiti.....	12
Slika 4:	Zaščita EXm .....	13
Slika 5:	Pridružena naprava Exi.....	14
Slika 6:	EXd zaščita z indirektnim uvodom .....	15
Slika 7:	Ohišje OT-2 .....	17
Slika 8:	Pregled sestavnih delov OT-2.....	18
Slika 9:	Opis zunanjih delov motorskega zaščitnega stikala .....	21
Slika 10:	Glavno stikalo Q11      Stikalo S0                      Stikalo Q21 .....	22
Slika 11:	Bimetalni rele ZB150-70 .....	24
Slika 12:	Talilna varovalka NV125A.....	26
Slika 13:	NVS-4 signalno stikalo.....	27
Slika 14:	Signalno-informacijska kartica ID-1.....	27
Slika 15:	Prikaz nosilne plošče pri OTD-2.....	29
Slika 16:	Konektorji in vstavljanje nosilne plošče v OTD-2.....	29
Slika 17:	Zasuk ročice in utori pokrova .....	30

Slika 18: Utori pokrova in površine zaščitnih rež.....	31
Slika 19: Tipska ploščica motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125 .....	32
Slika 20: CKJ-5 125A .....	35
Slika 21: ELBA100Am .....	36
Slika 22: RZW 50 .....	37
Slika 23: Zapora zemeljskega stika ER 100im.....	40
Slika 24: Vezni člen KFA6-SR2-Ex2.W.....	41

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Temperaturni razredi .....	4
Tabela 2: Prikaz glavnih-tehničnih podatkov za alkalno homogeno vrsto .....	5
Tabela 3: Vžigalne energije nekaterih plinov in hlapov .....	5
Tabela 4: Orientacijska vrednost iskre.....	7
Tabela 5: Minimalna vžigna energija .....	7
Tabela 6: Razdelitev opreme skupina II.....	11

## KRATICE IN AKRONIMI

OTD-2:	Tip neprodirnega okrova za rudarstvo (možen direktni uvod)
OT-2:	Tip neprodirnega okrova za rudarstvo (uvod možen le preko Exe omarice)
Ex:	Oznaka protieksplzijske zaščite
Ex-d:	Protieksplzijska zaščita neprodirni okrov
Ex-i:	Protieksplzijska zaščita lastna varnost
Ex-e:	Protieksplzijska zaščita povečana varnost
Ex-de:	Protieksplzijska zaščita neprodirni okrov in povečana varnost
ATEX:	Oznaka predstavlja 2 direktivi EU novega pristopa
ZME:	Zgornja meja eksplozivnosti
SME:	Spodnja meja eksplozivnosti
IEC:	Mednarodna standardizacijska organizacija
CE:	Evropska skladnost
PVO:	Priključna omarica, grajena v protieksplzijski zaščiti povečana varnost
TOS:	Tokovni skoznik

# 1 UVOD

## 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Od leta 2013 sem zaposlen v podjetju Bartec Varnost, d.o.o., ki je eno vodilnih podjetij na svetu za izdelavo električne in neelektrične opreme za eksplozijsko ogrožene prostore. Zaposlen sem na oddelku Rudarske stikalne opreme, kjer razvijamo, tehnološko obdelamo in v končni fazi izdelamo eksplozijsko varne izdelke, ki se uporabljajo v eksplozijsko ogroženih prostorih. V metanskih rudnikih je zaščita električnih delov pred eksplozijo ključnega pomena, saj imamo tu opravka z vnetljivim metanom. Zaradi okolja (pod zemljo), v katerem se uporablja protieksplzijska zaščita, veljajo tudi nekatere omejitve glede izbire materiala ter same Ex zaščite. V ta namen se vso električno opremo, ki je namenjena zagonom motorjev, razsvetljavi, komunikaciji ..., vgrajuje v ohišja s povečano varnostjo ali v posebna neprodorna kovinska ohišja, za katera jamčimo s certifikatom, da ob morebitnem nastanku eksplozije le-ta ne preidejo izven ohišja. V sami diplomski nalogi smo predstavili motorsko zaščitno stikalo tipa OTD-2 MSi 125, ki se uporablja za zagon elektromotorjev.

## 1.2 CILJI NALOGE

Cilj diplomske naloge je bil, da smo na podrobnem primeru preučili in predlagali izboljšavo iz obstoječega stanja motorskega zaščitnega stikala. Glede na izvedbo obstoječega stanja motorskega zaščitnega stikala smo poiskali sodobnejšo opremo ter pripomogli k večji varnosti in zanesljivosti delovanja.

## 1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Bartec Varnost

Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1958. Od ustanovitve do danes se v podjetju ukvarjamo z razvojem in proizvodnjo protieksplzijsko zaščitnih električnih naprav.

Leta 1997 je podjetje postalo član holdinga BARTEC iz Nemčije, ki je danes 100 % lastnik podjetja. Skupaj z BARTEC-om smo danes vodilna firma v Evropi na področju razvoja in proizvodnje protieksplzijsko zaščitnih električnih naprav.

Bartec s svojimi komponentami in sistemi ščiti ljudi, stroje in naprave. Naši glavni proizvodi/dejavnosti so:

- elektromotorji,
- elektro oprema za rudarstvo,

- elektromaterial,
- inženiring in servis.

Vsi naši proizvodi in dejavnosti ustrezajo zahtevam ATEX direktive 94/9/EC. Z našimi proizvodi in uslugami oskrbujemo podjetja s področja petrokemije, kemije, farmacije, strojegradnje in rudarstva. Z lastnim razvojem in inovativnimi rešitvami neprestano izboljšujemo naše proizvode in jih prilagajamo novim zahtevam trga.

## 1.4 METODE DELA

Za doseganje ciljev diplomske naloge smo predhodno preučili zakonodajo o protieksplzijski zaščiti ter se podučili o trenutno veljavnih standardih. Z uporabo induktivno-deduktivne metode smo ugotovili, kje se v praksi najpogosteje pojavijo težave, ki jih v teoriji ni zaznati.

Veliko koristnih napotkov in podpore pa nam je nudilo tudi podjetje Bartec Varnost d.o.o. Tu smo uporabili opisno metoda za teoretično izhodišče v diplomski nalogi.

Predstavili smo neprodorni okrov, najpogosteje uporabljeno vrsto protieksplzijske zaščite v rudnikih (Ex-d), v katerem je vgrajena oprema za zagon elektromotorjev, telekomunikacija, razsvetljava ... Tu smo uporabili analitično metodo, kjer smo bolj podrobno razčlenili delovanje stikalne opreme.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE PROTIEKSPLOZIJSKE ZAŠČITE

Število in zahtevnost različnih električnih inštalacij v Ex prostorih v zadnjih letih zelo narašča. Razvoj avtomatizacije vse bolj podira tudi v Ex okolje. Danes v Ex okoljih nimamo več samo enostavnih inštalacij, ampak so sodobni tehnološki postroji opremljeni s sodobno tehnologijo za reševanje kompleksnih avtomatizacijskih procesov. Vse te inštalacije so navzven zelo podobne običajnim inštalacijam, vendar morajo izpolnjevati vrsto varnostnih pogojev, ki so predvideni za eksplozijsko ogrožene prostore, in opremo, ki se tam lahko vgrajuje. Problematika električnih naprav v Ex okolju je regulirana z natančnimi pravili za celoten proces; od načrtovanja, izvajanja, vgradnje in priklopa Ex opreme do kasnejšega servisiranja in vzdrževanja. Vsa vgrajena oprema mora imeti tudi potrdilo o skladnosti. Delavci, ki proizvajajo in vgrajujejo Ex opremo, morajo biti ustrezno podučeni ter imeti opravljen tečaj za vgradnjo ter delo v Ex okolju (Božič, 2010).



## 2.1 FIZIKALNO KEMIJSKE OSNOVE IN POGOJ ZA NASTANEK EKSPLOZIVNIH ATMOSFER

V tehnoloških procesih predstavljajo največjo nevarnost za nastanek požara gorljivi plini, vnetljive tekočine, vnetljiv prah in aerosoli gorljivih snovi. Te gorljive snovi v določenih razmerjih z zrakom povzročijo eksplozijo. Tu ločimo zgornjo mejo eksplozivnosti (ZME) ter spodnjo mejo eksplozivnosti (SME). Povsod, kjer so prisotne te mešanice gorljivih snovi, lahko pride ob dovolj močnem viru vžiga do eksplozije.

Gorljiva snov, ki se vname ter povzroči tako hitro reakcijo, da lahko govorimo o eksploziji, mora biti čimbolj homogeno razporejena v zraku.

Za nastanek eksplozije morajo biti prisotne tri komponente, te so: vir vžiga, oksidant, gorivo. V kolikor manjka ena od treh komponent eksplozija ni izvedljiva (Čokl 2010).



Slika 1: Trikotnik gorenja

(Vir: Uprava RS za zaščito in reševanje, 2014)

Za preprečevanje eksplozije ločimo tri načine:

- odsotnost gorljive komponente (tesnost sistema, ventilacija, preprečitev vrtnčenja pri gorljivem prahu, nizka temperatura pri tekočinah),
- odsotnost oksidanta,
- preprečevanje virov vžiga.

## 2.2 OSNOVNI POJMI PRI EKSPLOZIJAH

Pri eksplozijah ločimo nekaj osnovnih pojmov. Gorljivost je lastnost snovi ter vnetljivost, ki je stanje. Snov bo začela goreti, ko se ogreje do vnetišča. Vnetišče (vžigna temperatura) je najnižja temperatura, pri kateri se snov v obliki plina, hlapov, aerosolov, kapljev in ali prahu, če je pomešana z zrakom, vname sama od sebe.

Odvisno od lastnosti snovi in fizikalnega stanja pa se ta snov vname ali eksploDIRA. Vnetišče je torej točka samovžiga.

Ta lastnost snovi je osnova za razdelitev vnetljivih snovi v temperaturne razrede T1–T6.

Temperaturni razred (°C)	Območje vžigalnih temperatur(°C)
T1	Nas 450
T2	300–450
T3	200–300
T4	135–200
T5	100–135
T6	85–100

*Tabela 1: Temperaturni razredi*

(Vir: Čokl, 2010)

Eden izmed pomembnejših pojmov je tudi plamenišče. Ta nam pove, pri kakšni temperaturi, izraženi v °C, se nad tekočino začnejo pojavljati hlapi, ki se pomešani z zrakom lahko vnamejo, če se pojavi vir vžiga. Pri tej najnižji temperaturi plamenišča se hlapi vnamejo in hitro ugasnejo, saj tekočina še nima zadostne temperature, da bi zagotavljala zadostno količino hlapov za proces gorenja. Plamenišče je značilno za tekočine in je povezano z vreliščem. Pove nam, pri kakšni temperaturi določena tekočina postane nevarna za eksplozijo, če je prisoten vir vžiga. Pri temperaturi plamenišča doseže vnetljiva tekočina spodnjo mejo eksplozivnosti (SME).

Plamenišče je osnova za razdelitev tekočin v nevarne skupine (JUS Z.C0.007):

- I. skupina: lahko vnetljive tekočine s plameniščem pod 38 °C,
- II. skupina: vnetljive tekočine s plameniščem od 38–60 °C,
- III. skupina: vnetljive tekočine s plameniščem nad 60 °C.

Meja eksplozivnosti:

- Spodnja meja eksplozivnosti (SME) predstavlja najmanjši delež gorljive snovi, ki se pomeša z zrakom in eksploDIRA.
- Zgornja meja eksplozivnosti (ZME) predstavlja največji delež gorljive snovi, ki se pomešan z zrakom še lahko vname in eksploDIRA.
- Stehiometrična koncentracija predstavlja sestavo gorljive snovi in zraka, pri kateri poteče popolno izgorevanje. To koncentracijo je mogoče izračunati, če poznamo elementarno sestavo gorljive snovi.

Snov	Kemična formula	Vrelišča (°C)	Plamenišča (°C)	Vnetišča (°C)
Vodik	H <sub>2</sub>	-252,8	/	560
Metan	CH <sub>4</sub>	-161,5	/	595
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-88,6	/	515
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42,1	/	470
n-Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-0,5	/	365
n-Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	36	<-20	265
n-Heksan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	69	<-20	240
n-Heptan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	98	-4	210
n-Oktan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	126	12	210
n-Dekan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	174	41	205
n-Dodekan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	216	74	200

Tabela 2: Prikaz glavnih-tehničnih podatkov za alkalno homogeno vrsto

(Vir: Čokl, 2010)

Iz tabele je razvidno, da se z naraščanjem molekul zvišuje vrelišče, obratno pa se znižuje vnetišče. Gre za navidezno anomalijo, ki jo upoštevamo pri zaščitnih ukrepih.

Snov	Vžigalna energija (mJ)	
	V zraku	V kisiku
Metan	0,30	0,003
Etan	0,25	0,002
n-Butan	0,25	0,009
n-Heksan	0,288	0,006
Etilen	0,07	0,001
Acetilen	0,017	0,0002
Ciklopropan	0,18	0,001
Dietileter (eter)	0,20	0,0013
Metanol	0,14	/
Etilaceton	0,48	/
Aceton	1,15	0,0024
Toluen	2,5	/
Amoniak	>1000	/
Ogljikov disulfid	0,015	/
Etilen oksid	0,062	
Vodik	0,017	0,0012
Vodikov sulfid	0,077	

Tabela 3: Vžigalne energije nekaterih plinov in hlapov

(Vir: Čokl, 2010)

## 2.3 OCENA TVEGANJA ZA EKSPLOZIJE

Z oceno tveganja dokažemo, da so izpolnjeni cilji pravilnika in standardov o protieksplzijski zaščiti. Ocena tveganja mora biti sprejemljiva; to pa dosežemo le, če upoštevamo zahteve standardov, na podlagi katerih lahko domnevamo, da so doseženi vsaj minimalni pogoji, ki jih zahteva direktiva ATEX.

»V RS sta direktiva ATEX 94/9/ES in 1999/92/ES implementirani v pravilniku o protieksplzijski zaščiti. Raven sprejemljivega tveganja je torej opredeljena z upoštevanjem pravilnika o protieksplzijski zaščiti in s standardi, ki jih vključuje priloga XV tega pravilnika. Gre torej za standarde o protieksplzijski zaščiti, ki določajo zahteve za varnost in varovanje zdravja delavcev, ki so lahko ogroženi zaradi eksplozivnih atmosfer. V vseh primerih gre za slovenske standarde (SIST), ki so prevzeti po sistemu »platnic« (Elektrotehniška zveza Slovenije, 2014).

Pri oceni tveganja si pomagamo z analizo tveganja. Analize za posamezne operacije so podane v obliki treh tabel. Za vsako rizično operacijo so najprej podani procesni parametri oz. bistveni parametri. V drugi tabeli so podane analize nevarnih situacij, pri katerih je lahko nek vir vžiga dejansko vzrok vžiga. V tretji tabeli pa je podana matrika tveganja za posamezno operacijo.

Kot primer potencialnih virov vžiga se lahko na primer pojavljajo:

- električne naprave,
- strela,
- mehansko povzročene iskre,
- statična elektrika,
- vroče površine.

Za vgrajeno Ex opremo se smatra, da je vgrajena s predpisi in standardi, ki ustrezajo za vgradnjo, kot jo določa Ex cona. Tako je za vseh 5 zgornje naštetih virov vžiga možno preprečiti eksplozijo z ustrezno vgrajeno opremo.

Za oceno tveganja se poslužujemo kvalitativnega vrednotenja, skladno z Metodologijo za oceno tveganja poslovanja enote in opreme za uporabo v potencialno eksplozivnih atmosferah (ang. Methodology for the Risk Assessment of Unit Operations and Equipment for the Use in Potentially Explosive Atmospheres). Pri tej metodi uporabljamo matriko s petimi stopnjami pogostosti dogodkov, s štiristopenjsko možnostjo posledic in tudi štiristopenjsko lestvico tveganja. Stopnje si sledijo od D proti A, s tem da stopnja D predstavlja najmanjše tveganje, stopnja A pa največje. Stopnja A ni dovoljena, stopnja B in C sta pogojno dopustni, če zagotovimo določene varnostne ukrepe (Čokl, 2010).

## 2.4 ELEKTROSTATIKA IN RAZELEKTRITVE V EKSPLOZIJSKO OGROŽENIH PROSTORIH

Vsak predmet, ki ni pravilno ozemljen, se lahko hitro naelektri na več različnih načinov (drgnjenje, ločevanje predmetov, influenza ...). Vsak naelektren predmet pa se lahko hitro razelektri na različne načine. Za protieksplzijsko zaščito so nevarne tiste razelektritve, ki se zgodijo sunkovito. To so razelektritev z iskro, koronasta, grmičasta ter razširjena grmičasta.

Pri razelektritvi z iskro pride do električnega preboja v zraku, ko pri normalni temperaturi in vlagi električno polje preseže 3 MV/m. Pri tem procesu se sproščajo toplota, svetloba in zvok. Ta proces se zgodi v delčku sekunde, pri čemer se sprosti vsa nakopičena elektrostaticna energija, ki zrak, kjer potuje iskra, segreje tudi do več tisoč kelvinov. Tipična razelektritev z iskro je, ko zapuščamo avtomobil.

Predmet	Energija iskre (mJ)
Prirobnica	0,5
Sod (50 l)	2,5
Oseba	7,5
Sod (200 l)	10

*Tabela 4: Orientacijska vrednost iskre*

(Vir: Božič, 2010)

V tabli 4 vidimo orientacijske vrednosti elektrostaticne energije predmetov, naelektrenih pri napetosti 10 Kv. Energija, ki se sprosti ob razelektritvi, je dovolj velika za vžig vseh vrst eksplozijskih zmesi: plinov, hlapov, megle ali prahu. V tabeli 5 so prikazane minimalne vžigne energije za različne kategorije eksplozivnih zmesi.

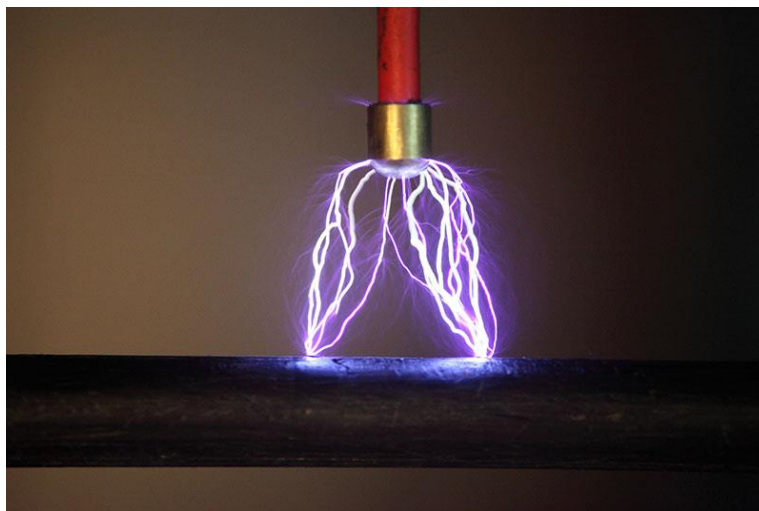
Eksplozivne zmesi		Minimalna vžigna energija (mJ)
Plini, hlapci	IIA	0,25
	IIB	0,10
	IIC	0,02
prah		1

*Tabela 5: Minimalna vžigna energija*

(Vir: Božič, 2010)

O koronasti razelektritvi pa govorimo, kadar imamo na primer naelektren predmet z ostro prevodno konico, ki je ozemljena, in so pogoji za verižno ionizacijo izpolnjeni le v lokalnem območju okrog igle, v ostalem delu pa je povprečna vrednost polja nizka,

pride do koronaste razelektritve. Pri teh razelektritvah so tokovi majhni (rang mA). Električna moč je tako nizka, da ne more vžgati večine eksplozivnih snovi z izjemo skupine IIC (vodik, aceten, ogljikov disulfid). Koronasto razelektritev včasih uporabljamo kot zaščitni ukrep pred nevarnimi razelektritvami, vendar nikoli v prostorih, ki so eksplozijsko ogroženi s skupino IIC (Božič, 2010).



Slika 2: Koronasta razelektritev

(Vir: EIMV, april 2013)

O grmičasti razelektritvi govorimo, ko namesto ostre konice uporabimo večjo površino. Pri njej iskra ne preskoči, temveč med predmetoma nastane nekaj šibkejših tokovnih sunkov, katerih oblika spominja na grm. Z grmičasto razelektritvijo se razelektrijo naelektreni izolatorji, v nekaterih primerih pa tudi naelektreni prevodniki. Pri tej razelektritvi je električna moč majhna in ni primerljiva s preskokom iskre, vendar močnejša od koronaste razelektritve, saj lahko vžge eksplozivne zmesi plinov, hlapov, megel in občutljivega prahu.

Da bi preprečili vse te razelektritve v eksplozivnih atmosferah, uporabljamo nekatere ukrepe pred nevarnimi razelektritvami.

Ukrepe lahko razdelimo v naslednje skupine:

- električni (ozemljitve in izenačitve potencialov),
- strojno tehnološki (uporaba ustreznih materialov, omejitve hitrosti gibanja, pretakanja),
- gradbeni (ustreznost materialov pri gradnji),
- organizacijski (izobraževanje, obleka, obutev).

## 2.5 NAJPOGOSTEJŠI PRIMERI NAPAK, KI POVZROČIJO EKSPLOZIJO

Ko pride v nekem obratu do eksplozije, se vedno nekje v ozadju skriva vzrok za nastanek eksplozije. Vzrok eksplozije bi lahko kar v celoti pripisali človeški napaki, saj za vsakim tehnološkim procesom stoji človek, ki je na nek način odgovoren za proces in mora sam poskrbeti za ustrezno varnost in morebitne tvegane dejavnike. Spodaj so naštetih nekateri najpogostejši primeri, ko pride do eksplozije:

- Zastarela in neustrezno vzdrževana oprema, pri kateri od vseh dokazil obstajajo samo »a-testi«, je velikokrat razlog za nastanek eksplozije. Pri takšni opremi običajno tudi ni mogoče več dobiti rezervnih delov, po navadi tudi nima ustreznih certifikatov,
- Poenostavitev delovnih postopkov ter spuščanje posameznih faz postopkov za zagotavljanje varnega dela (primer: zaradi zamudnega dela pri ozemljitvi na pretakališčih vnetljivih snovi se pretovarjanje izvaja s kopičenjem statične elektrine),
- Neevidentirani viri za nastanek eksplozije (primer: prah v odsesovalnih kanalih),
- Pomanjkljivo izobraženi delavci, ki so ponavadi samo splošno izobraženi, brez specifičnega znanja za delo v eksplozijsko ogroženih prostorih),
- Uporaba neustreznega orodja ter improvizirane električne inštalacije,
- Uporaba neustrezne osebne zaščite,
- Delo s poškodovanimi delovnimi napravami in inštalacijami (Bregar, 2010).

## 2.6 ELEKTRIČNE INŠTALACIJE IN OPREMA V EX CONAH

V svetu problematika protieksplozijske zaščite ni povsem poenotena. Med Evropo in Ameriko se praksa še vedno razlikuje, zato si mednarodna standardizacijska organizacija IEC že dolgo prizadeva za poenotenje tega področja.

Opremo, ki jo vgradimo v Sloveniji, pride z različnih koncev sveta. Tu moramo biti pozorni, da se izognemo morebitnim problemom zaradi standardizacije. ATEX certifikat in CE znak sta potrebna, nista pa tudi zadostni pogoj, da oprema ustreza zahtevam Ex regulative.

Za nastanek eksplozije sta potrebna gorljiva snov, zrak in vir vžiga. Med te vire vžiga žal spada tudi električna oprema, ki je vgrajena v eksplozivno ogroženo okolje.

Nekaj najpogostejših virov vžiga zaradi električne opreme:

-vroče površine, ki nastanejo zaradi toplotnih izgub v napravah in električnih žicah,

- električne iskre, ki so neobhodni pojav mnogih električnih naprav,
- električne iskre, ki so posledica napake na električni inštalaciji,
- mehanske iskre, ki nastanejo zaradi udarjanja, trenja, drgnjenja, brušenja, ki so največkrat posledica mehanskih nepravilnosti,
- elektrostatične razelektritve, do katerih lahko pride, če oprema nima dobre električne prevodnosti oz. ozemljitve.

Iz zgornjih virov vžiga vidimo, da je izbira prave opreme zelo pomembna pri zagotavljanju eksplozijske varnosti. V eksplozijsko okolje lahko vgrajujemo samo s standardi predpisano in certificirano eksplozijsko varno opremo. Oprema mora biti pravilno vzdrževana, izbrana in servisirana. Delodajalec nam to jamči z pridobitvijo ustreznega certifikata (Božič, 2010).

### **2.6.1 Skupine in kategorije opreme**

V Sloveniji imamo pravilnik o protieksplzijski zaščiti (Ur. list RS št. 102/00 in 91/02). Ta pravilnik razvršča električno opremo v dve večji skupini, ki imata še svoje podskupine.

Prva skupina opreme je namenjena za uporabo v podzemnih in površinskih kopih rudnikov. To skupino imenujemo skupina I. Ta skupina se deli na dve podskupini, in sicer kategorija M1 in M2.

Pri kategoriji M1 mora ostati oprema funkcionalna tudi v redkih primerih okvar v prisotnosti eksplozivne atmosfere. Varovana je z dvakratnim varnostnim ukrepom, kar pomeni, da mora v primeru okvare enega zaščitnega ukrepa drugi zaščitni ukrep še vedno delovati za zagotavljanje nujne ravni zaščite. Zaščita je takšna, da mora delovati, tudi če se zgodita dve medsebojni neodvisni napaki.

Pri kategoriji M2 pa oprema zagotavlja nujno raven zaščite samo med normalnim obratovanjem. V primeru eksplozivne atmosfere mora biti naprava izključena.

Druga skupina je označena z oznako II in se uporablja v nadzemnih eksplozijsko ogroženih prostorih.



<b>SKUPINA NAPRAV II</b>						
	Kategorija 1 (zelo visok nivo varnosti)		Kategorija 2 (visok nivo varnosti)		Kategorija 3 (ustrezni nivo varnosti)	
Pogoj, da ne pride do vžiga	2-kratni varnostni ukrepi/tudi pri dveh medsebojno neodvisnih napravah		Pri pogostnih motnjah pri delovanju naprave/ pri 1 napaki		Brez motenj pri delovanju naprave	
Uporaba v:	Cona 0	Cona 20	Cona 1	Cona 21	Cona 2	Cona 22
Atmosfera G=plin, D=prah	G	D	G	D	G	D

Tabela 6: Razdelitev opreme skupina II

(Vir: Božič, 2010)

V zgornji tabeli je prikazana razporeditev skupine II v kategorije, cone, v katerih se lahko uporablja, ter atmosfere.

Oprema kategorije 1 se uporablja v prostorih (conah) kjer so nenehno, za daljši čas ali pogosto navzoče eksplozivne atmosfere plina ali prahu. Uporablja se v coni 0 in v coni 20, lahko pa jo uporabimo tudi v višjih conah, vendar zaradi cene to ni smiselno. Ti dve coni sta najnevarnejši coni, kjer je možnost eksplozije največja. V tej coni se sme uporabljati izključno le oprema kategorije 1.

Oprema kategorije 2 se uporablja v prostorih, kjer se lahko občasno pojavi eksplozivna atmosfera plina ali prahu. Ta oprema mora zagotavljati ustrezno varnost tudi v primeru napak, okvar ali motenj na opremi. Uporablja se v coni 1 in coni 21, lahko pa se uporablja tudi v coni 2 in coni 22.

Oprema kategorije 3 se uporablja v prostorih, kjer je malo verjetno, da se pojavi eksplozivna atmosfera plina ali prahu. Ta oprema zagotavlja nujno raven zaščite med normalnim delovanjem. Uporablja se le v coni 2 in coni 22.

Razvrščanje opreme skladno s skupino plinov je pomembno za zaščite, kjer je za protiekspluzijsko zaščito pomembna tudi energija vžiga. V skupini plinov I se nahaja metan, ki je tudi glavna nevarnost v podzemnih kopih. V tej skupini je lahko najvišja temperatura površine opreme 200 °C. V nadzemeljskih zaščitah pa delimo opremo v tri podskupine: in sicer IIA, IIB, IIC. V skupino IIA spada na primer plin propan, v skupino IIB spada npr. etilen in v skupino IIC spadata plina vodik in acetilen. Skupina IIC je najstrože zaščitena skupina, saj vemo, da imata vodik in acetilen izredno nizko vžigno energijo (Božič, 2010).

## 2.7 VRSTE PROTIEKSPLOZIJSKIH ZAŠČIT

V tem poglavju bom na kratko predstavil vrste protieksplzijskih zaščit, ki se najpogosteje uporabljajo. V podzemnih kopih, kjer je prisotnost metana največja, je najpogostejša zaščita zaščita z neprodinim okrovom (Exd) v kombinaciji s povečano varnostjo (Exe). Za razne merilnike, senzorje, daljinske vklope ter kontrolnike pa uporabljamo zaščito Exi, kjer je sprejemna enota vgrajena v Exd ohišju.

### Zaščita s povečano varnostjo – Exe

Pri tej zaščiti s pomočjo konstrukcijskih rešitev in pravih materialov preprečujemo preveliko segrevanje in zaradi prevodnosti materiala tudi nabiranje statičnega naboja na samem ohišju. V to ohišje smemo vgraditi samo naprave ki pri normalnem delovanju ne iskrijo ter naprave, ki so grajene v izvedbi Exd. Ustrezno zaščito zagotovimo z zaščito IP54 (minimalno), z ustrezno mehansko trdnostjo, ustrezno odpornostjo ohišja na zunanje vplive, ustrezno električno prevodnostjo ohišja, poboljšanjem izolacije (večje razdalje med deli pod napetostjo) ter z omejevanjem segrevanja znotraj in zunaj ohišja. Uporablja se za priključne omarice, največkrat v kombinaciji Exd, saj lahko preko Exe zaščite preko skoznika ali TOSa vstopamo v Exd. Povečano varnost uporabljamo tudi za spončne omarice, krmilne omarice, v katerih so elementi, ki so zaščiteni z drugo vrsto zaščite ali pa so certificirani za vgradnjo v Exe. V ohišju povečane varnosti so lahko vgrajeni tudi lastno varni tokokrogi Exi vendar morajo biti strogo ločeni od ostalih. Še najboljše je, da so zaščitene z opletenim kablom. Razdalje vseh kontaktov Exi pa morajo biti vsaj 50 mm oddaljeni od Exe dela. Če to ni možno zaradi prostora, to rešimo z mehansko pregrado. Exe lahko vgrajujemo v conah 1, 2, 21, 22 (Božič, 2010).



Slika 3: Razvodnica v EXe zaščiti

(Vir: BARTEC Top Holding GmbH, 2016)

## Zaščita z zalivanjem z zalivno maso – EXm

Pri tej zaščiti je naprava zalita z zalivno maso, da notranji deli s segrevanjem ali iskro ne morejo vžgati eksplozivne atmosfere v okolici. Da je zaščita ustrezna, moramo izbrati ustrezno zalivno maso, ki zagotavlja ustrezno mehansko trdnost, toplotno odpornost, toplotno dilatacijo.

Poznamo dva tipa opreme:

-ma za uporabo v conah 0, 1, 2;

-mb za uporabo v conah 1, 2.

Ta zaščita se uporablja predvsem za stikala majhnih moči, krmilno opremo, LED diode, varovalke, prikazovalnike, senzorje, signalne elemente.

Slaba stran te zaščite pa je odvajanje toplote, saj se naprave v tej izvedbi pogosteje kvarijo (Božič2010).



Slika 4: Zaščita EXm

(Vir: Securitex Electronic Systems Engineering, 2017)

## Zaščita z lastno varnostjo – Exi

Bistvena lastnost te zaščite je omejevanje električne energije v lastno varnem tokokrogu pod takšno mejo, da ne more priti do termičnih efektov kot so iskre, ki bi lahko vžgale eksplozivno atmosfero. Vse naprave, ki so grajene v lastno varnem tokokrogu, morajo te pogoje izpolnjevati tako v normalnem delovanju kot tudi pri pojavu napak.

Pri lastni varnosti imamo vedno dve napravi:

- lastno varna naprava, ki je vgrajena neposredno v eksplozijsko ogrožen prostor;
- pridružena naprava, ki mora biti vgrajena v varno okolje, kjer ni eksplozijske nevarnosti ali pa vgrajena v kakšnem drugem tipu zaščite npr. Exd. Ta naprava omejuje električno moč na lastno varni napravi, s katero je povezana.

Lastna varnost je zelo razširjena oblika zaščite, le-ta pa je zaradi omejevanja električne moči uporabna samo za tiste elemente, ki ne potrebujejo veliko moči: za merilnike temperature, končna stikala, merilnike tlaka, regulacijske ventile ...



Slika 5: Pridružena naprava Exi

(Vir: Premier Farnell Limited, 2017)

### Zaščita z neprodirnim okrovom – EXd

Ta vrsta zaščite je zanimiva iz stališča, da pri EXd ne preprečujemo eksplozije neposredno, ampak na nek način dovolimo eksplozijo, vendar le v ohišju naprave. To ohišje naprave mora biti certificirano in grajeno tako, da zdrži tlak eksplozije. Ta ohišja niso plinotesna, saj prepuščajo plin v samo ohišje. V ta namen ima ohišje posebne zračne reže, ki morajo biti natančno dimenzionirane, da preko njih razbremenimo tlak v ohišju. Ves nadtlak, ki pri tem sunkovito potisne skozi režo, pa mora v okolico priti primerno ohlajen pod vžigno temperaturo plina v okolici, da ne povzroči eksplozije v okolici. Zračne (zaščitne) reže se po dolžini in širini razlikujejo glede na skupino plinov ( I oziroma IIA, IIB in IIC) in so odvisne od opreme lahko različnih oblik: ravne, cilindrične, konusne, labirintne, vijačne. Bistven element te zaščite je tudi omejevanje pred prevelikim segrevanjem površine ohišja, ki je definiran s temperaturnimi razredi.

Pri tej zaščiti se srečujemo s problematiko kabelskih uvodov, saj mora biti kabelski uvod izveden tako, da v nobenem primeru ne zmanjša zaščite. Uporabljamo dva načina, in sicer direktni in indirektni.

Pri indirektnem načinu vstopamo v Exd ohišje iz ohišja Exe preko posebej za ta namen certificiranih skoznikov. Pri tem primeru je zaščita Exd preizkušena pri proizvajalcu, izvedba priključka med montažo pa ne vpliva na zaščito. Ta tip se pri nas najpogosteje uporablja.

Pri direktnem uvodu pa kabel direktno pride v neprodorni okrov in s tem vpliva na zaščito. Ustreznost zaščite je pri tem odvisna od izvedbe priključka. Tu poznamo dva načina, in sicer uvod s cevno inštalacijo ali pa uvod z direktnim uvodom kabla. Ta je dovoljen le z upoštevanjem določenih pogojev, ki so določeni v standardih in ob uporabi ustrezne opreme (Božič, 2010).



Slika 6: EXd zaščita z indirektnim uvodom

(Vir: BARTEC Top Holding GmbH, 2016)

### 3 NEPRODİRNI OKROV OT 2

Neprodirni okrov OT2 je izdelan v protieksplzijski zaščiti Exde I, namenjeni za uporabo v rudarstvu v težkih delovnih pogojih (stopnja mehanske zaščite IP54). Sestavljeno je iz ohišja v protieksplzijski zaščiti neprodirni okrov, v katerem je nameščena elektro oprema ter dveh priključnih omaric na dovodni in odvodni strani ohišja. Ohišje OT-2 je izdelano iz jeklene pločevine, saj v rudnikih zaradi ekoloških zahtev aluminij ni dovoljen. Zunanje dimenzije ohišja znašajo 315x530x361mm. Volumen ohišja znaša 40 l, dimenzije odprtine pa so 227x379mm. Vsi kovinski deli ohišja so pleskani s temeljno barvo in dvakrat z rumeno površinsko barvo, kar označuje nivo nazivne napetosti 500 V, ali pa so barvani z belo, ki označuje nivo nazivne napetosti 1000 V.

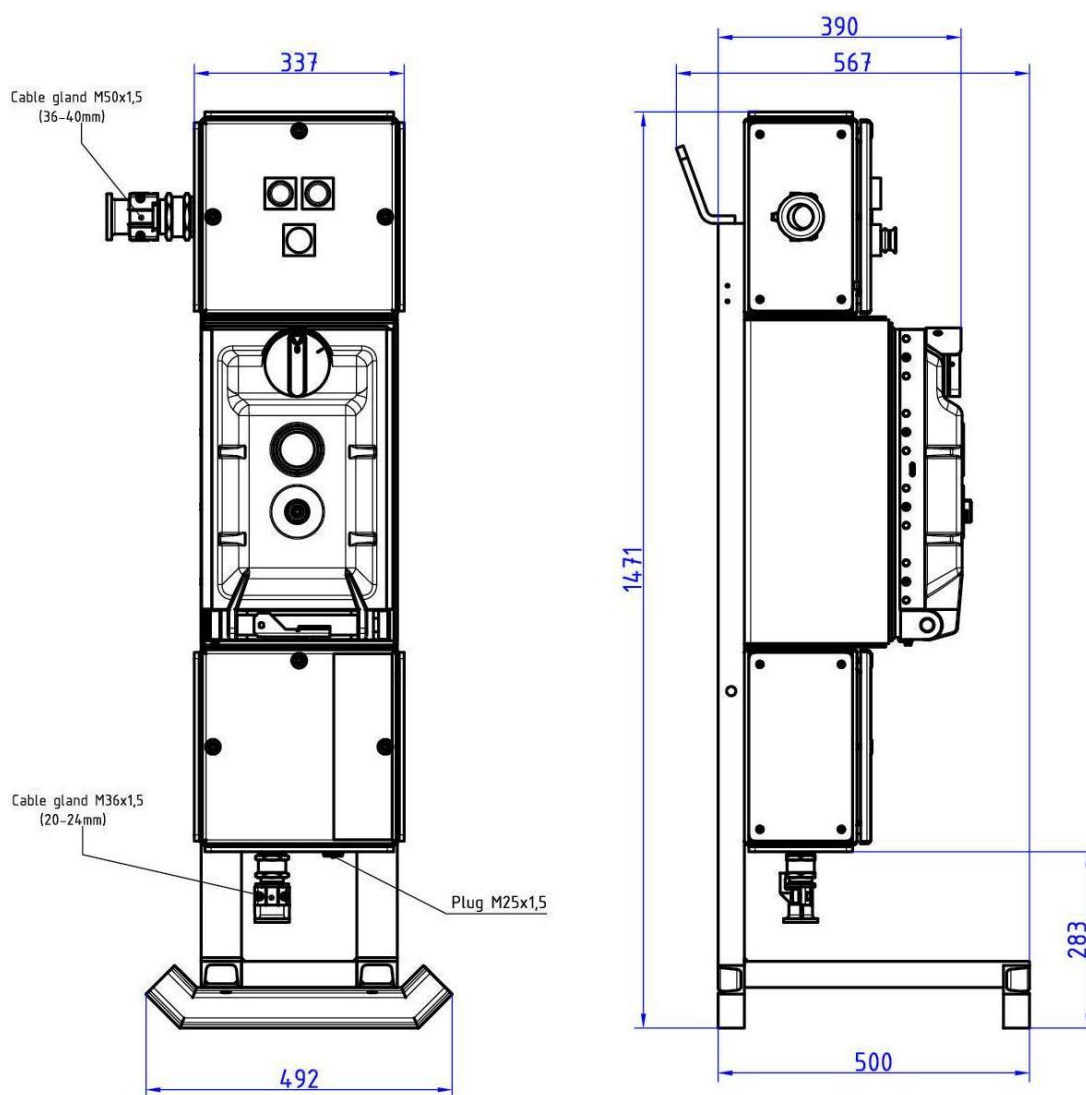
Ohišje in pokrov ohišja tvorita protieksplzijsko zaščito Exd – neprodirni okrov po JUS N.S8.101. Sistem odpiranja pokrova je izdelan tako, da pokrova ni mogoče odpreti v primeru, če ločilno predstikalo ni izključeno. Dostopni deli bodo pri odprtem pokrovu ohišja vedno v breznapetostnem stanju.

Pokrov ohišja lahko odpremo, ko je ločilno stikalo v položaju 0 – izključeno. V tem primeru lahko odvijemo zaporni vijak z ustreznim ključem (trirobi ključ). S tem je omogočeno odpiranje pokrova ohišja.

Na dovodni (zgoraj) in odvodni (spodaj) strani ohišja je nameščena priključna vezna omarica tipa PVO-2, dimenzij 315x315x230mm, ali PO-2, dimenzij 150x315x230mm, odvisno od potrebe priključitve dovodnih kablov. Izdelani sta v protieksplzijski zaščiti, povečana varnost Exe. Dovod in odvod električne energije v ohišje neprodirnega okrova sta izvedena preko prevodnih izolatorjev, ki se nahajajo v priključnih omaricah. Ohišje tip OT-2 ima pri OBAC pridobljen certifikat OBAC 06 ATEX 217U, s katerim je potrjena izdelava v navedeni protieksplzijski zaščiti (Bartec Varnost).

V ohišja OT2 se vgrajuje opremo:

- motrska zaščitna stikala z oznako certificiranja MSi,
- bremenska stikala z oznako certificiranja Osi,
- transformatorske razdelilnike z oznako certificiranja Tr.



Slika 7: Ohišje OT-2

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

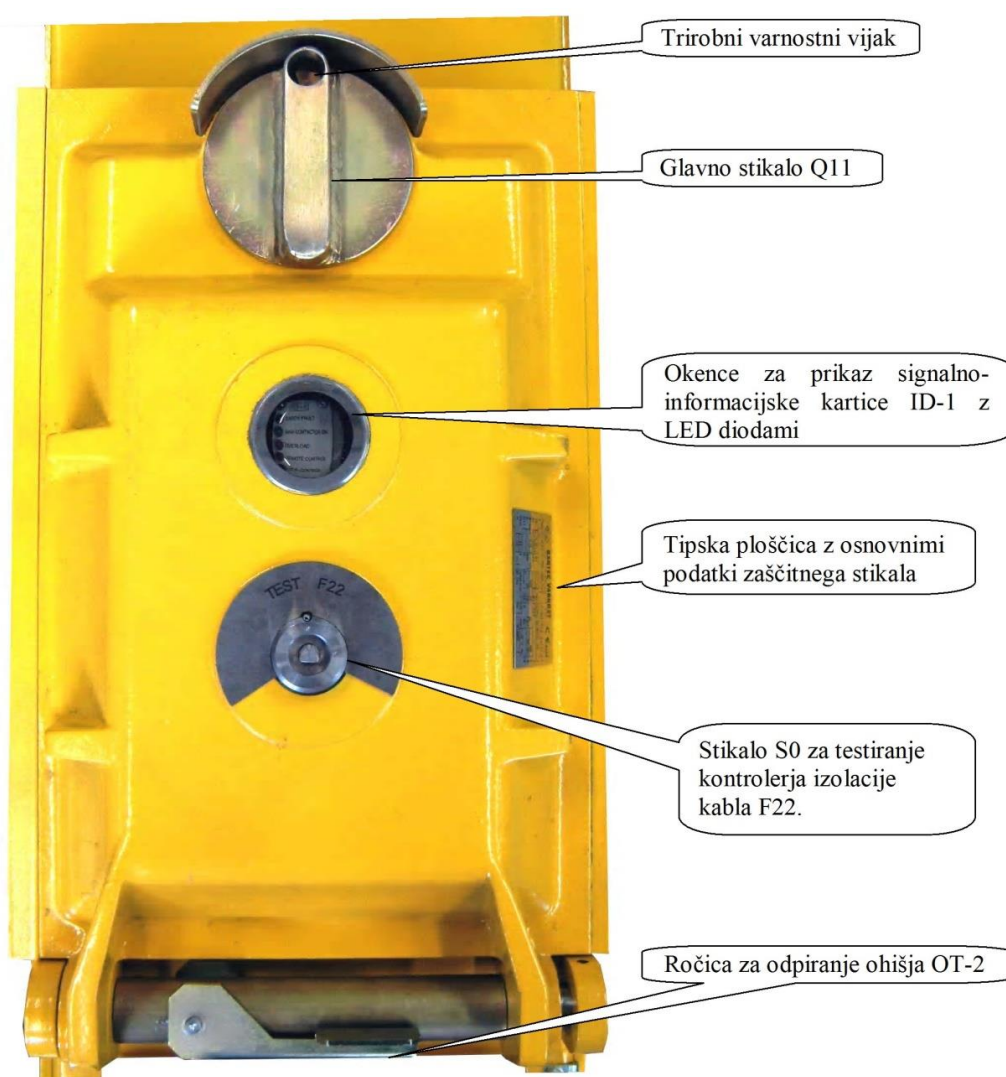
## 4 MOTORSKO ZAŠČITNO STIKALO OT2 MSI 125

Eksplozijsko varno motorsko zaščitna stikala OT-2 MSI 125 spada med naprave za uporabo v rudarstvu, direktiva 94/9EC. Namenjena je zaščiti elektromotorjev, ki jih napaja trifazna izmenična napetost.

Vgrajene komponente zagotavljajo zanesljivost delovanja v rudnikih in ustrezajo predpisanim varnostnim zahtevam. Motorsko zaščitno stikalo je narejeno v skladu z EN 60079-0:2012, EN 60079-1:2014, EN 60079-7:2015 in EN 60079:2012 standardi (Bartec Varnost).

Glavni sestavni dele motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125:

- glavno stikalo Q11 tip 4G 125-75U ima možnost odklapljanja motorja moči 55kW ter možnost preklopa smeri vrtenja (levo, desno), pri napetosti 550V;
- varovalke F11 tip NV100; 125A, varujejo elektromotor pred kratkim stikom;
- kontrolnik izolacije kabla F22 tip ZZS500/1000, v primeru poškodovanega kabla onemogoča vklop motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125;
- bimetalni rele F12 tip ZB150-70, služi za zaščito elektromotorja v primeru preobremenitve;
- signalno-informacijska kartica ID-1 z LED diodami, za jasen prikaz obratovalnega stanja in motenj motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125.



Slika 8: Pregled sestavnih delov OT-2

(Vir: Bartec Varnost, 2016)



## 4.1 POGOJI DELOVANJA

Eksplodizijsko varno motorsko zaščitno stikalo OTD-2 MSi 125 je namenjeno za uporabo v rudnikih, kjer je nevarnost eksplozije premogovega prahu in zemeljskega plina metana. Pri sami instalaciji je potrebno upoštevati, da je motorsko zaščitno stikalo izdelano v kategoriji M2, kar pomeni, da naprava zagotavlja ustrezno raven zaščite le med normalnim obratovanjem, v primeru napak in prisotnosti zemeljskega plina metana pa moramo motorsko zaščitno stikalo izključiti. V ta namen uporabimo metanometer, ki je priključen zaporedno v serijo pogojev, ki jih mora motorsko zaščitno stikalo zagotavljati za varen zagon in delovanje.

Spodaj so naštetá območja in parametri delovanja:

- Frekvenca napetosti 50Hz
- Nazivna napetost 0,85–1,09Un
- Stopnja zaščite IP IP 54
- Temperatura okolice -20 do +40°C
- Vlažnost zraka do 95% pri temperaturi +35°C
- Nadmorska višina do 1000m
- Dovoljen vertikalni naklon 10°

Lastnovarni (Exia) parametri tokokrogov na priključnih sponkah X03 (modre barve), 1–8:

- Maksimalna izhodna napetost  $U_0$   $\leq 11V$
- Maksimalni izhodni tok  $I_0$   $\leq 55mA$
- Maksimalna izhodna moč  $P_0$   $\leq 150mW$
- Zunanja induktivnost  $L_0$  10mH
- Zunanja kapacitivnost  $C_0$  10 $\mu$ F

Tehnični podatki:

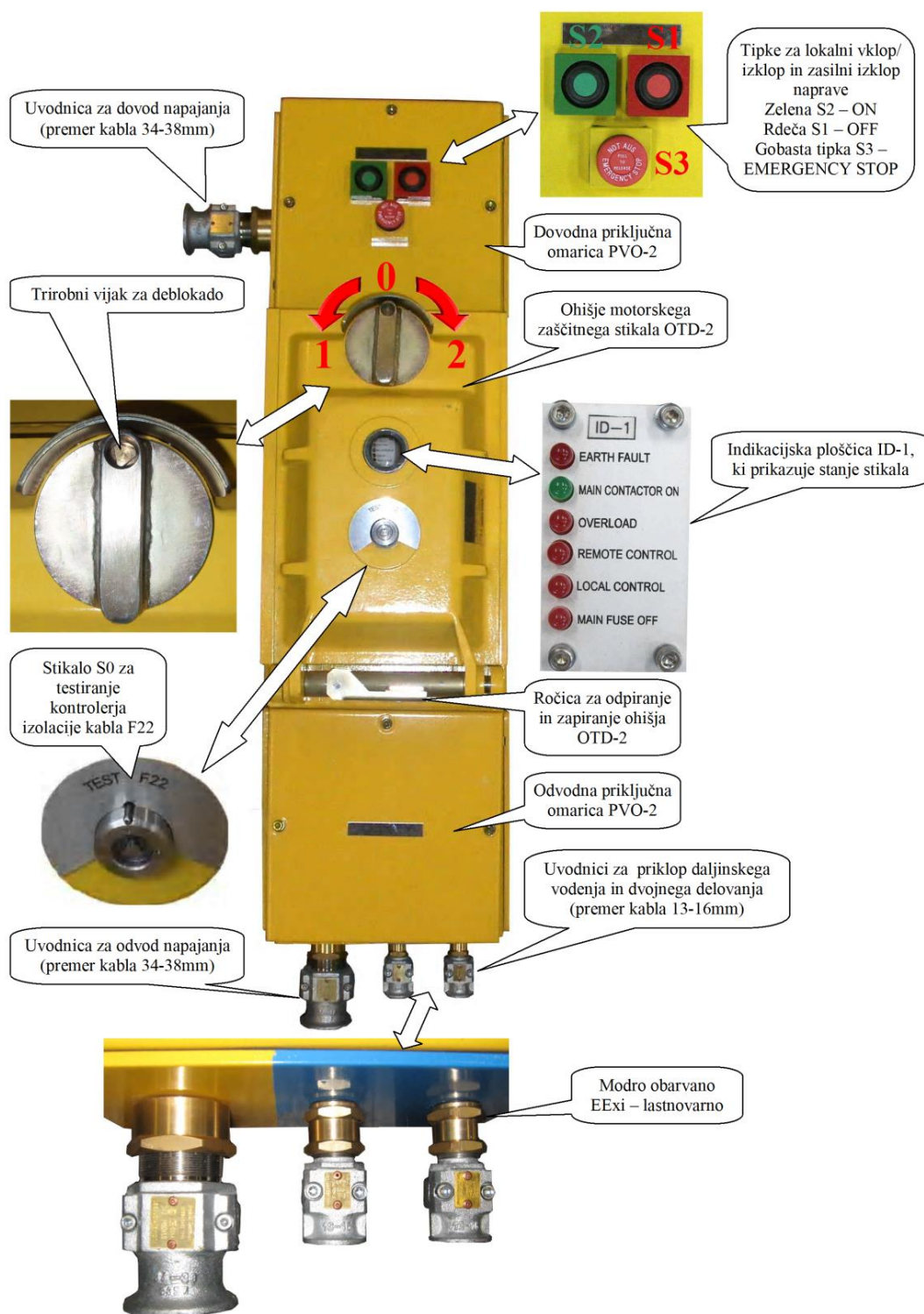
- Tip stikala OTD-2 MSi 125
- Napajalna napetost 550V
- Število izhodov 1
- Največja dovoljena moč motorja 55Kw
- Največji nazivni tok elektromotorja 50-70A

## 4.2 ZGRADBA

### Mehanski del

Motorsko zaščitno stikalo OTD-2 MSi 125 sestavljajo:

- Dovodna priključna omarica PVO-2, izdelana je protieksplzijska zaščita povečane varnosti (Exe) in ima na levi strani uvodnico za premer dovodnega kabla 34–38mm.
- Ohišje motorskega zaščitnega stikala OTD-2, v protieksplzijski zaščiti neprodorni okrov (Exd), v njem so vgrajeni vsi iskreči električni elementi.
- Odvodna priključna omarica PVO-2, ki je izdelana v protieksplzijski zaščiti povečana varnost (Exe) in ima na spodnji strani eno večjo uvodnico za priključitev energetskega kabla premera 34–38mm ter dve manjši uvodnici za premer kabla 13–16mm, eno uporabimo za priklop daljinskega vodenja, drugo pa za priklop dvojnega pogona.



Slika 9: Opis zunanjih delov motorskega zaščitnega stikala

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

Na sprednji strani pokrova ohišja OTD-2 sta nameščena ročica glavnega stikala Q11 in stikalo S0. Slednji je namenjen testiranju kontrolnika izolacije kabla F22, ki kontrolira upornost izolacije od motorskega zaščitnega stikala do priključenega elektromotorja.

Pokrov ohišja OTD-2 je opremljen z okencem, s pomočjo katerega lahko spremljamo signalno-indikacijsko ploščico ID-1 z LED diodami, ki javljajo obratovalno stanje in motnje motorskega zaščitnega stikala.

## Električni del

Zaščita motorskega stikala tipa OTD-2 MSi 125 je opremljena z naslednjimi komponentami:

- glavno stikalo Q11, tip 4G 125-75U, proizvajalca Rade Končar;
- varovalke F11, tip NV100; 125A, proizvajalca ETI;
- močnostni kontaktor K11M, tip DILM115/22; 500V; 50Hz, proizvajalca Moeller;
- zaščita pred preobremenitvijo F12, tip ZB150-70, proizvajalca Moeller;
- transformator T01, tip ETI-T 500-380/42V; 50Hz, proizvajalca Bartec Varnost;
- kontrolnik izolacije F22, tip ZZS 500/1000, proizvajalca Bartec;
- lastnovarni vezni člen A1,A2, tip MS 13-22EX0-R, proizvajalca Turck.

## 4.3 PODROBEN PRINCIP DELOVANJA

### Stikala

Motorsko zaščitno stikalo ima vgrajena stikala:

- Q11 glavno stikalo (Slika 10)
- S0 stikalo za testiranje kontrolnika izolacije F22 (slika 10)
- Q21 stikalo za preklop načina delovanja (slika 10)



Slika 10: Glavno stikalo Q11



Stikalo S0



Stikalo Q21

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

- Glavno stikalo Q11 uporabljamo za izbiro smeri vrtenja priključenega elektromotorja. V položaju (1) se motor vrti v levo, v položaju (0) je motorski pogon izključen, v položaju (2) pa se motor vrti v desno. Pred preklapljanjem motorja levo–desno pa mora biti motor v stanju mirovanja, torej kontaktor K11M mora biti izključen.
- Stikalo S0 je namenjeno za testiranje delovanja kontrolnika izolacije kabla F22 od stikala OTD.2 MSi 125 do priključenega elektromotorja. Testiranje se lahko izvaja le v izklopljenem stanju motorskega zaščitnega stikala. Test izvedemo tako, da s pomočjo posebnega trirobeta ključa zasučemo stikalo S0 v desno in s tem naredimo neposredno povezavo z zemljo. Takrat zasveti LED dioda H1 (okvara izolacije); ko zavrtimo ključ nazaj v izhodiščno lego mora dioda H1 ugasniti.
- Način delovanja izberemo s stikalom Q21, ki je nameščen v notranjosti ohišja na zgornji izvlečni plošči. Z njim lahko izbiramo med načini delovanja:

#### 1 Dvojni pogon:

Vklopimo ga tako, da prestavimo Q21 vodilnega motorskega zaščitnega stikala na 2 (REMOTE CONTROL ON), stikalo Q21 drugega motorskega zaščitnega stikala pa v položaj 1 (DOUBLE DRIVE ON). Daljinsko upravljanje priklopimo na vodilno motorsko zaščitno stikalo tako, kot je prikazano na shemi v prilogi. Za pravilno delovanje Double drive načina moramo izvesti premostitev na sponkah X03. Način premostitve in priklop daljinskega vodenja je prikazan na shemi št. P-20238 (DOUBLE DRIVE, REMOTE CONTROL), ki se nahaja v prilogi (Priloga 1, str.1).

#### 2 Daljinski vklop:

Vklopimo ga tako, da prestavimo stikalo Q21 na 2 (REMOTE CONTROL ON), še prej pa priklopimo stikalo ST1, s katerim vklapljam in izklapljam elektromotor. Potrebno ga je pravilno priključiti na sponke X03, kot prikazuje shema št. P-20238 (SINGLE DRIVE REMOTE CONTROL) v prilogi (Priloga 1, str.1). Po priklopu zasveti signalna LED dioda H4 (REMOTE CONTROL).

#### 3 Lokalno vodenje:

Vklopimo ga s tem, da preklopimo Q21 na položaj 3 (LOCAL CONTROL ON), pri tem zasveti signalna LED dioda H5 (LOCAL CONTROL). Upravljanje motorskega zaščitnega stikala poteka s tipkama na dovodni priključni omarici PVO-2, tipka S2 vklop (ON) in S1 izklop (OFF). S tipko S3 (EMERGENCY STOP) izklopimo napajanje zaščitnega stikala.

### **Zaščita elektromotorja pred preobremenitvijo**

Za zaščito pred preobremenitvijo smo uporabili bimetalni rele ZB150-70 proizvajalca Moeller, ki v primeru preobremenitve elektromotorja izklopi delovanje motorskega zaščitnega stikala in istočasno se prižge LED dioda H3 (OVERLOAD). Bimetalnemu releju ZB150-70 je potrebno predhodno nastaviti nazivni tok elektromotorja, saj le v tem primeru zaščita pred preobremenitvijo pravilno deluje. Podatke za nazivni tok  $I_n$  smo dobili v dokumentaciji elektromotorja, lahko pa ga tudi izračunamo.

Za naš primer:

V premogovniku bodo za transportni trak uporabili elektromotor tip 4 KTCR 250 M-2 v protieksplzijski zaščiti Exd nazivne moči 55 kW. Motor je dvopolni in ima nazivno napetost 500 V. Iz kataloga motorja je razbrati, da je motor dvopolen ter ima  $\cos\varphi$  0.89. Izkoristek motorja znaša 94,4 %. Iz teh podatkov lahko izračunamo nazivni tok  $I_n$  elektromotorja, ki ga potrebujemo za nastavitvev bimetalne zaščite (Bartec Slovenija 2011).

- P - nazivna moč elektromotorja
- $U_n$  - nazivna napetost elektromotorja
- $\cos\varphi$  - močnostni faktor
- $E_f$  - izkoristek elektromotorja
- $I_n$  - nazivni tok



Slika 11: Bimetalni rele ZB150-70

(Vir: Control Parts, 2017)

$P = 55 \text{ kW}$   
 $U_n = 500 \text{ V}$   
 $\cos\varphi = 0.89$   
 $E_f = 94,4 \%$

Osnovni enačbi za moč v trifaznem sistemu

$$P = U_n \times I_n \times \cos\varphi$$

dodamo še faktor izkoristka  $E_f$  in dobimo

$$P = U_n \times I_n \times \cos\varphi \times E_f$$

Iz zgornje enačbe sedaj lahko izpeljemo nazivni tok  $I_n$ .

$$I_n = \frac{P}{(U_n \times \cos\varphi \times \sqrt{3}) \times E_f}$$

$$I_n = \frac{55000W}{(500V \times 0.89 \times \sqrt{3}) \times 0,944}$$

$$I_n = 75,59 \text{ A}$$

Sedaj, ko imamo vrednost nazivnega toka elektromotorja, lahko na bimetalnem releju ZB150-70 nastavimo nazivni tok  $I_n$ , ki nam ščiti motor ob morebitni tokovni preobremenitvi.

### Kontrolnik izolacije kabla

Kontrolo izolacije kabla od motorskega zaščitnega stikala do elektromotorja v IT sistemu mreže izvaja enota F22 tip ZZS-500/1000, ki preverja izolacijsko upornost napajalnega kabla v breznapetostnem stanju (kontaktor K11M je izklopljen). Merilna enosmerna napetost je priključena med fazni in zaščitni vodnik. V primeru, da je izolacijska upornost večja od  $70 \text{ k}\Omega$ , je rele pritegnjen in s svojim delovnim kontaktom omogoči vklop glavnega kontaktorja K11M. Ko se le-ta vklopi, se kontrolna enota ZZS-500/1000 preko mirovnega kontakta na glavnem kontaktorju odklopi od omrežja in kontrolo izolacijske upornosti prevzame mrežni kontrolnik.

Če je izolacijska upornost nižja od dovoljene, rele v kontrolni enoti ne pritegne in vklop glavnega kontaktorja ni možen. Mirovni kontakt releja F22 uporabimo za signalizacijo okvare izolacije in zasveti LED dioda H1 (EARTH FAULT). Če se je izolacijska upornost znižala pod dovoljeno mejo, je ponoven vklop možen šele takrat, ko upornost naraste nazaj nad nastavljenjo upornost  $70 \text{ k}\Omega$ .

ZZS-500/1000 je izdelan v protieksplzijski zaščiti lastna (Exi), saj je merilni del izolacijske upornosti v zaščiti lastna varnost. V primeru napake v napravi je praznilni tok iz kondenzatorjev omejen z metaloplastnimi upori. Izdelek napajamo preko zaščitnega transformatorja, konstruiranega po SIST EN 50020. Tudi tokokrog, ki se preklaplja na kontaktih releja, napajamo iz istega transformatorja.

### Zaščita proti kratkemu stiku

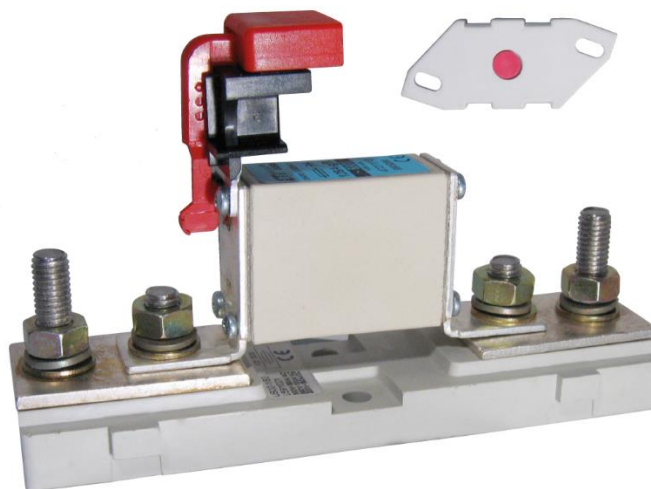
Za zaščito pred kratkim stikom skrbijo tri močnostne varovalke F11 tipa NV125A proizvajalca ETI (slika 12), ki so vgrajene na spodnjem delu nosilne plošče opreme motorskega zaščitnega stikala. Za dostop do varovalk je potrebno izvleči nosilno ploščo po postopku, ki je opisan v nadaljevanju. Varovalke so dimenzionirane glede na moč motorja porabnika in kot smo izračunali iz podpoglavja Zaščita elektromotorja pred preobremenitvijo je nazivni tok uporabljenega motorja 75,59 A. Da je med obratovanjem prišlo do pregoretega katere od treh varovalk, nam javi na varovalki NV125A vgrajeno signalno stikalo NVS-4 (slika13), ki ga namestimo na izvlečna držala same varovalke. Če katere od varovalk pregori, preko vzmetnega mehanizma vklopi stikalo NVS-4 in se vklopi LED dioda H6 (MAIN FUSE OFF).



Slika 12: Talilna varovalka NV125A

(Vir: Merkur trgovina, d.d., 2017)





Slika 13: NVS-4 signalno stikalo

(Vir: Prom, 2017)

### Signalno informacijska kartica ID-1

Motorsko zaščitno stikalo ima vgrajeno signalno-informacijsko kartico ID-1 z LED diodami, ki jasno prikazuje obratovalna stanja.

<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	EARTH FAULT	H1.....Napaka ozemljitve kabla
<input type="checkbox"/>	MAIN CONTACTOR ON	H2.....Glavni kontaktor K11M vklopljen
<input type="checkbox"/>	OVERLOAD	H3.....Preobremenitev
<input type="checkbox"/>	REMOTE CONTROL	H4.....Daljinsko vodenje vklopljeno
<input type="checkbox"/>	LOCAL CONTROL	H5.....Lokalno vodenje vklopljeno
<input type="checkbox"/>	MAIN FUSE OFF	H6.....Glavna varovalka izklopljena
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

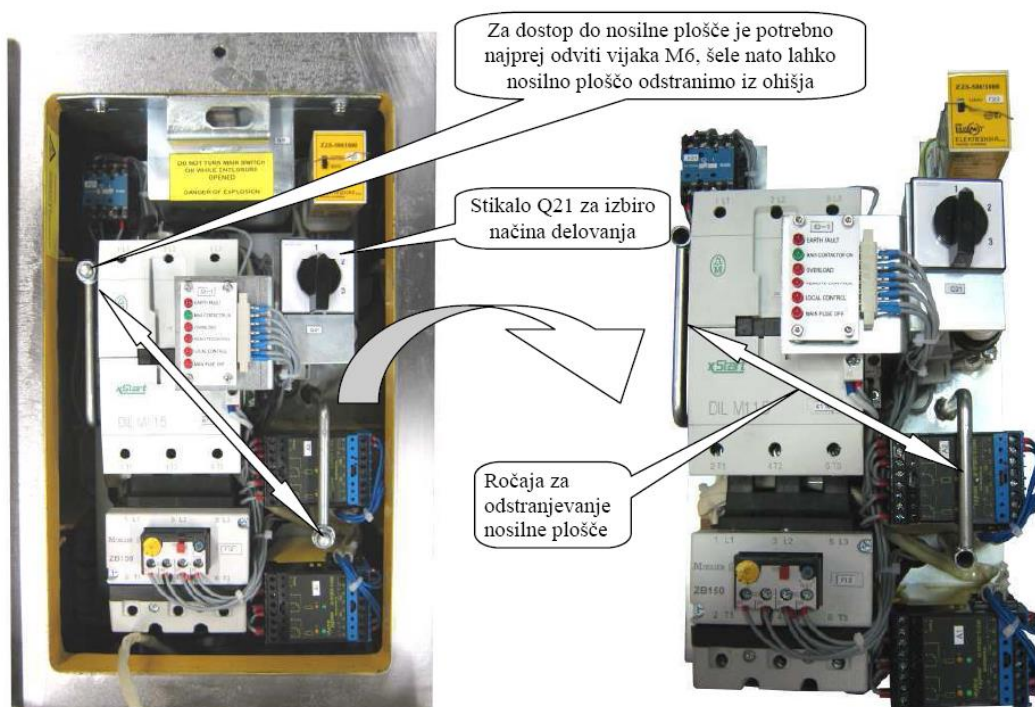
Slika 14: Signalno-informacijska kartica ID-1

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

## Nosilna plošča opreme zaščitnega motorskega stikala

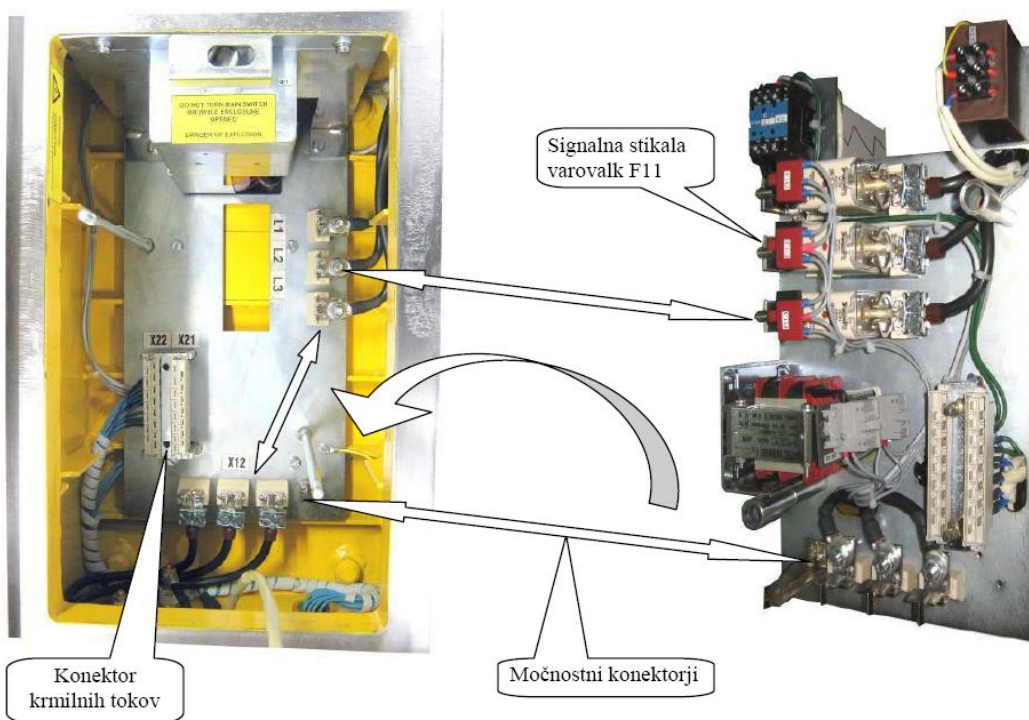
Nosilna plošča električnih elementov »paket« je v konektorski izvedbi tako, da jo lahko izvlečemo iz ohišja motorskega zaščitnega stikala OTD-2. Za demontažo nosilne plošče moramo odviti dve matici M8 (slika 15) stojnih vijakov, nato prijeto za oba ročaja nosilne plošče ter s silo izvleči nosilno ploščo opreme iz ohišja. Konektorji so vgrajeni na spodnji strani nosilne plošče (slika 16). Vgrajena imamo dva konektorja (X21 in X22) za krmiljenje motorskega zaščitnega stikala tipa STV-H11, ki povezujeta nosilno ploščo elementov s spodnjim delom ohišja, prek katerih dobimo tudi napajanje od glavnega stikala Q11. Prek krmilnih konektorjev imamo povezavo tudi do vklopa in izklopa ter izklopa v sili v zgornji PVO-2 omarici ter za dvojni in daljinski pogon v spodnji PVO-2 omarici. Ker imamo pri tej izvedbi na nosilni plošči vgrajen tudi močnostni del (kontaktor K11M), moramo imeti tudi konektorsko izvedbo za močnostni del. V ta namen imamo vgrajene posebne konektorje (nožni konektor), prek katerih na nosilno ploščo privedemo in odvedemo vse tri fazne žice. Pri vstavljanju nosilne plošče, je potrebna posebna previdnost, da se konektorji pravilno ujemajo in da se ujemajo tudi vodilne puše nosilne plošče, saj lahko v nasprotnem primeru pride do poškodb in nedelovanja motorskega zaščitnega stikala. Vse serije tega proizvoda morajo imeti identično nosilno ploščo in konektorje, ki se prilegajo v vsako tovrstno ohišje.

To je še zlasti pomembno zaradi samega vzdrževanja v rudniku, saj ob okvari zamenjajo le »paket« in delo skoraj neprekinjeno teče dalje, saj imajo vedno na zalogi še dva enaka »paketa«. V nasprotnem primeru bi lahko izgubili veliko časa s samim popravilom, saj bi morali celotno motorsko zaščitno stikalo OTD-2 prestaviti na mesto, kjer ni eksplozijske ogroženosti in šele tam izvesti popravilo, saj je delo pod napetostjo pri odprtem neprodornem okrovu v eksplozijsko ogroženem prostoru strogo prepovedano.



Slika 15: Prikaz nosilne plošče pri OTD-2

(Vir: Bartec Varnost, 2016)



Slika 16: Konektorji in vstavljanje nosilne plošče v OTD-2

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

## Postopek odpiranja in zapiranja ohišja OTD-2

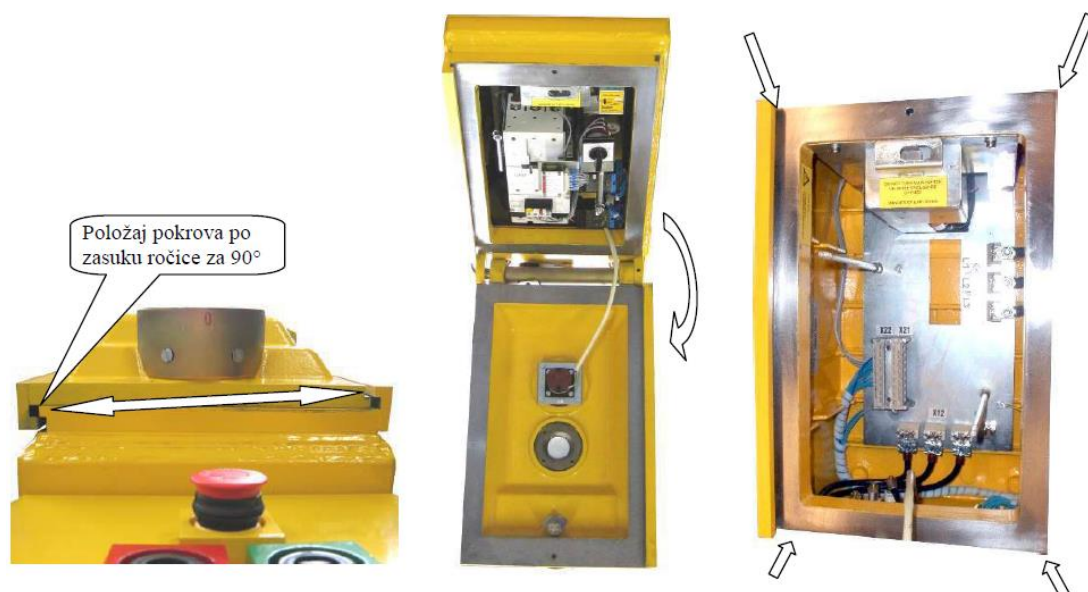
Ohišje neprodirnega okrova OTD-2 je izdelano tako, da pokrov ohišja ni mogoče odpreti, ko je glavno stikalo Q11 vklopljeno. Blokada je izvedena z zapornim trirobim vijakom, ki mora biti privit (nasede v izvrtino na prirobnici ohišja), da omogoči vrtenje ročice glavnega stikala Q11. Pokrov lahko odpremo, če je glavno stikalo G11 v položaju 0 (izklopljeno). Odvijemo trirobi vijak, ki se nahaja v ročici glavnega stikala, potem ročico za odpiranje pokrova zasučemo navzdol za 90° (slika 17), da robovi ohišja pokrova OTD-2 preidejo iz ujemanja utorov (slika 18), nato lahko pokrov ohišja odpremo. Pokrov ohišja OTD-2 zavrtimo okrog osi tečaja navzdol, dokler se nosilec pokrova ne nasloni na samo ohišje.

Med odpiranjem pokrova, dokler se ne nasloni na ohišje, je potrebna posebna previdnost, da pokrov zaradi svoje lastne teže ne udari ob ohišje, saj se lahko tečaji poškodujejo.



Slika 17: Zasuk ročice in utori pokrova

(Vir: Bartec Varnost, 2016)



Slika 18: Utori pokrova in površine zaščitnih rež

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

Površine zaščitnih rež (slika 18) na pokrovu ohišja so zaščitene z brezislinsko pasto, zato se na njih ne sme nabirati prah oziroma delci, ki bi lahko poškodovali zaščitno površino. Pred vsakim zapiranjem morate zaščitne površine temeljito očistiti z mehko krpo in nato s čopičem nanesti nov premaz. V primeru, da se pojavijo na zaščitnih površinah kakršnekoli poškodbe, vdrtine ali zareze, ohišje OTD-2 ni več eksplozijsko varno. Nekatere poškodbe se da sanirati, vendar je zaščita vprašljiva in je potrebno ohišje dati na ponoven preizkus tesnosti, saj je certificirano.

### Tipska ploščica

Zaščitno motorsko stikalo OTD-2 MSi 125 ima tipsko ploščico iz nerjavečega jekla, ki je opremljena z vsemi potrebnimi podatki.

**BARTEC VARNOST**  
 Slo-1410 Zagorje ob Savi

**Ex**      **CE** 0102

Type

Cv  µF      Cert.

Lv  mH      No.

Network       Un  V      In  A

P  kW      f  Hz       A

A       A       A

Pilot  V      Temp.max       min  °C

IP  m  kg      No.

Slika 19: Tipska ploščica motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125

(Vir: Bartec Varnost, 2016)

- Na vrhu tablice so napisani podatki proizvajalca, pred njimi pa znak **Ex**, ki označuje, da je oprema primerna za vgradnjo v eksplozijsko ogroženo okolje.
- V zgornjem desnem kotu je znak **CE**<sub>0102</sub>, s katero proizvajalec izjavlja, da ta proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določa evropska regulativa oz. večina tako imenovanih direktiv za proizvode. Številka **0102** je številka priglšenega organa, ki je pripravila revizijo.
- **Type:** OTD-2 MSi 125 je tip našega proizvoda, pod katerim je izdelek certificiran.
- **I M2 Ex de[ia] I** je vrsta protieksplzijske zaščite, ki je uporabljena v proizvodu. Prva številka **I** nam pove, da je proizvod grajen za vgradnjo v rudnik, **M2** pa nam pove, da ta oprema zagotavlja nujno raven zaščite samo med normalnim obratovanjem. V primeru eksplozivne atmosfer mora biti naprava izključena. Oznaka **de** nam pove vrsto zaščite, ki je uporabljena v proizvodu – **de** je zaščita z neprodinim okrovom s pridruženim ohišjem povečane varnosti, **[ia]** pa nam pove, da je v **de** zaščiti vgrajena zaščita lastna varnost.
- **Cert:** OBAC 05 ATEX 215 je oznaka, pod katero je proizvod certificiran.
- **Cv** ≤ 2.1 µF pomeni, da izdelek ne proizvede kapacitivnosti večje od napisane.

- **Lv:** unlimited mH označuje, da je induktivnost v našem primeru lahko neomejena.
- **No:** zaporedna serijska številka neprodirnega okrova OTD-2 ohišja.
- **Network:** IT je tip omrežja, ki se uporablja v rudnikih.
- **Un:** 500 V je nazivna napetost motorskega zaščitnega stikala.
- **f:** nazivna frekvenca obratovanja.
- **P:** nazivna moč motorskega zaščitnega stikala.
- **Imax:** 125 A nam pove nazivni tok varovalk.
- **Pilot:** 42 V izraža nazivno napetost krmilnih tokokrogov.
- **Temp.max** +45 min. -15 °C nam pove območje, pri kateri temperaturi se proizvod lahko uporablja.
- **IP:** 54; prva številka nam pove velikost delcev, ki še lahko pridejo v ohišje, v našem primeru 5 (prašni delci, delna zaščita). Druga številka pa nam pove vodotesnost in je v našem primeru 4 (pršenje vode v vseh smereh).
- **m** 130 kg pove težo proizvoda.
- **No.** 10/2009 nam pove mesec in leto proizvoda.

### Namestitev in priključitev

Motorsko zaščitno stikalo OTD-2 MSi 125 je nameščeno na samostoječemu stojalu. Odstopanje od vertikalne pozicije ne sme znašati več kot 30°. Priključitev motorskega zaščitnega stikala na omrežje in na elektromotor izvedemo z energetskimi kablji, preko uvodnic v ohišju priključnih omaric PVO-2 v povečani varnosti, kjer se nahajajo priključki na tokovnih skoznikih.

Uvodnice imajo funkcijo uvođenja kabla v ohišje priključne omarice in mehansko fiksiranje kabla, zato je potrebno paziti, da velikost uvodnice in tesnila ustreza premeru kabla. Po uvedbi kabla uvodnico privijemo, da guma v notranjosti dovolj zatesni, nato pa z dvema vijakoma na uvodnici stisnemo kabel in pri tem pazimo, da ga ne poškodujemo.

Pri priključitvi vodnikov na priključna mesta prevodnih izolatorjev mora biti spoj dovolj čvrst, pri tem pa pazimo, da ne poškodujemo keramičnega dela tokovnega skoznika. Motorsko zaščitno stikalo je prilagojeno napajalni napetosti 500 VAC. Podrobnosti glede priključitve so v prilogi (glej Priloga 1; vezni načrt ID.no. P-20238, na straneh 2 in 3). Priključitev na napajalno napetost izvedemo v dovodni omarici PVO-2 na sponkah L1, L2, L3. Pogonski motor se mora priključiti na odvodne priključke tokovnih skoznikov X02, z oznakami U1, V1, W1, ki jih najdemo v priključni omarici odvod PVO-2.

## 5 MOTORSKO ZAŠČITNO STIKALO OT2 MSI 125 PRENOVA

### 5.1 VZROK IN OPIS SPREMEMB

Naj vas že na začetku opomnim, da spremenjen električni načrt ni v uporabi in je le predlog za morebitno uporabo v prihodnosti.

Za samo spremembo sem se odločil iz vidika, da je obstoječi vezni načrt v uporabi od leta 2009, v njem so vgrajeni električni elementi, ki so v tem času že dobili kakšno izboljšano različico. Tako sem se odločil, da bom zamenjal oziroma dodal sledeče elemente:

- kontaktor K11M z novejšim vakuumskim kontaktorjem CKJ-5 125;
- bimetalni rele F12 za sodobnejšo predtokovno in kratkostično zaščito ELBA 100-A z pridruženim tokovnim merilnim transformatorjem RZW-50, proizvajalca Bartec Poljska;
- zaporo zemeljskega stika F22 z novejšim ER100-im, proizvajalca Bartec Poljska;
- vezni člen A1 in A1 z manjšim in zanesljivejšim KFA6-SR2-Ex2.W, proizvajalca Pepperle+Fuchs;
- v serijo pogojev za vklop K11M vezan dodaten pogoj metanometer.

### 5.2 Vakuumski kontaktor CKJ-5 125A (K11M)

Za zamenjavo kontaktorja DILM115/22 z vakuumskim CKJ-5 125A smo se odločil, ker v rudniku zagon motorja v večji meri zaženejo z direktnim zagonom. Za posledicami direktnega zagona je močno obremenjen kontaktor, saj ob direktnem zagonu steče skozi kontaktor nekajkratnik nazivnega toka motorja in pogosto se dogaja, da je glavni kontaktor v motorskem zaščitnem stikalu tisti prvi, ki se okvari. Ob preklopu klasičnega kontaktorja pride v notranjosti do iskrenja in s tem do poškodb.

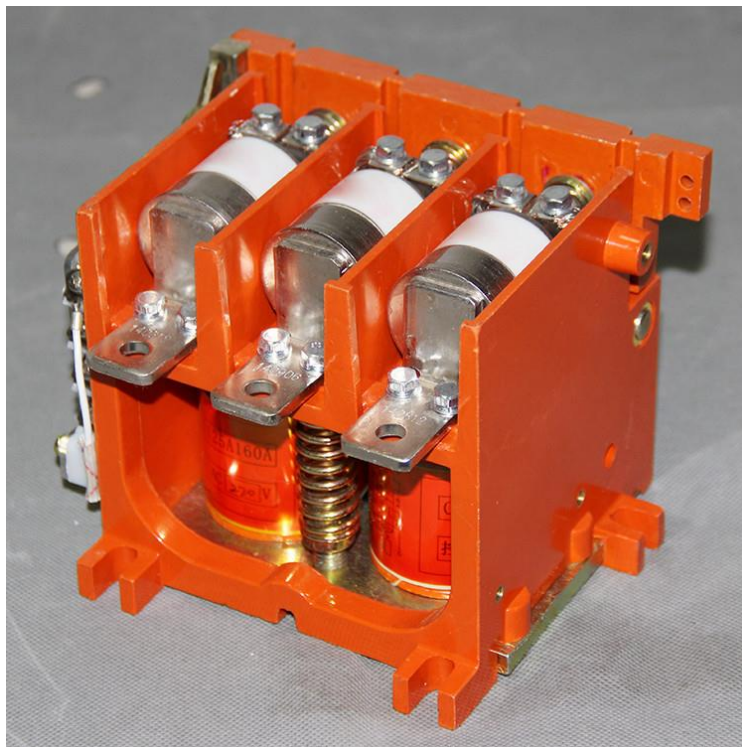
Z zamenjavo z vakuumskim kontaktorjem se tej težavi izognemo, saj ima vakuumski kontaktor CKJ-5 125A preklopne kontakte v vakuumski komori in na podlagi tega se izognemo iskrenju pri vklopih in izklopih. S tem ima kontaktor precej daljšo življenjsko dobo kot klasični kontaktor.

V primerjavi s kontaktorjem tipa DILM115/22 je tudi dimenzijsko nekoliko manjši in s tem privarčujemo na prostoru v ohišju OTD-2. Pri vgradnji CKJ-5 125A moramo paziti na položaj kontaktorja, saj po njegovi specifikaciji naklon ne sme biti večji od +/- 15 ° med namestitveno ploščo in vertikalo.



Prednosti kontaktorja CKJ-5 125:

- visoka zanesljivost,
- dolga življenjska doba,
- minimalno vzdrževanje,
- visoko število vklopov in izklopov,
- visoka klimatska odpornost,
- majhna dimenzija.



Slika 20: CKJ-5 125A

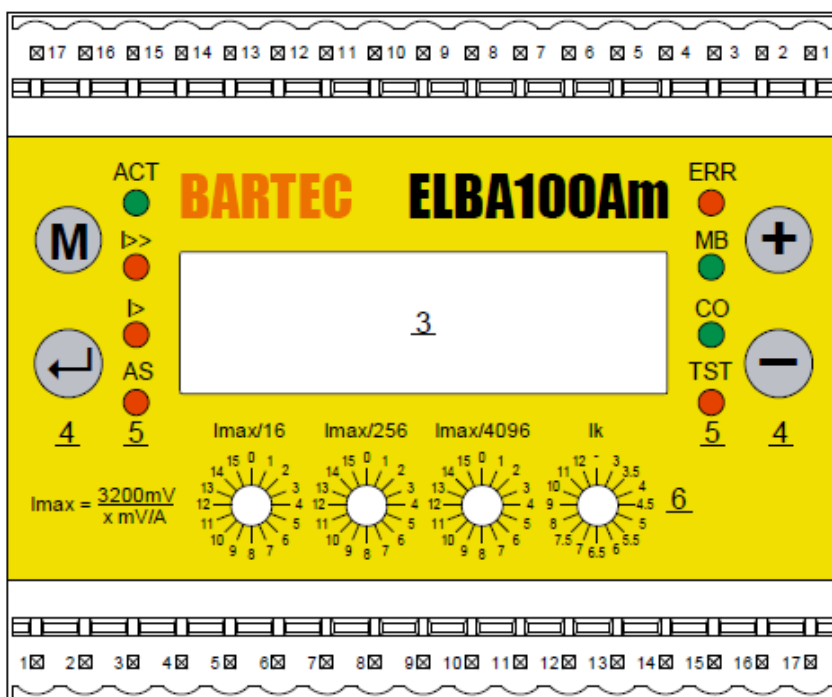
(Vir: Lasten, 2016)

### 5.3 PRETOKOVNA IN KRATKOSTIČNA ZAŠČITA Z ELBA 100AM (F12)

Pri tej zamenjavi smo zamenjali klasični bimetalni rele ZB150-70, ki deluje na principu segrevanja, z drugačnim načinom zaščite, ki deluje na principu merjenja tokov na vseh treh fazah. Za ta korak smo se odločili zaradi boljšega pregleda nad vzrokom morebitne okvare in posledično izklopa kontaktorja K11M. V ta namen smo uporabili sodobni Bartecov preobremenitveni rele ELBA 100Am. ELBA 100Am ima za merjenje faznih tokov pridruženo napravo RZW-50 (slika 21), ki stalno meri tokove na izhodu K11M in je preko štirih kontrolnih žic povezan z ELBA 100A. Glede na nazivni tok motorja nastavimo v ELBI 100Am nazivni tok, ki je v našem primeru

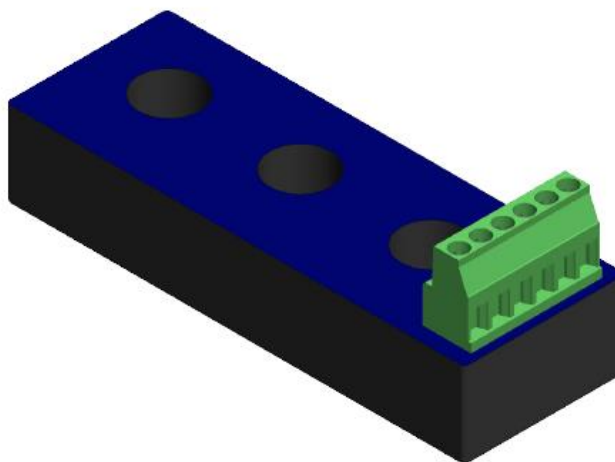
75.59 A. Poleg nastavljenе preobremenitve lahko v ELBI 100Am nastavimo tudi želeni kratkostični tok, pri katerem naprava izklopi glavni kontaktor. Če pride v motorju med obratovanjem do kakšnih okvar, bo naprava tudi zaznala asimetrijo delovanja in izklopila K11M.

Pri zamenjavi je bilo potrebno dodati RESET F12, ki je potreben za resetiranje naprave od morebitni okvari. Da napravo lahko resetiramo, mora biti stikalo na zunanjem delu ohišja, saj drugače le-to ni mogoče, ker naprave med obratovanjem ne smemo odpirati. V tem primeru smo uporabili stikalo S0, pri katerem je možen preklop iz zunanjega dela ohišja, vendar smo morali stikalo S0 zamenjati s tipom GN12-R067-U, saj prejšnji tip 4G-10-54U ne omogoča vklopa 1-0-2. Po novi rešitvi stikalo S0 obrnemo v levo in opravimo RESET F12, ko pa ga zasučemo v desno opravimo TEST F22.



Slika 21: ELBA100Am

(Vir: Bartec Poljska OSC and ELBA100Am type, 2012)



Slika 22: RZW 50

(Vir: Bartec Poljska OSC and ELBA100Am type, 2012)

### Postopek nastavitve ELBE 100Am

Predtokovni rele ELBA 100Am ima v osnovi nastavljene parametre na tovarniško različico. Najprej moramo upoštevati razmerje nazivnega toka, ki pride iz tokovnega transformatorja RZW 50. Iz njegovih podatkov ugotovimo, da je razmerje 25mV/A in ga s pomočjo gumba M ter pomikanja po meniju tudi nastavimo.

Ker ima ELBA 100Am razmerje  $I_{max}=3200mV/ x mV/A$ , iz tega izračunamo, da je maksimalni merjen tok z RZW 50 128A. Nato je potrebno nastavi nazivni tok, ki ga nastavimo s tremi vrtljivimi gumbi in ga nastavimo na nazivni tok 75,59 A.

- Prvi vrtljivi gumb nastavimo na podlagi maksimalnega merjenega toka ( $128/16=8$ ). Za  $x=9$ , dobimo tok na prvem gumbu 72 A.
- Drugi gumb nastavimo s podrobnejšim razdelkom toka ( $128/256=0.5$ ). Za  $y=7$ , dobimo tok na drugem gumbu 3.5 A
- Tretji gumb nastavimo za fino nastavitvev toka ( $128/4096= 0.03125$ ). Za  $z=3$ , dobimo tok na tretjem gumbu 94 mA.

S tem smo nastavili ELBO 100Am na nazivni tok 75.594 A.

Zgornja nastavitvev pokazana z enačbo:

$$I_n = I_{max} \left( \frac{x}{16} + \frac{y}{256} + \frac{z}{4096} \right) = 128A \left( \frac{9}{16} + \frac{7}{256} + \frac{3}{4096} \right) = 75.594A$$

$I_n$  nazivni tok elektromotorja

$I_{\max}$	maksimalni merjen tok RZW 50
x	nastavljena vrednost prvega vrtljivega gumba
y	nastavljena vrednost drugega vrtljivega gumba
z	nastavljena vrednost tretjega vrtljivega gumba

Za nastavitev kratkostične zaščite Ik zavrtimo četrti vrtljivi gumb na zeleno vrednost. Vrednost na gumbu nam pove večkratnik našega nazivnega toka.

Prednosti predtokovne in kratkostične zaščite ELBA 100Am:

- točna nastavitev toka preobremenitve,
- kratkostična zaščita z možnostjo zakasnitve zaradi direktnih zagonov,
- merjenje asimetrije gnanega motorja,
- beleženje, pregled in nadzor nad okvarami,
- ob okvari je potrebno ročno resetirati napravo, s tem se izognemo morebitnemu nevarnemu ponovnemu vklopu.

## 5.4 ZAPORA ZEMELJSKEGA STIKA Z ER100-IM (F22)

Za zamenjavo zapore zemeljskega stika ZZS 500/1000 smo se odločili zaradi novejšega Bartecovega modela ER100im (slika 23), ki ima za razliko od ZZS 500/1000 možnost nastavitve mejne upornosti, pri kateri nam naprava izklopi K11M. V varnostno napravo ER100im je bil vgrajen pulzni napajalnik, ki omogoča veliko spremenljivost napajalne napetosti in dvig protieksplzijske zaščite na stopnjo »Ia«. To pomeni, da lahko merilne linije varnostnih naprav ostanejo vključene tudi, ko koncentracija metana preseže 2 odstotka. Po izvedbi sprememb je varnostna naprava skladna z zahtevami standardov, usklajenih z direktivo o strojih na področju odvečne opreme. Poleg nastavitve mejne upornosti izolacije ima možnost zakasnitve od 0–1.5 sekunde, če slučajno pride do nepomembnih motenj delovanja, ki bi napravo po nepotrebnem izključile. ER100im ima tudi pridruženo napravo – tuljavo ED100, prek katere zajema izolacijsko upornost direktno iz vsakega odvodnega faznega vodnika, saj so v motorju navitja vezana v vezavo trikot. Za razliko od prejšnje različice TLK1469, ki je zajela le en fazni vodnik. Pri novi različici pa imamo tri tuljave ED100, ki lahko kljub morebitni okvari navitja motorja še vedno zanesljivo sprejemajo podatke izolacijske upornosti vsake faze posebej. V tem primeru so tri tuljave ED100i na enem koncu povezane na vse tri faze omrežja, na drugem koncu pa je izvedena eno točkovna povezava, kar ustvarja sistem »umetne ničle«, na katerega je priključen merilni rele varnostne naprave ER100im. Tako ER100im preko tuljave ED100 meri upornost faznih vodnikov proti zemlji pred vklopom K11M, ki mora znašati minimalno 70 k $\Omega$ . Če je pogoj zagotovljen, ko vklopimo kontaktor K11M, se pomožni mirovni kontakt 21/22 razkrene in ER100im preneha z meritvijo. V nasprotnem primeru nam javi napako na kontrolni LED diodi H1 (EARTH FAULT) in kontaktor K11M se ne vklopi. Za testiranje delovanja

naprave smo uporabili stikalo S0. Ko zavrtimo stikalo v desno, simuliramo prenizko izolacijsko upornost prek 2.2 k $\Omega$  upora vezanega proti zemlji. Če naprava deluje pravilno, mora rdeča LED na sami napravi zasvetiti, istočasno pa nam mora signalizirati tudi LED dioda H1 na prikazovalni ploščici ID-1.

### Obratovalni pogoji

Varnostna naprava tipa ER100im in sistem tuljav ED100i sta namenjena namestitvi v pomožne ognjevarne omarice z oznako Exd I ali na varna območja. Vezja, ki so odporna proti iskram in imajo stopnjo zaščite »I<sub>a</sub>«, pa so namenjena uporabi v eksplozijsko nevarnih območjih in jih ni treba izklopiti, če koncentracija metana preseže 2 %.

Tehnični podatki:

• Napajalna napetost	42 V $\pm$ 20 % ali 24 V $\pm$ 20 AC/DC
• Frekvenca napajalne napetosti	50/60 Hz AC
• Temperatura okolice	-20 do +70 °C
• Odpornost proti tresljajem (10 ... 55 Hz)	5 g
• Stopnja zaščite	IP20
• Odzivni čas	< 100 m/s (do 250 V) < 70 m/s (500 V) < 60 m/s (1.000 V)

Dovoljeni parametri vezij, odpornih proti iskram:

• Najvišja izhodna napetost	$U_o = 18,9$ V DC
• Najvišji izhodni tok	$I_o = 0,42$ mA
• Najvišja izhodna moč	$P_o = 2,0$ mW
• Najvišja napetost na strani, ki ni odporna proti iskram	$U_m = 250$ V AC
• Nazivna napetost nadzorovanega omrežja	do 1.140 V AC



Slika 23: Zapora zemeljskega stika ER 100im

(Vir: *ER 100im – USER MANUAL No BP/DT/04/05, 2012*)

## 5.5 VEZNI ČLEN KFA6-SR2-EX2.W (A1, A2)

Za zamenjavo veznega člena MS 13-22ExO-R proizvajalca Turck z novim KFA6-SR2-Ex2.W proizvajalca Pepperle+Fuchs (slika 24), smo se v največji meri odločili zgolj zaradi precej manjših dimenzij veznega člena. KFA6-SR2-Ex2.W je dvokanalna naprava z lastnovarnim vhodnim vezjem, prek katerega daljinsko vklopimo motorsko zaščitno stikalo ali pa uporabimo funkcijo DOUBLE DRIVE. Z samo modifikacijo vgrajene električne opreme je prišlo do prostorske stiske na izvlečni montažni plošči, največ prostora pa bomo pridobili z novim veznim členom, ki je dimenzijsko skoraj trikrat manjši od obstoječega. Nov vezni člen ima enake lastnosti in princip delovanja kot MS 13-22ExO-R.



Slika 24: Vezni člen KFA6-SR2-Ex2.W

(Vir: Pepperl+Fuchs Group, 2016)

## 5.6 DODAN POGOJ VKLOPA K11M METANOMETER

### Lastnosti in mejne vrednosti zemeljskega plina metana

Metan je plin brez barve, vonja in okusa. Je lažji od zraka, molekularna masa znaša 16.04 kg/Kmol in  $\rho = 0.717 \text{ kg/m}^3$ . Za človeški organizem je inerten, v zraku pa zmanjšuje odstotek kisika, zato ga uvrščamo med zadušljive pline. Je gorljiv, zmes zraka s 5 do 14 % metana je eksplozivna, če je v zmesi najmanj 12 % kisika, učinek eksplozije je maksimalen pri 9.5 % metana in 19 % kisika. Do vžiga metana pride pri temperaturi 923 K (650 °C). Metan nastaja v naravi pri razpadanju in oglenenju organskih snovi brez prisotnosti kisika.

Količine jamskega zraka morajo biti tolikšne, da koncentracije metana v nobenem primeru, vključno z ekshalacijskimi konicami, ne presežejo dovoljenih vrednosti, ki znašajo:

- v deloviščnem zraku 1.5 vol. %,
- v oddelčnem izstopnem zraku 1.5 vol. %,

- v glavnem izstopnem zraku 1.0 vol. %,
- v vstopnem oddelčnem zraku 0.5 vol. %
- v povratnem zraku separatno zračeni delovišč 1.5 vol. %

Koncentracije metana ugotavljamo s kemijsko analizo, interferometrom in s prenosnimi ter stacionarnimi elektronskimi merilniki.

### **Zaporedna vezava metanometra v pogoj zagona K11M**

Za dodan pogoj za vklop glavnega kontaktorja K11M prek kontrolnika metana smo se odločili izključno zaradi dodatne varnosti v premogovniku. Običajno uporabljajo metanometrije že pred samim priklopom motorskih zaščitnih stikal, že takoj po transformatorski postaji in tudi pred njo, kjer merilniki ves čas merijo morebitno prisotnost metana. Ta pogoj bo pripomogel k dodatni varnosti, saj so včasih motorska zaščitna stikala precej oddaljena od transformatorskih postaj in s tem od merilnikov metana. V tem primeru pa bo merilnik v neposredni bližini in bo nivo varnosti nekoliko višji, saj se včasih metan pojavi samo v določenih delih rudniških predelov. Pogoj je mišljen kot dodatna zaščita in v primeru, da ne uporabljamo merilnika metana, lahko pogoj z žico mostičimo. To storimo na priključkih merilnika metana, ki se nahaja v PVO-2 odvodni omarici, in sicer s priključkoma X02. 30 in 31. Za priklop merilnika metana smo morali tako naknadno vgraditi dva tokovna skoznika TOS4, prek katerih pripeljemo signal v neprodorni okrov OTD-2.



## 6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem s samo predstavitvijo motorskega zaščitnega stikala OTD-2 MSi 125 prišel do spoznanja, da je nekatera električna oprema že nadomestljiva z novejšo in naprednejšo. S samo modifikacijo je funkcionalni del ostal nespremenjen, kar je bil tudi namen.

Z novim vakuumskim kontaktorjem smo podaljšali življenjsko dobo kontaktorja ter s tem omogočili bolj nemoteno delovanje sistema v rudniku. Poleg boljšega delovanja pa sam kontaktor med vklopi in izklopi pod obremenitvijo tudi ne iskri, kar je zelo pomembno v eksplozijsko ogroženih prostorih, kljub temu da je vgrajen v neprodorni okrov.

Z zamenjavo bimetalnega releja z naprednejšo predtokovno in kratkostično zaščito ELBA100Am smo povečali nadzor nad delovanjem elektromotorja.

Pri zamenjavi zapore zemeljskega stika z modelom ER100Im smo skupaj s pridruženo napravo ED100 dobili nadzor nad izolacijsko upornostjo proti zemlji. Nadzorujemo lahko vsak odvodni fazni vodnik posebej in s tem povečamo varnost ob morebitnih poškodbah kabla elektromotorja.

Glede preventivne varnosti se mi je porodila misel, da bi vključil se kontrolo prisotnosti metana v jami, ki bi ob morebitni povečani vrednosti na tem delu jame preprečil vklop motorskega zaščitnega stikala.

Sama modifikacija načrta bi lahko bila v nadaljnjih projektih uporabna za povečan nadzor nad delovanjem elektromotorja in zanesljivejšim delovanjem protiekspluzijske zaščite.

V diplomski nalogi sem se veliko skliceval na varnost v eksplozijsko ogroženih rudnikih. Vemo, da je življenje človeka na prvem mestu in pri tem se ne bi smeli tako ozirati na samo ceno izdelka, ki poveča varnost protiekspluzijske zaščite. V eksplozijsko ogroženih prostorih je preventiva bistvena za varnost, saj je lahko, ko pride do okvare, že prepozno.

## VIRI IN LITERATURA:

### Knjige:

1. Božič, J. (2010). *Električne inštalacije v eksplozivno ogroženih prostorih*. Ljubljana: Elektrotehniška zaveza Slovenije.
2. Bregar, A. (2010). *Pogostost in pričakovane posledice možnih eksplozij ter stopnja njihovega tveganja*. Ljubljana: Elektrotehniška zaveza Slovenije.
3. Čokl, M. (2010). *Fizikalno-kemijske osnove in pogoji nastanka eksplozivnih atmosfer*. Ljubljana: Elektrotehniška zaveza Slovenije.

### Interno gradivo in priročniki:

1. *Bartec Poljska (2012). OSC and ELBA100Am type, Edition 1.1.1 x2012.*
2. *Bartec Poljska (2009). ER 100im – USER MANUAL No BP/DT/04/05 2009*
3. *Bartec Varnost (2016). Zasnova OT-2.*
4. *Pepperl+Fuchs Group (2016). Tehnical data KFA6-SR2-Ex2.W*

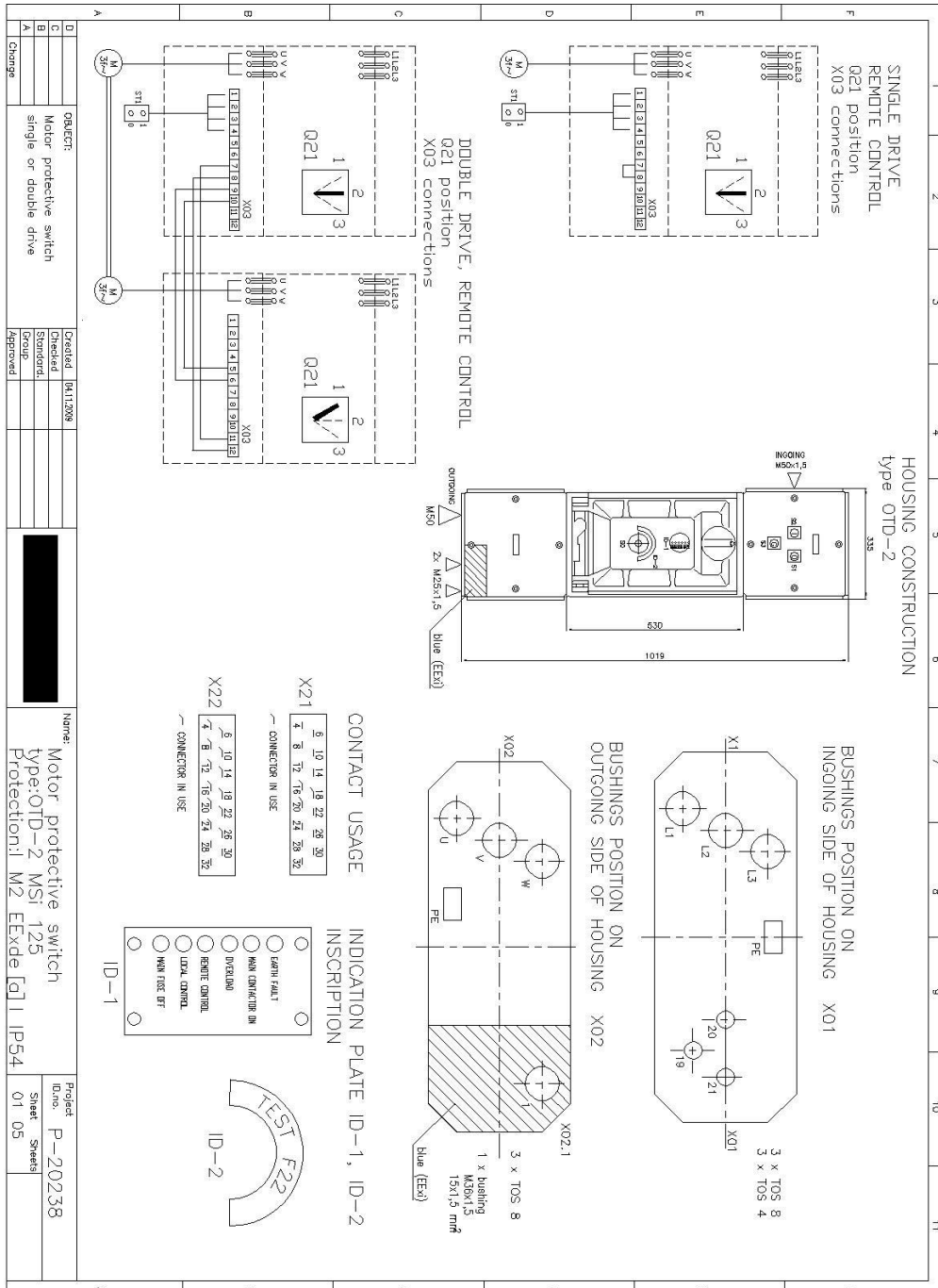
### Spletne strani:

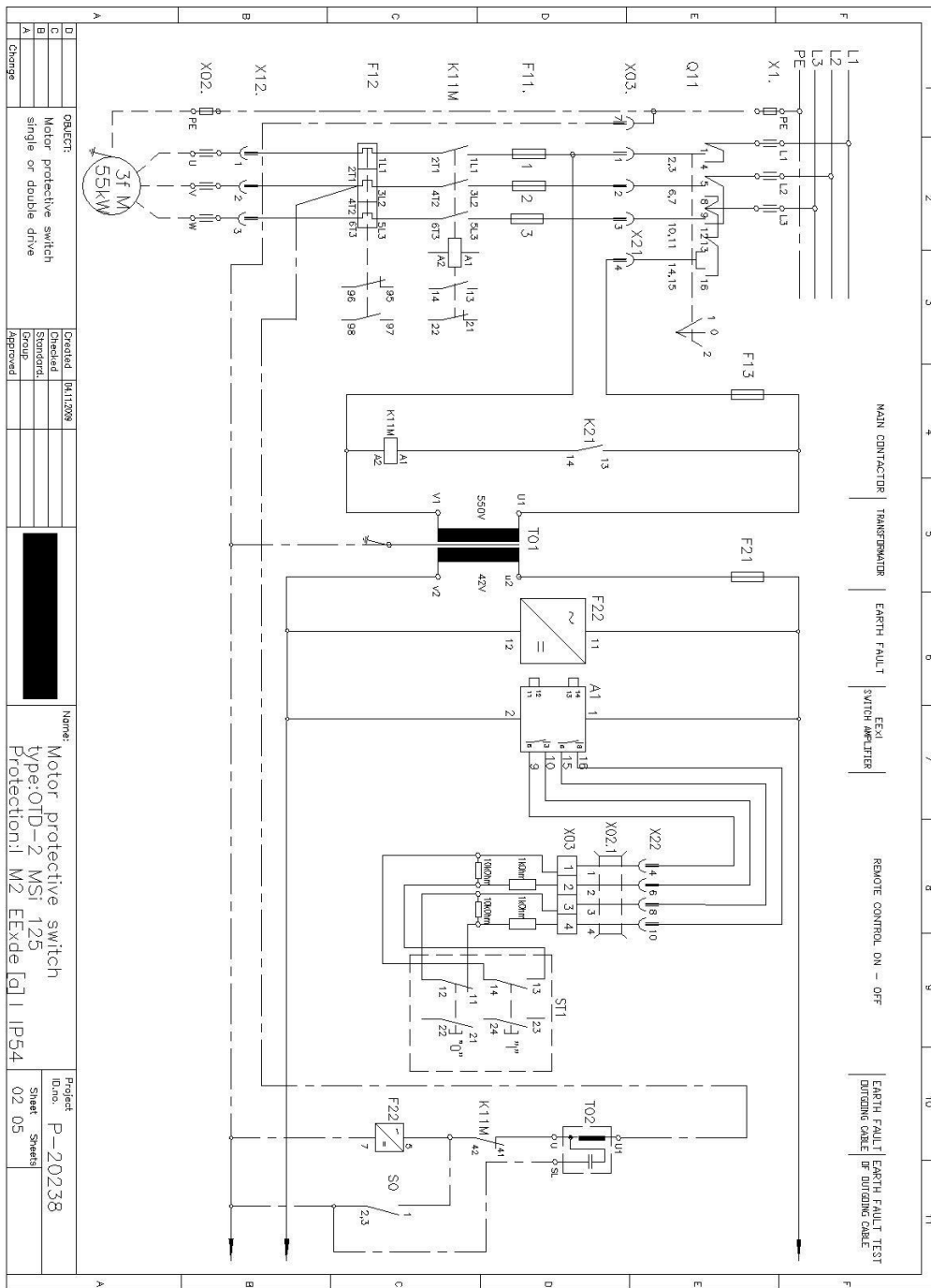
1. Amisco (2017). Pridobljeno 12.01.2017 z naslova <http://www.amisco.it/public/3009%20Ex%20dm.pdf>.
2. BARTEC Top Holding GmbH (2016). Pridobljeno 24.12.2016 z naslova [http://www.bartec.biz/homepage/eng/20\\_produkte/110\\_steuerverbindung/enclosure\\_s-distribution-boxes.asp?ProdID=72](http://www.bartec.biz/homepage/eng/20_produkte/110_steuerverbindung/enclosure_s-distribution-boxes.asp?ProdID=72).
3. Bartec Varnost (2011). Pridobljeno 23.12.2016 z naslova [http://www.bartec-varnost.si/slovenia/slo/10\\_company/s\\_10\\_10.shtml](http://www.bartec-varnost.si/slovenia/slo/10_company/s_10_10.shtml).
4. Control Parts (2017). Pridobljeno 02.01.2017 z naslova <http://controlparts.com/moeller.electric.xstart/p/zb150-70.htm>.
5. Elektroinštitut Milan Vidmar (2013). Pridobljeno 02.01.2017 z naslova <http://www.eimv.si>.

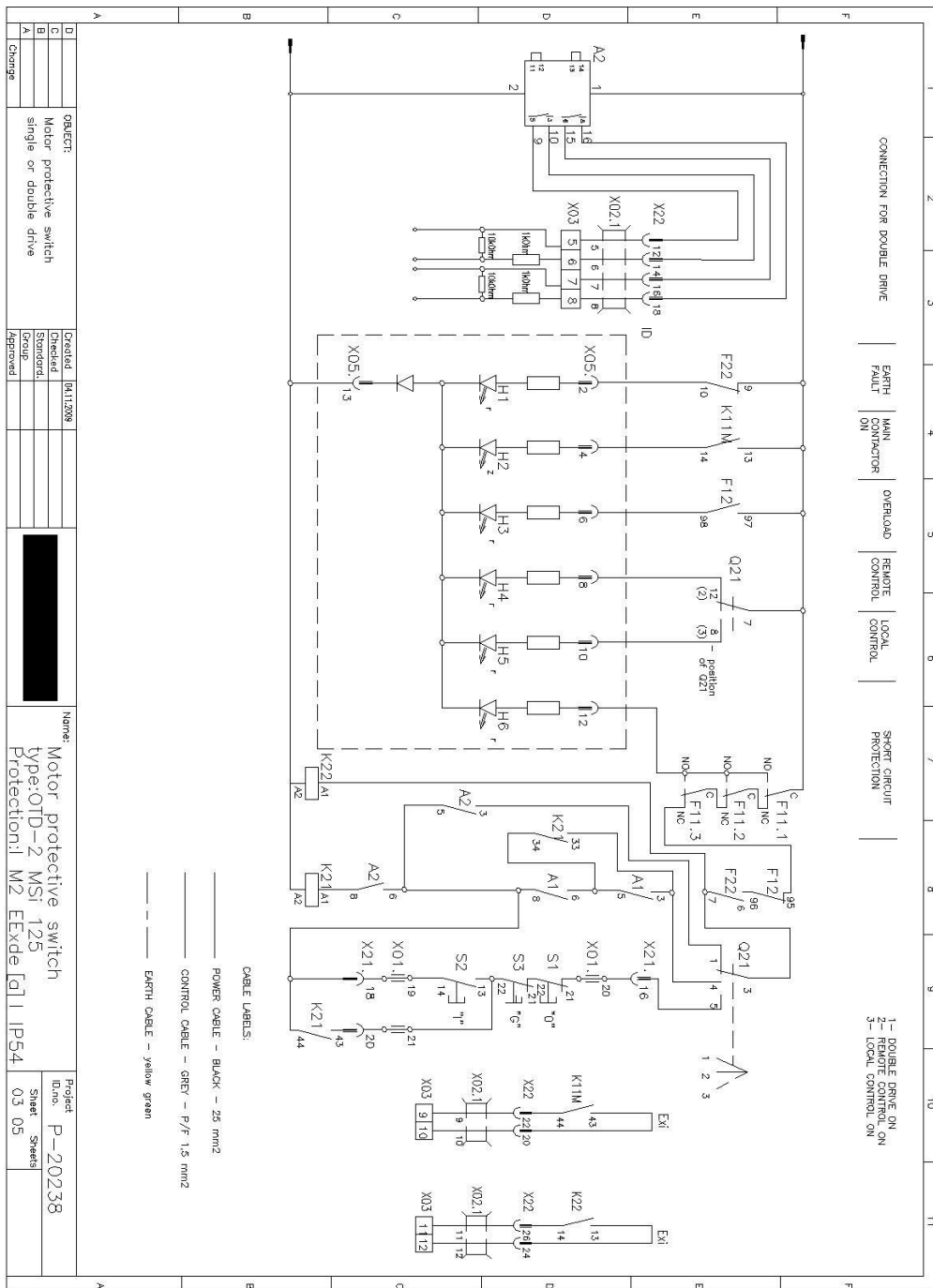
6. Elektronske naprave za nadzorovanje električne mreže (2012). Pridobljeno 05.01.2017 z naslova [http://www.tevel.si/Izdelki-in-resitve/Rudarstvo/Krmilna-oprema.aspx?udt\\_398\\_param\\_detail=851](http://www.tevel.si/Izdelki-in-resitve/Rudarstvo/Krmilna-oprema.aspx?udt_398_param_detail=851).
7. Merkur trgovina, d.d. (2017). Pridobljeno 02.01.2017 z naslova <http://www.merkur.si/gradnja/elektroinstalacije/varovalke-in-zascitna-stikala/talilni-vlozek-eti-nv00-c-gl-gg-500v-20a-nh00-nv100-kombi>.
8. Premier Farnell Limited (2017). Pridobljeno 02.01.2017 z naslova <http://uk.farnell.com/pepperl-fuchs/kfd2-cd-ex1-32-1/isolated-barrier-ex/dp/7219738>.
9. Prom.au (2017). Pridobljeno 06.01.2017 z naslova <http://prom.ua/p273812112kontakt-signalnyj-nvs;all.html>.
10. UpravaRS za zaščito in reševanje (2014). Pridobljeno 25.12.2016 z naslova <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=np38.htm>.

**PRILOGI**

**Priloga 1: Vezni načrt OTD-2 MSi 125 (vir: Bartec Varnost d.o.o)**







	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pieces</th> <th>Function</th> <th>Type, article no., voltage</th> <th>No.</th> <th>Label in schem.</th> <th>Code</th> <th>Built-in</th> <th>Note</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>Bushing - incoming</td> <td>TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5</td> <td>1</td> <td>X01 L1 ; L2 ; L3</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Bushing - outgoing</td> <td>TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5</td> <td>2</td> <td>X02 U1 ; V1 ; W1</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Bushing</td> <td>TOS 4 - 16A ; 690V ; M16X1,5</td> <td>3</td> <td>X01</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Main switch</td> <td>4G 12S 75U</td> <td>4</td> <td>Q11</td> <td>Rade Končar</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Power connector with socket</td> <td>PK 160+connector 160A ; 500V</td> <td>5</td> <td>X11 ; 1 ; 2 ; 3</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Power connector - outgoing</td> <td>PK 160 ; 160A ; 500V</td> <td>6</td> <td>X12 ; 1 ; 2 ; 3</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Fuse</td> <td>NY 100 ; 125A</td> <td>7</td> <td>F1 ; 1 ; 1 ; 2 ; 3</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Signal switch</td> <td>NVS-4 ; 250V ; 5A</td> <td>8</td> <td>F11 ; 1 ; 2 ; 3</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Power contactor</td> <td>DILM15/22 ; 500V ; 50Hz</td> <td>9</td> <td>K11M</td> <td>MOELLER</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Overload relay</td> <td>ZB150 - 70</td> <td>10</td> <td>F12</td> <td>MOELLER</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Connector - Female</td> <td>413 170 Ultramid A3 x 1G7</td> <td>11</td> <td>X21</td> <td>Iskra</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Connector - Male</td> <td>413 673 Ultramid A3 x 1G7</td> <td>12</td> <td>X21</td> <td>Iskra</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse socket</td> <td>ND 25A ; 500V ; E16</td> <td>13</td> <td>F13</td> <td>SIBA</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse hat</td> <td>ND 25A ; 500V ; E16</td> <td>14</td> <td>F13</td> <td>SIBA</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse</td> <td>ND 6A ; 500V ; E16</td> <td>15</td> <td>F13</td> <td>SIBA</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fitting bolt</td> <td>VD 6A ; 500V ; E16</td> <td>16</td> <td>F13</td> <td>SIBA</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse socket</td> <td>DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14</td> <td>17</td> <td>F21</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse hat</td> <td>DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14</td> <td>18</td> <td>F21</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fuse</td> <td>DO 1 ; 6 ; 6A ; zelena ; E14</td> <td>19</td> <td>F21</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Fitting bolt</td> <td>YDO 1 ; 6A ; zelena ; E14</td> <td>20</td> <td>F21</td> <td>ETI</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Transformer</td> <td>ET1-T 500-380/42V ; 50Hz</td> <td>21</td> <td>T01</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Relay</td> <td>ZZS 500/1000</td> <td>22</td> <td>F22</td> <td>Bartec</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Socket</td> <td>TLK 1469</td> <td>23</td> <td>F22</td> <td>Bartec</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Coil</td> <td>Z 500C</td> <td>24</td> <td>T02</td> <td>Bartec</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Multicore bushing</td> <td>M36x1,5 (15x1,5mm)</td> <td>25</td> <td>X02 1</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Indication plate</td> <td>ID-1</td> <td>26</td> <td>ID-1</td> <td>Bartec Varnost</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Switch</td> <td>4G 10-54U</td> <td>27</td> <td>S0</td> <td>Bartec</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Contactor</td> <td>KO3C 31 ; 42V ; 50Hz</td> <td>28</td> <td>K21 ; K22</td> <td>Iskra</td> <td>OT-2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>												Pieces	Function	Type, article no., voltage	No.	Label in schem.	Code	Built-in	Note	3	Bushing - incoming	TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5	1	X01 L1 ; L2 ; L3	Bartec Varnost	OT-2		3	Bushing - outgoing	TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5	2	X02 U1 ; V1 ; W1	Bartec Varnost	OT-2		3	Bushing	TOS 4 - 16A ; 690V ; M16X1,5	3	X01	Bartec Varnost	OT-2		1	Main switch	4G 12S 75U	4	Q11	Rade Končar	OT-2		3	Power connector with socket	PK 160+connector 160A ; 500V	5	X11 ; 1 ; 2 ; 3	Bartec Varnost	OT-2		3	Power connector - outgoing	PK 160 ; 160A ; 500V	6	X12 ; 1 ; 2 ; 3	Bartec Varnost	OT-2		3	Fuse	NY 100 ; 125A	7	F1 ; 1 ; 1 ; 2 ; 3	ETI	OT-2		3	Signal switch	NVS-4 ; 250V ; 5A	8	F11 ; 1 ; 2 ; 3	ETI	OT-2		1	Power contactor	DILM15/22 ; 500V ; 50Hz	9	K11M	MOELLER	OT-2		1	Overload relay	ZB150 - 70	10	F12	MOELLER	OT-2		1	Connector - Female	413 170 Ultramid A3 x 1G7	11	X21	Iskra	OT-2		1	Connector - Male	413 673 Ultramid A3 x 1G7	12	X21	Iskra	OT-2		1	Fuse socket	ND 25A ; 500V ; E16	13	F13	SIBA	OT-2		1	Fuse hat	ND 25A ; 500V ; E16	14	F13	SIBA	OT-2		1	Fuse	ND 6A ; 500V ; E16	15	F13	SIBA	OT-2		1	Fitting bolt	VD 6A ; 500V ; E16	16	F13	SIBA	OT-2		1	Fuse socket	DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14	17	F21	ETI	OT-2		1	Fuse hat	DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14	18	F21	ETI	OT-2		1	Fuse	DO 1 ; 6 ; 6A ; zelena ; E14	19	F21	ETI	OT-2		1	Fitting bolt	YDO 1 ; 6A ; zelena ; E14	20	F21	ETI	OT-2		1	Transformer	ET1-T 500-380/42V ; 50Hz	21	T01	Bartec Varnost	OT-2		1	Relay	ZZS 500/1000	22	F22	Bartec	OT-2		1	Socket	TLK 1469	23	F22	Bartec	OT-2		1	Coil	Z 500C	24	T02	Bartec	OT-2		1	Multicore bushing	M36x1,5 (15x1,5mm)	25	X02 1	Bartec Varnost	OT-2		1	Indication plate	ID-1	26	ID-1	Bartec Varnost	OT-2		1	Switch	4G 10-54U	27	S0	Bartec	OT-2		2	Contactor	KO3C 31 ; 42V ; 50Hz	28	K21 ; K22	Iskra	OT-2	
Pieces	Function	Type, article no., voltage	No.	Label in schem.	Code	Built-in	Note																																																																																																																																																																																																																																												
3	Bushing - incoming	TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5	1	X01 L1 ; L2 ; L3	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Bushing - outgoing	TOS 8 - 100A ; 690V ; M24X1,5	2	X02 U1 ; V1 ; W1	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Bushing	TOS 4 - 16A ; 690V ; M16X1,5	3	X01	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Main switch	4G 12S 75U	4	Q11	Rade Končar	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Power connector with socket	PK 160+connector 160A ; 500V	5	X11 ; 1 ; 2 ; 3	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Power connector - outgoing	PK 160 ; 160A ; 500V	6	X12 ; 1 ; 2 ; 3	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Fuse	NY 100 ; 125A	7	F1 ; 1 ; 1 ; 2 ; 3	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
3	Signal switch	NVS-4 ; 250V ; 5A	8	F11 ; 1 ; 2 ; 3	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Power contactor	DILM15/22 ; 500V ; 50Hz	9	K11M	MOELLER	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Overload relay	ZB150 - 70	10	F12	MOELLER	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Connector - Female	413 170 Ultramid A3 x 1G7	11	X21	Iskra	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Connector - Male	413 673 Ultramid A3 x 1G7	12	X21	Iskra	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse socket	ND 25A ; 500V ; E16	13	F13	SIBA	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse hat	ND 25A ; 500V ; E16	14	F13	SIBA	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse	ND 6A ; 500V ; E16	15	F13	SIBA	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fitting bolt	VD 6A ; 500V ; E16	16	F13	SIBA	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse socket	DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14	17	F21	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse hat	DDO 1 ; 380V ; 16A ; E14	18	F21	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fuse	DO 1 ; 6 ; 6A ; zelena ; E14	19	F21	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Fitting bolt	YDO 1 ; 6A ; zelena ; E14	20	F21	ETI	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Transformer	ET1-T 500-380/42V ; 50Hz	21	T01	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Relay	ZZS 500/1000	22	F22	Bartec	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Socket	TLK 1469	23	F22	Bartec	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Coil	Z 500C	24	T02	Bartec	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Multicore bushing	M36x1,5 (15x1,5mm)	25	X02 1	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Indication plate	ID-1	26	ID-1	Bartec Varnost	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
1	Switch	4G 10-54U	27	S0	Bartec	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
2	Contactor	KO3C 31 ; 42V ; 50Hz	28	K21 ; K22	Iskra	OT-2																																																																																																																																																																																																																																													
Name: LIST OF MATERIAL type: OTD-2 MS 125 Protection: M2 Exde [d] IP54			<table border="1"> <thead> <tr> <th>D</th> <th>C</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> <th>Checked</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									D	C	B	A	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked																																																																																																																																																																																																																												
D	C	B	A	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked	Checked																																																																																																																																																																																																																																								
Project P-20238 Date: 04 05 Sheet: 05 of 05																																																																																																																																																																																																																																																			

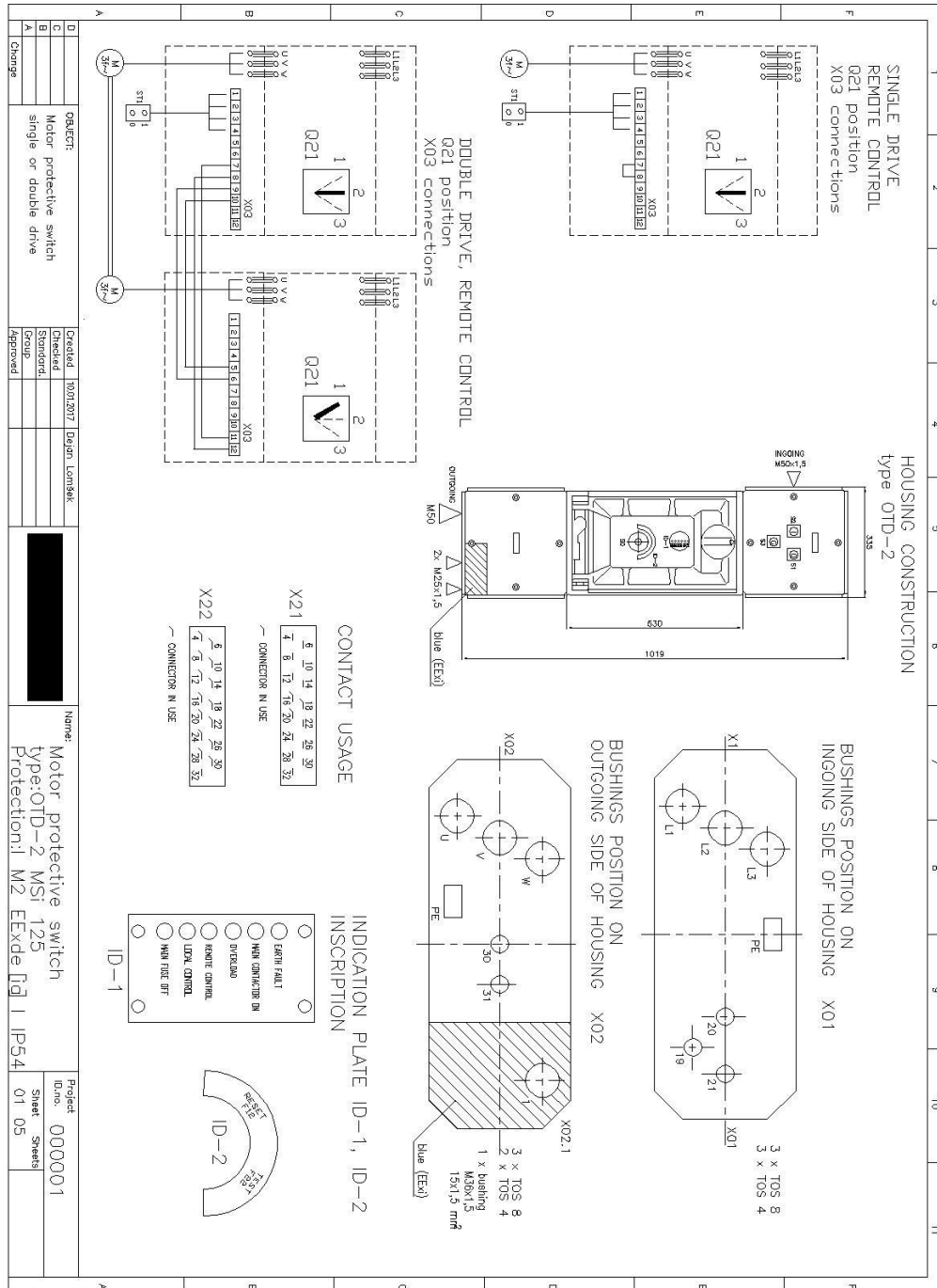
Pieces	Function	Type	article no., voltage	No.	Label in schem.	Code	Built-in	Note
1	Housing	OTD-2		30		Barlec Varnost		
1	Junction box - ingoing	PVO-2		31		Barlec Varnost		
1	Junction box - outgoing	PVO-2		32		Barlec Varnost		
1	Cable gland - ingoing	M50x1.5		33		GOTHE	PVO-2	
1	Cable gland - outgoing	M50x1.5		34		GOTHE	PVO-2	
1	Cable gland	M25x1.5		35		GOTHE	PVO-2	
2	Plug	M25x1.5		36		GOTHE	PVO-2	
12	Terminals	STTB2.5 Exe		37	X03	Phoenix	PVO-2	
2	Switch amplifier	MS 13-22ExO-R		38	A1 : A2	Turck	OT-2	
2	Ending plate	D - STTB2.5		39	X03	Phoenix	PVO-2	
2	Button box - on, off	07-3323-1400 + 05-0003-007000		40	S1 : S2	Barlec	PVO-2	
1	Mushroom button - emergency	07-3323-1100 + 05-0003-000800		41	S3	Barlec	PVO-2	
1	Connector - Female	STV - H11 - F		42	X21	Iskra	OT-2	
1	Connector - Male	STV - H11 - M - VE2		43	X21	Iskra	OT-2	
1	Switch	4G 10-88U		44	Q21	Rade Koncar	OT-2	

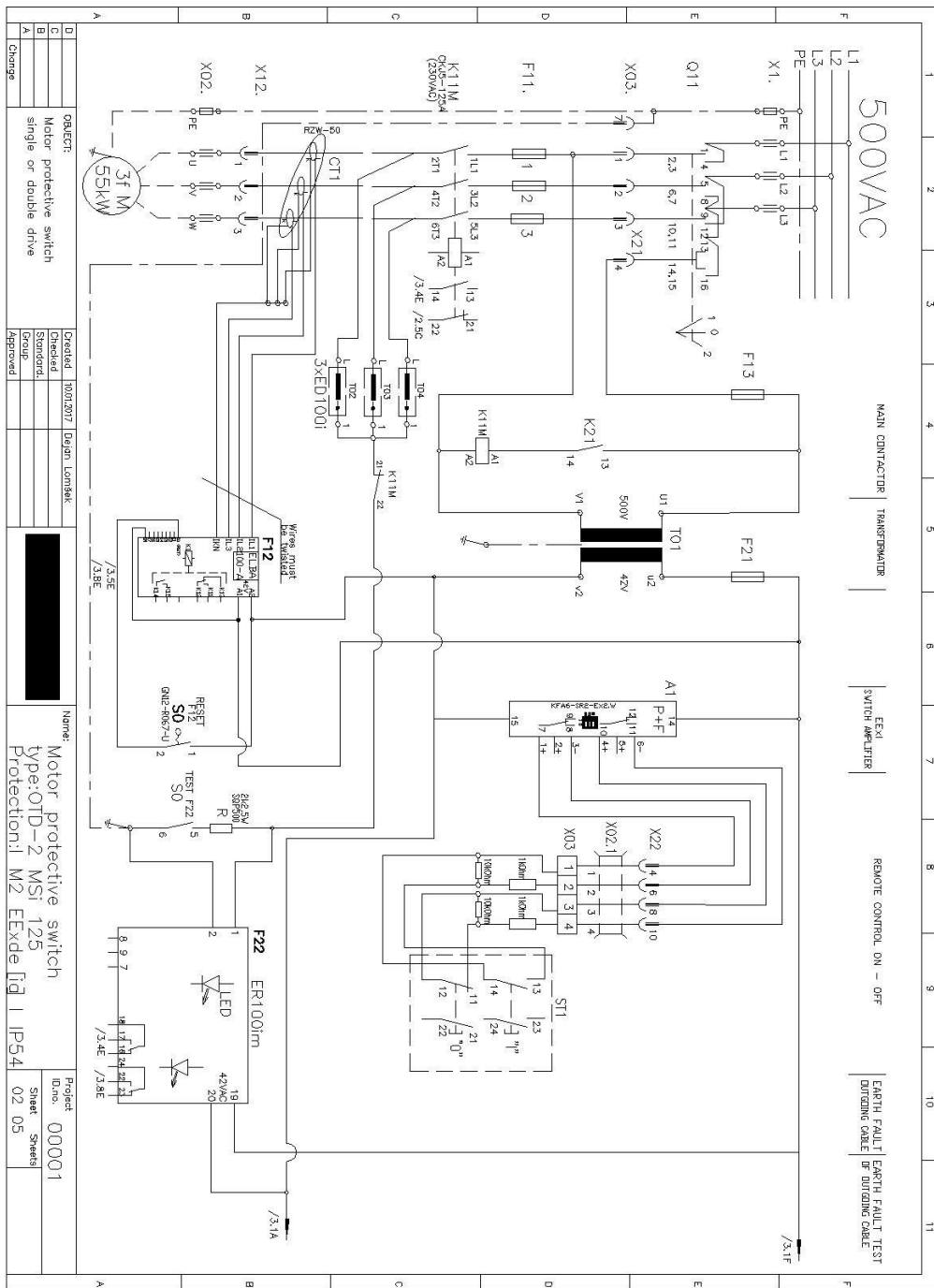
  

D1	product:	Checked:	IM11208	Name:	LIST OF MATERIAL	Project	P-20238
B	Motor protective switch	Standard:		type:OTD-2	MS1 125	Start	Start
A	single or double drive	Group:		Protection:1	M2 Exde [a] I IP54	05 05	Start
	Change	Approved:					

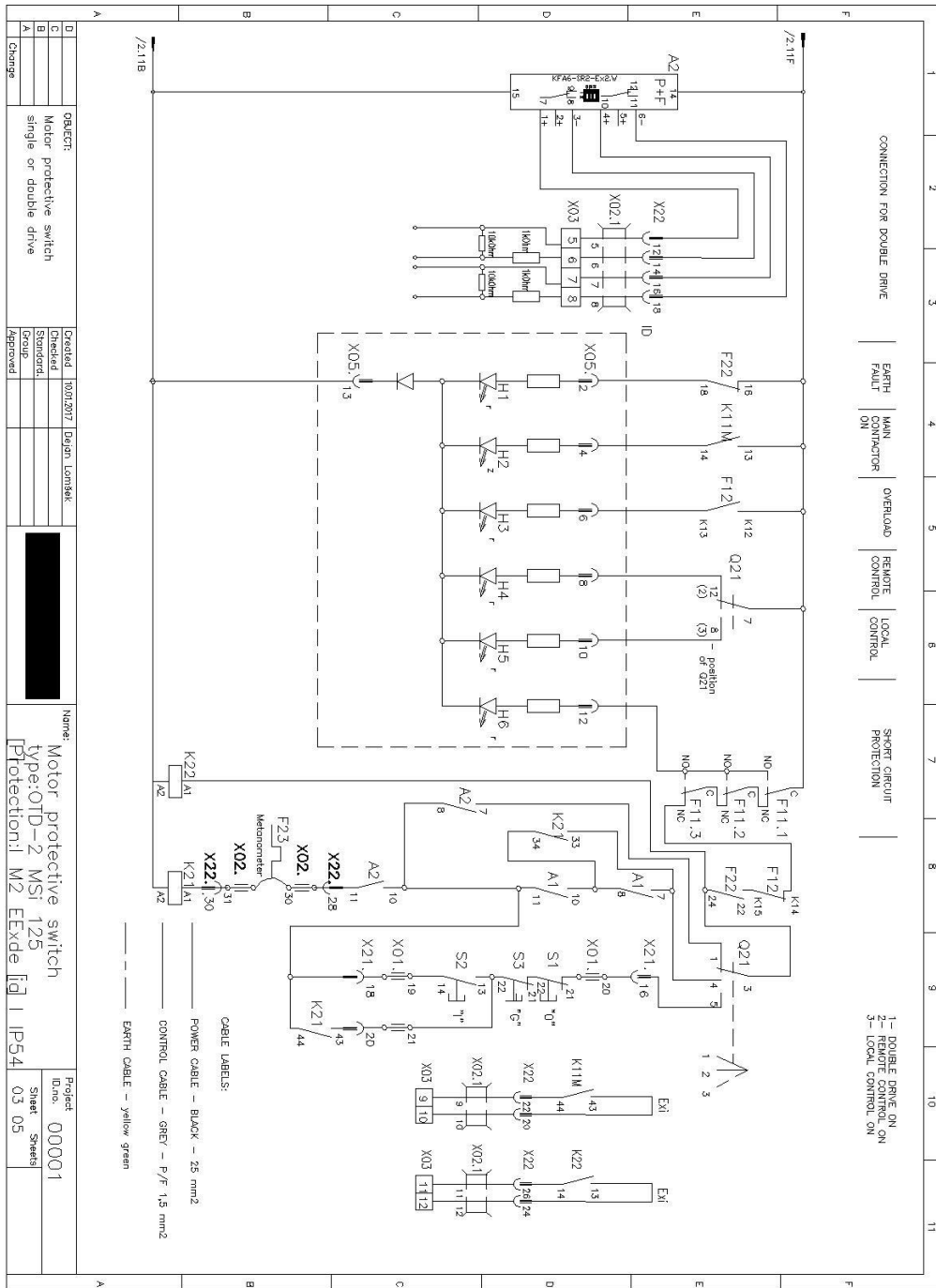


**Priloga 2: Modifikacija obstoječega veznega načrta (vir: lasten)**





D1	product:	Checked:	10/01/2017	Design:	Lomšek	Name:	Motor protective switch	Project	000001
C	Motor protective switch	Standard:				type:OTD-2 MSI 125		Sheet	02
B	single or double drive	Group:				Protection: M2 EExde [i] I pS4		Sheet	05
A	Change	Approved:							



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F											
	<b>Pieces</b>	<b>Function</b>	<b>Type, article no., voltage</b>	<b>No.</b>	<b>Label in schem.</b>	<b>Code</b>	<b>Built-in</b>	<b>Note</b>			
	3	Bushing - ingoing	TOS 8 : 100A : 690V : M24X1,5	1	X01 L1 : L2 : L3	Barlec Varnost	OT-2				
	3	Bushing - outgoing	TOS 8 : 100A : 690V : M24X1,5	2	X02 U1 : V1 : W1	Barlec Varnost	OT-2				
	5	Bushing	TOS 4 : 16A : 690V : M10X1,5	3	X01 : X02	Barlec Varnost	OT-2				
	1	Main switch	4G-125-75U	4	Q11	Rade Končar	OT-2				
	3	Power connector with socket	PK 160+connector 160A : 500V	5	X11 1 : 2 : 3	Barlec Varnost	OT-2				
	3	Power connector - outgoing	PK 160 : 160A : 500V	6	X12 1 : 2 : 3	Barlec Varnost	OT-2				
	3	Fuse	NV100 : 125A	7	F11 1 : 2 : 3	ETI	OT-2				
	3	Signal switch	NVS-4 : 250V : 5A	8	F11 1 : 2 : 3	ETI	OT-2				
	1	Power contactor	CK45-125A : 50Hz	9	K11M	Barlec	OT-2				
	1	Overload relay	ELBA 100	10	F12	BARTEC	OT-2				
	1	Connector - Female	413-170 Ultramid A3 x 167	11	X21	Iskra	OT-2				
	1	Connector - Male	413-673 Ultramid A3 x 167	12	X21	Iskra	OT-2				
	1	Fuse socket	ND 25A : 500V : E16	13	F13	SIBA	OT-2				
	1	Fuse hat	ND 25A : 500V : E16	14	F13	SIBA	OT-2				
	1	Fuse	ND 6A : 500V : E16	15	F13	SIBA	OT-2				
	1	Fitting bolt	VD 6A : 500V : E16	16	F13	SIBA	OT-2				
	1	Fuse socket	DDO 1 : 380V : 16A : E14	17	F21	ETI	OT-2				
	1	Fuse hat	KDO 1 : 380V : 16A : E14	18	F21	ETI	OT-2				
	1	Fuse	DO 1 : 6A : zelena : E14	19	F21	ETI	OT-2				
	1	Fitting bolt	YDO 1 : 6A : zelena : E14	20	F21	ETI	OT-2				
	1	Transformer	ET1 T 500-380/42V : 50Hz	21	T01	Barlec Varnost	OT-2				
	1	Relay	ER 1000m	22	F22	Barlec	OT-2				
	1	Current Transformer	RZW-50	23	CT1	BARTEC	OT-2				
	3	Coil	ED 1001	24	T02 : T03 : T04	Barlec	OT-2				
	1	Multicore bushing	M8x1,5 (16x1,5mm)	25	X02-1	Barlec Varnost	OT-2				
	1	Indication plate	ID-1	26	ID-1	Barlec Varnost	OT-2				
	1	Switch	GN12-R067JU	27	S0	Rade Končar	OT-2				
	2	Contactor	KO3C 31 : 42V : 50Hz	28	K21 K22	Iskra	OT-2				
B											
C											
D											
E											
F											
D1	PARTS:		Created: 10/01/2017	Design: Lomšek							
C	Motor protective switch		Checked:								
B	single or double drive		Standard:								
A			Group:								
A	Change		Approved:								
					Name:		LIST OF MATERIAL		Project ID: 00001		
							type: OTD-2 MS1 125		Sheet: 04		
							Protection: I M2 Exde [d] I IP54		Sheet: 05		

D	E	F	1	Housing	OTTD-2	30		Bartec Vãmost								
			1	Junction box - incoming	PVO-2	31		Bartec Vãmost								
			1	Junction box - outgoing	PVO-2	32		Bartec Vãmost								
			1	Cable gland - ingoing	M50x1.5	33		GOTHE	PVO-2							
			1	Cable gland - outgoing	M50x1.5	34		GOTHE	PVO-2							
			1	Cable gland	M25x1.5	35		GOTHE	PVO-2							
			2	Plug	M25x1.5	36		GOTHE	PVO-2							
			12	Terminals	STTB2.5 Exe	37	X03	Phoenix	PVO-2							
			2	Switch amplifier	KFA6-SR2-EX2 W	38	A1 : A2	P+F	OT-2							
			2	Ending plate	D - STTB2.5	39	X03	Phoenix	PVO-2							
			2	Button box - on, off	07-3323-1400 + 05-0003-007000	40	S1 : S2	Bartec	PVO-2							
			1	Mushroom button - emergency	07-3323-1100 + 05-0003-000800	41	S3	Bartec	PVO-2							
			1	Connector - Female	STV - H11 - F	42	X21	Iskra	OT-2							
			1	Connector - Male	STV - H11 - M - VE2	43	X21	Iskra	OT-2							
			1	Switch	4G 10-98U	44	Q21	Rade Končar	OT-2							
1	Resistance	ZK2: 5W: 5%: S.QP500	45	R	UTM	OT-2										
A	B	C	D	E	F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

D1	Product:	Checked:	10/01/2017	Design:	Lomšek	Name:
C	Motor protective switch	Checked:				
B	single or double drive	Standard:				
A		Group:				
	Change	Approved:				Project
						Date:
						00001
						Sheet
						05 05
						Sheet
						05 05
						Sheet

LIST OF MATERIAL  
 type: OTD-2 MS1 125  
 Protection: I M2 Exde [d] I IP54