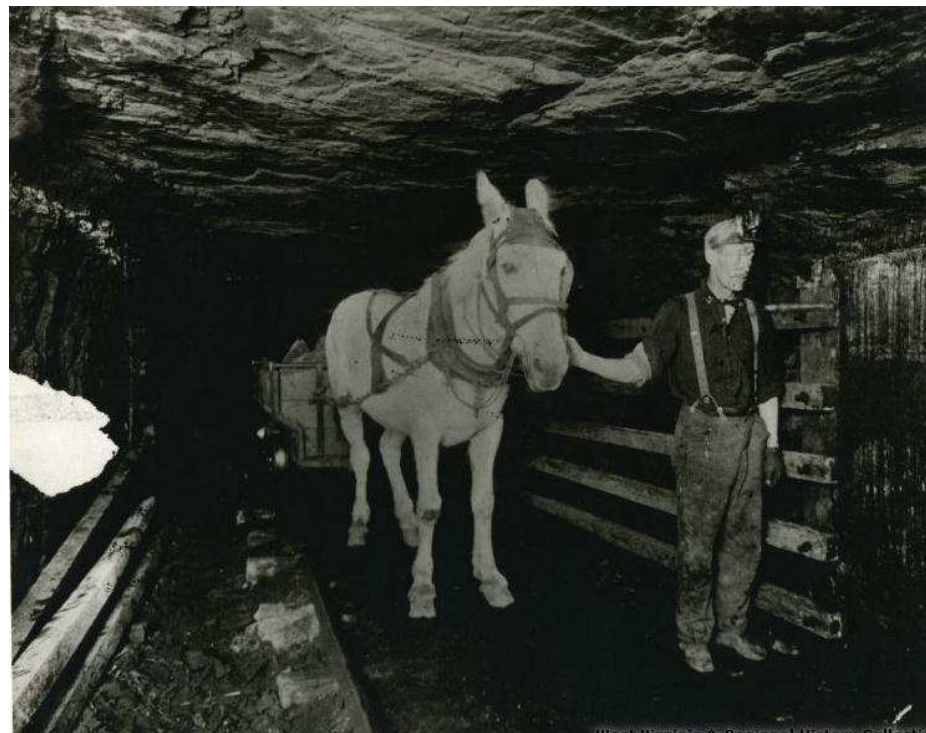
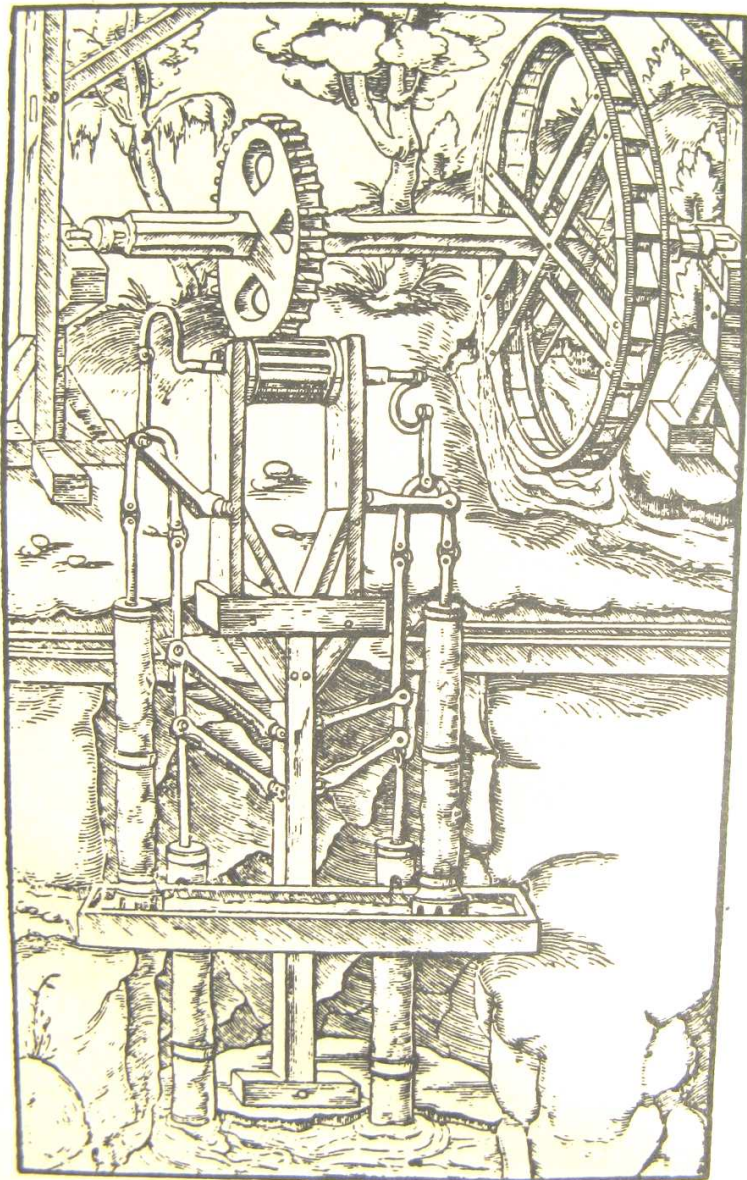


POČETAK

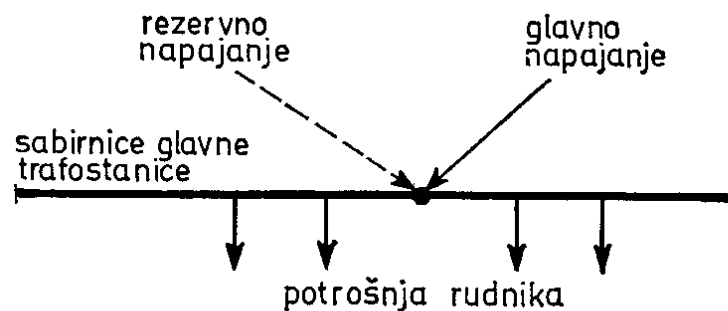


RUDNIČKA ELEKTRIČNA POSTROJENJA I JAMSKA MREŽA

1882. Engleska, "Trafalgar", crpka 4KS (3kW), Francis Brain

Napajanje rudnika električnom energijom

Sigurnost napajanja



PODATAK	JED.	SADAŠ.	PER-SPEKT.
Rasklopna snaga kratkog spoja	MVA		
Vršna vrijednost ud. str. kr. spoja	kA		

Osnovni podaci napajanja rudnika električnom energijom

I - Pogoni kojih zastoj može ugroziti ljudske živote:

- a) glavni ventilatori;
- b) glavna crpna stanica;
- c) uređaji za signalizaciju, dojavu i protuhavarijsku obranu.

II – Pogoni kod kojih zastoj u nenormalnim prilikama, npr. kod nesreće, mogu povećati broj žrtava zaposlenog osoblja ili uzrokovati veće materijalne štete:

- a) glavni transport osoblja iz jame (izvozni strojevi, glavni izvoz itd.);
- b) glavni jamski transport izvan eksploatacijskih revira (kolni transport):
- c) rasvjeta čvornih mjesta u jami oko glavnoga izvoznog transporta.

III - Pogoni kod kojih je zastoj od bitnog značenja za proizvodnju rudnika, a time i za ekonomičnost eksploatacije:

- a) kompresorske stanice;
- b) crpne stanice;
- c) ventilatori;
- d) glavni sabirni transport po revirima.

IV - Pogoni za dobivanje i transport u eksploatacijskim revirima, rasvjeta i signalizacija u reviru

V - Pomoćni pogoni koji nisu bitni ni za sigurnost pogona ni za tehnološki proces proizvodnje

»topla rezerva« - pogon je moguć bez ikakvih montažnih zahvata i može se uvijek staviti u pogon, priključak pod naponom, ali bez opterećenja;

»hladna rezerva« - pogonski je uređaj uvijek u ispravnom stanju, spreman za brzu montažu kao zamjena za oštećeni uređaj (obično je to samo priključak, a priključno mjesto nije trajno pod naponom)

SIGURNOST NAPAJANJA

I grupa ugroženi životi	Osiguravaju se rezervni agregati priključeni na dvostruko napajana mjesta. Osigurana je potpuna »topla rezerva«.
II grupa kod nesreća više žrtava	Priključuju se jednostrukim vezama, ali na dvostruko napajana mjesta. Osigurava se »topla rezerva« na priključno mjesto, a »hladna rezerva« je samog uređaja.
III grupa utječe na proizvodnju	Dovoljne su jednostruke veze, ali još uvijek na sigurno dvostruko napajano mjesto, no s »hladnom rezervom«.
IV grupa pogon, transport rasvjeta	Zadovoljavamo se hladnom grupnom rezervom pogona i priključnog mjesta.
V grupa pomoćni pogoni	Rezerva pogona nije prijeko potrebna, ali u standardiziranim tehnološkim jedinicama grupna je rezerva poželjna iz ekonomskih razloga.

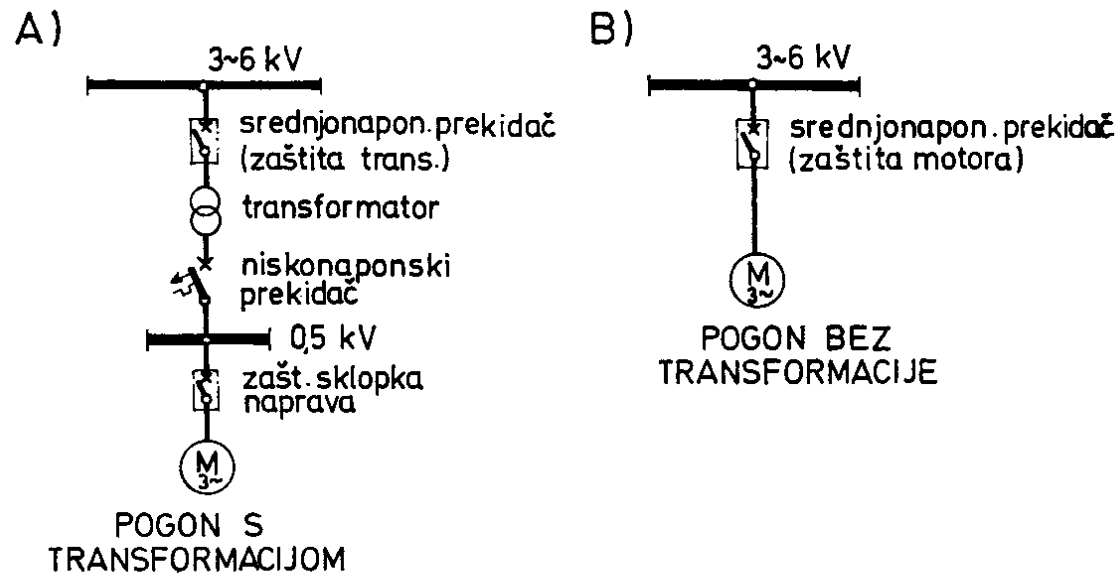
SIGURNOST PRIKLJUČKA ELEKTRIČNIH UREĐAJA

GRUPA	Priključno mjesto		Rezerva (uređaj)		Priključni vod	
	Dvostruko napajanje	Jednostruko napajanje	Topla	Hladna	Dvostruki	Jednostruki
I	obvezno	—	obvezno	—	obvezno	—
II	„	—	obvezna za — priključno mjesto		poželjno	moguće
III	„	—	—	dovoljno	—	dovoljno
IV	—	dovoljno	—	grupna rezerva	—	„
V	—	„	—	—	—	„

Izbor napona

Srednjenaponska mreža



elektrodistribucija nudi priključak na (10 kV), 20 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV i 440 kV za napojnu mrežu rudnika 2 kV, 3,3 kV, 4,4 kV i 5 kV, a u nemetanskim jamama i do 11 kV za rudnike s eksplozivnom atmosferom 6 kV



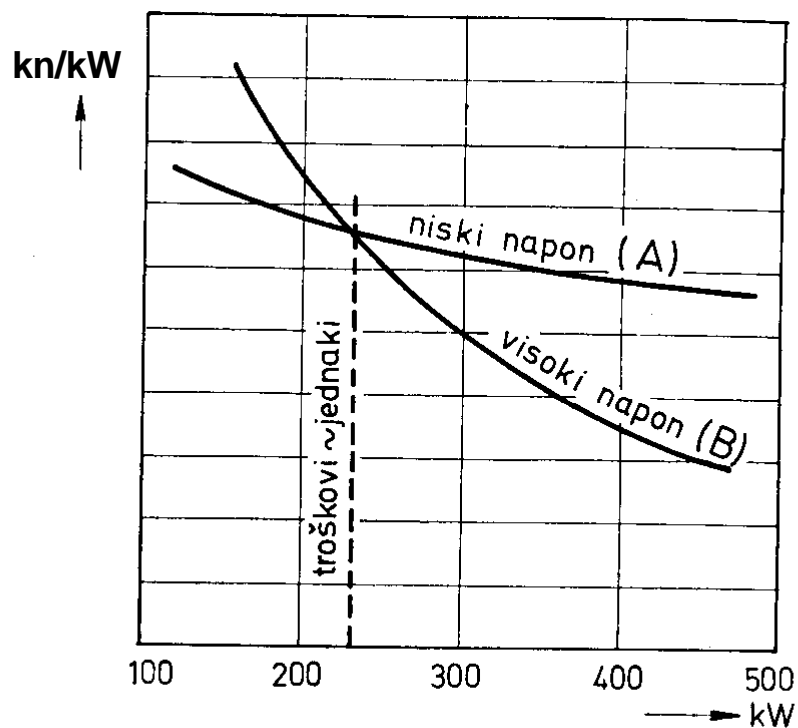
Napajanje većih pogona nižim i srednjim naponom

- varijanta A: troškovi zbog transformatora i niskonaponskog prekidača za upravljanje motorom
- varijanta B : troškovi motora za izvedbu visokonaponskog namota



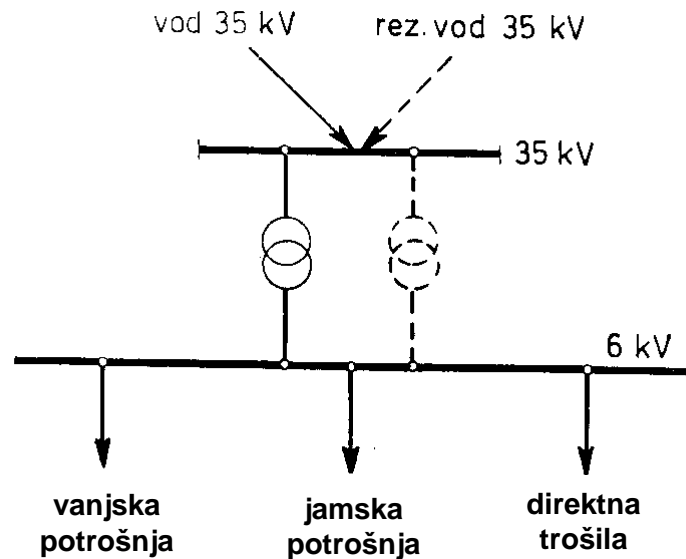
-  ekonomski vjerojatno za sve slučajeve
-  ekonomska i tehnička opravdanost ovisna od slučaja do slučaja

Izbor napona za pogone većih snaga



za odvodnjavanje

Troškovi izgradnje postrojenja napajanih niskim i srednjim naponom

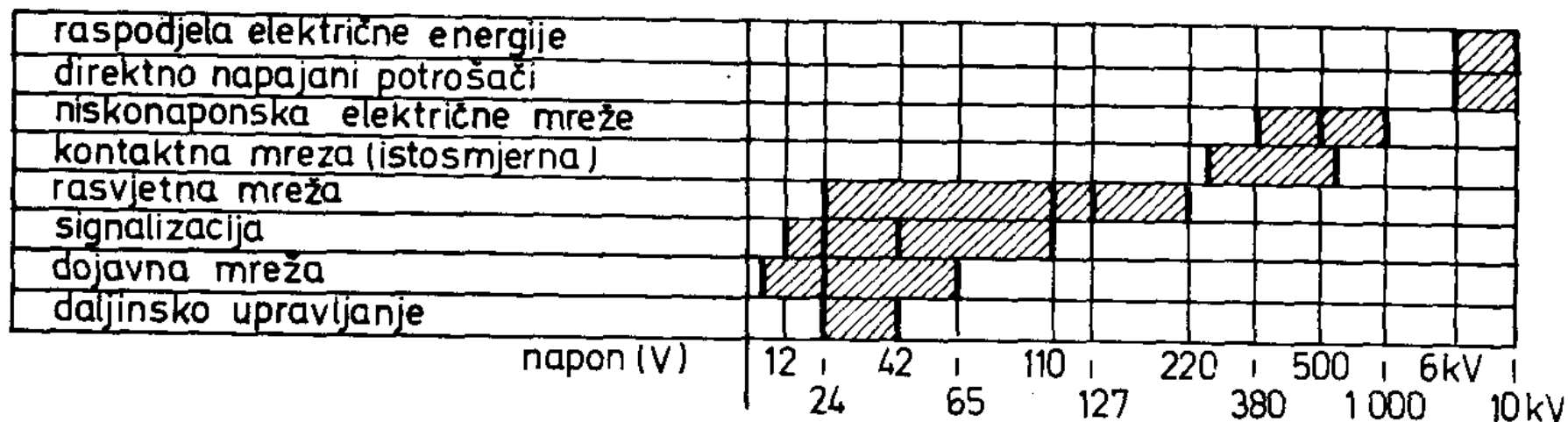


Napajanje električnom energijom rudnika

Niskonaponske mreže

danas u rudnicima uglavnom 380 do 500 V, a u istočnim se zemljama 660 V

- a – kontaktna mreža 250 i 500 V ovisno o duljini i intenzitetu transporta
- b – rasvjeta 220, 110, 24 V
- c – signalizacija 110, 42, 24, 12 V ovisno o karakteru sustava signalizacije
- d – dojava 65, 24 V ovisno o sustavu
- e – daljinsko upravljanje 24, 42 V



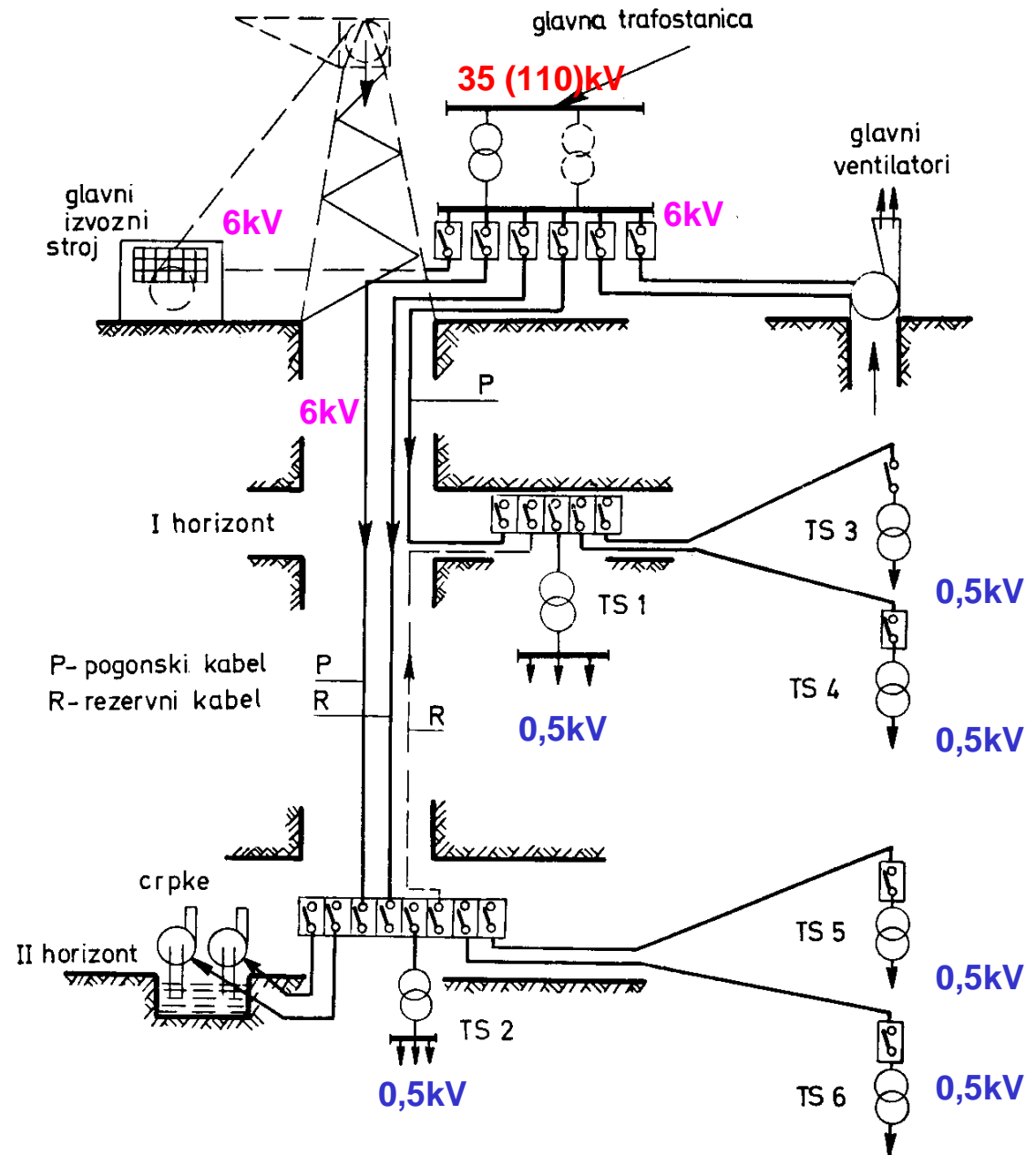
Pregled napona u rudničkim postrojenjima

Srednjenaponska postrojenja u jami

Srednjenaponska mreža rudnika s jamskom eksploatacijom

najprikladniji spojevi TS-a
Yy0 s naponima 6/2x0,5kV
(može 0,5 i 1kV)

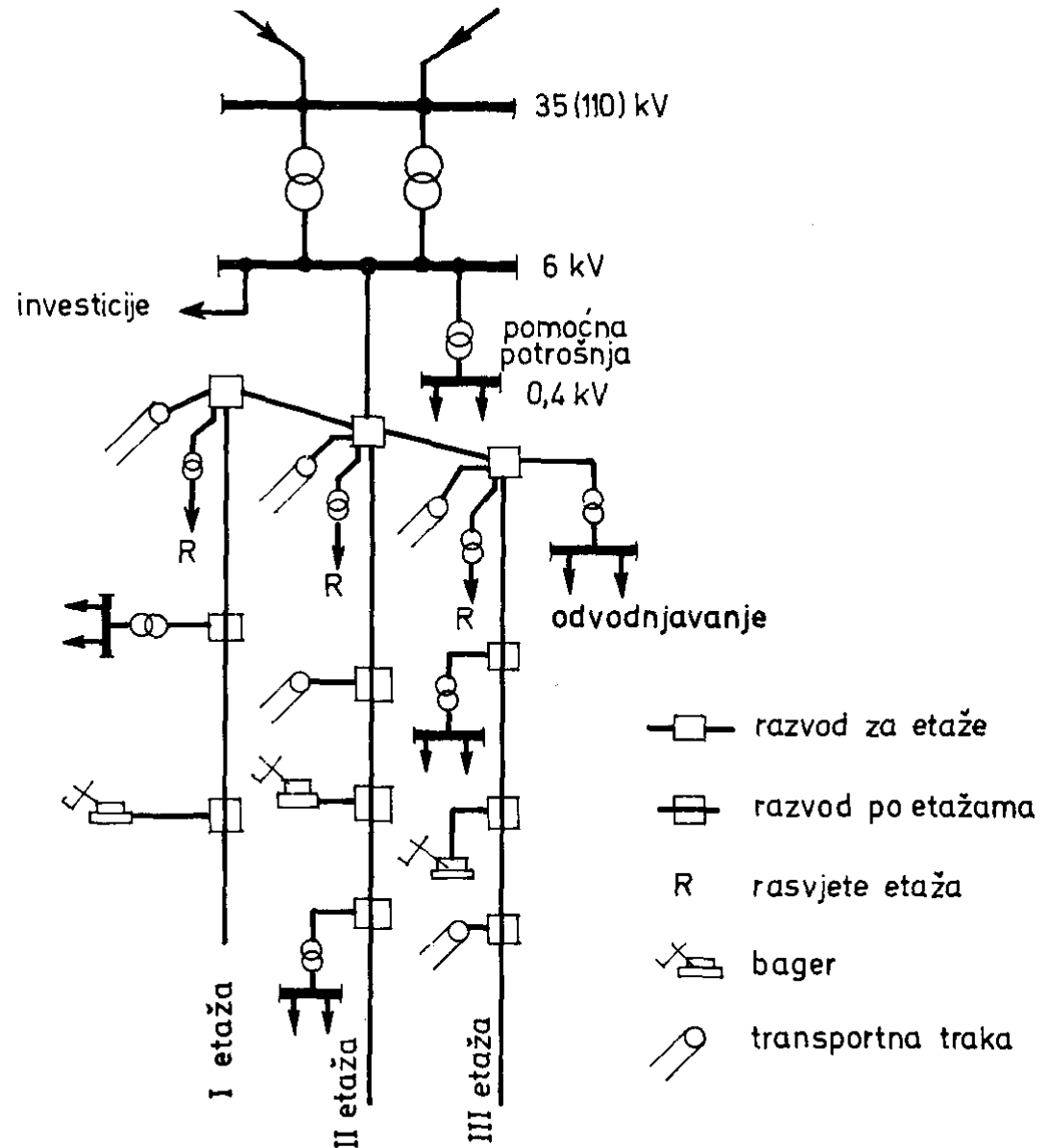
najprikladnija zaštita
IT sustav



Opskrba podzemnih rudnika električnom energijom

**Srednjenaponska mreža
rudnika s površinskom
eksploatacijom**

- najprikladnija zaštita**
 - IT sustav sa selektivnom
 zemljospojnom zaštitom
 - TN S sustav



Opskrba dnevnog kopa električnom energijom

Elementi sklopnih i razvodnih postrojenja srednjeg napona

rastavljač - vidljivo odvajanje, bez opterećenja

rastavna sklopka - vidljivo stanje, isklapa I_n ali ne KS

rastavni prekidač - vidljivo stanje, uklapa I_n , isklapa ograničeni KS

prekidač - uklapa I_n , isklapa KS

sklopnik - uklapa uputnu / motora, isklapa / zakočenog motora

osigurač - prekidanje iznad određene struje

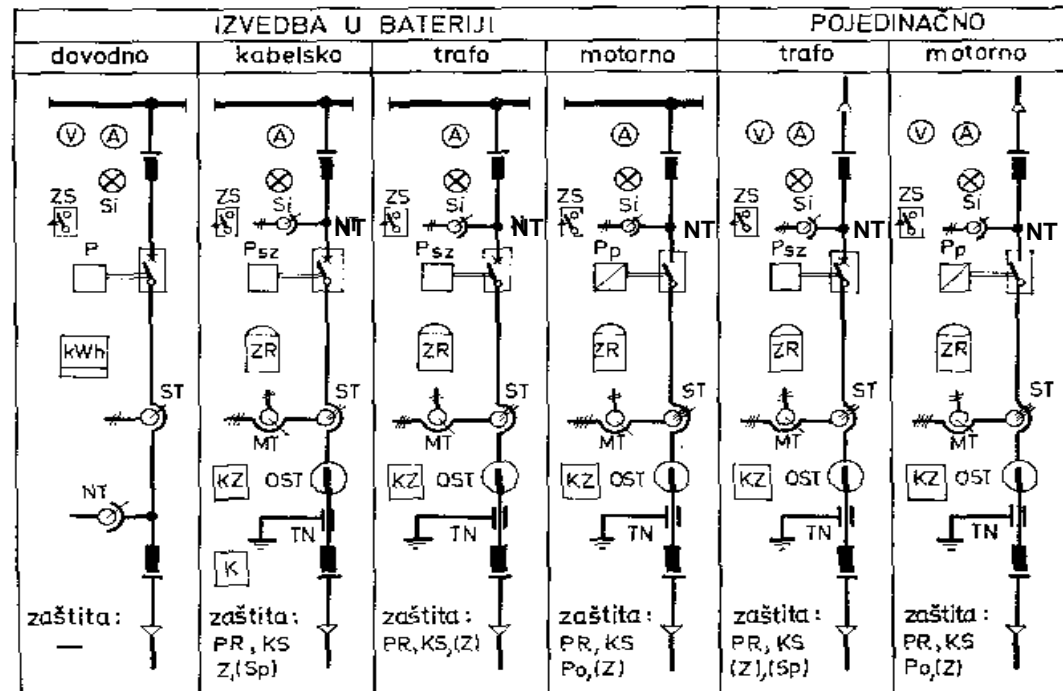
okidač - naprava za okidanje mehanizma

zaštitni rele - za isklapanje sklopnog aparata

primarna zaštita - struja zaštićenog kruga izravno djeluje na mehanizam

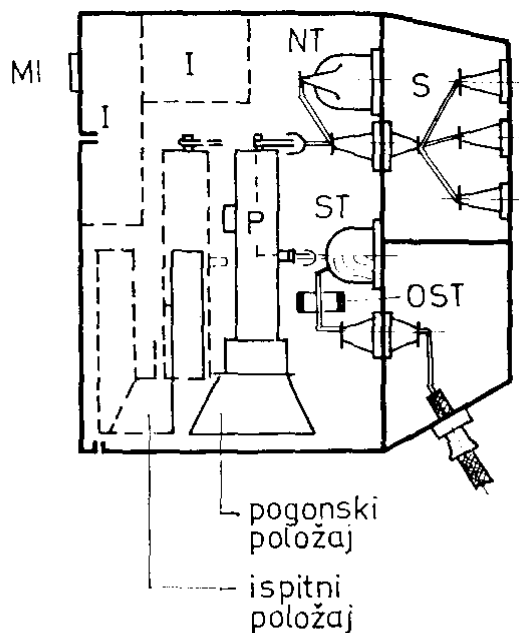
sekundarna zaštita - struja šticećenog kruga se transformira pa djeluje na zaštitni rele

Srednjenaponska tipna sklopna polja



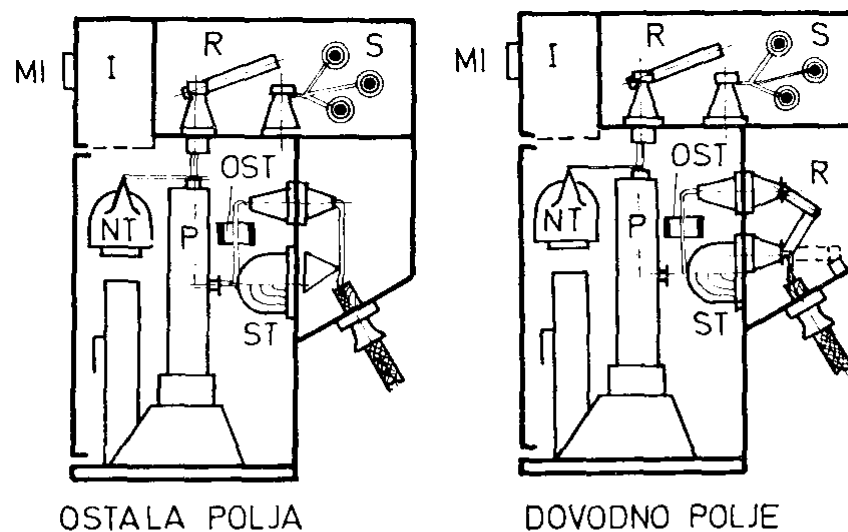
- P — prekidač ili rastavna sklopka bez zaštite
 P_{sz} — zaštitni prekidač sa strujnim okidačem
 P_p — motorski zaštitni prekidač sa podnaponskim okidačem
 ZS — zaštitna sklopka pomoćnog napona
 S_i — signalna sijalica
 ZR — zaštitni relej za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja
 MT — međutransformator za sumiranje struja i aktiviranje zaštitnog releja i strujnog okidača
 NT — naponski mjerni transformator (za mjerenje i zaštitu)
 ST — strujni mjerni transformator (za mjerenje i zaštitu)
 OST — sumirajući transformator (s obuhvatnom jezgrom) za strujnu zemljospojnu zaštitu
 TN — transformator napona greške (kapacitivni transformator)
 KZ — kontrolnik zemljospoja, usmjerena strujna zaštita od zemljospoja,
 K — kontrolnik kabela, usmjerena zaštita od zemljospoja i zaštita oštećenja kabela i kontrola uzemljenja trošila
 kWh — mjerenje energije
 V — voltmetar
 A — ampermetar
 Značenje zaštita:
 PR — preopterećenje, KS — kratki spoj
 Z — zemljospoj, Sp — posebna zaštita kabela i uzemljenje trošila, Po — podnaponska zaštita, () — znači alternativa sa i bez takve zaštite.

Tipske rudničke srednjenaponske jedinice



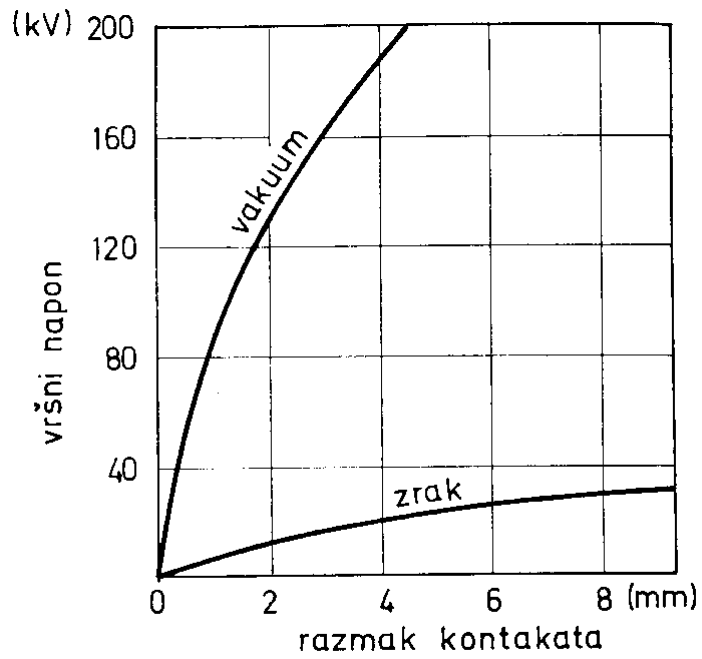
Izvedba rudničke srednjenaponske jedinice sa izvlačivom sklopnom jedinicom

- P — sklopni uređaj (prekidač)
- MI — mjerni instrumenti
- I — kontrolni, zaštitni ili mjerni uređaj
- NT — naponski transformator
- ST — strujni transformator
- S — sabirnice
- OST — sumirajući strujni transformator



Izvedba rudničke srednjenaponske jedinice s fiksnim jedinicama

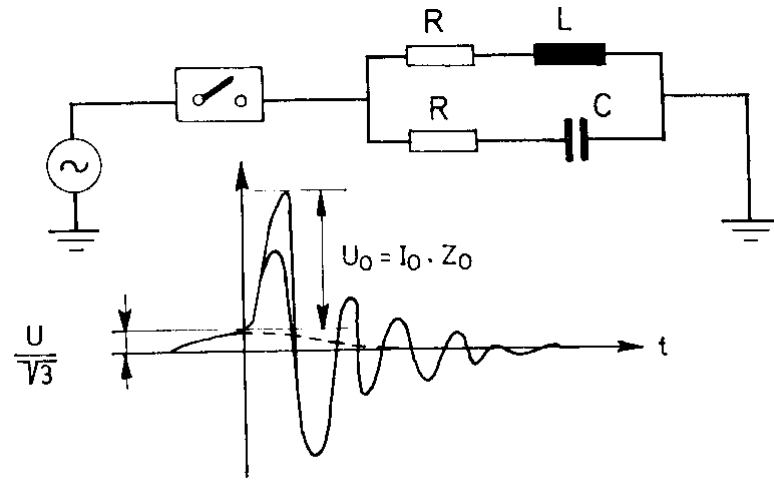
- P — sklopni uređaj (prekidač)
- R — rastavljač
- MI — mjerni instrumenti
- I — kontrolni, zaštitni ili mjerni uređaj
- NT — naponski transformator
- ST — strujni transformator
- S — sabirnice
- OST — sumirajući strujni transformator



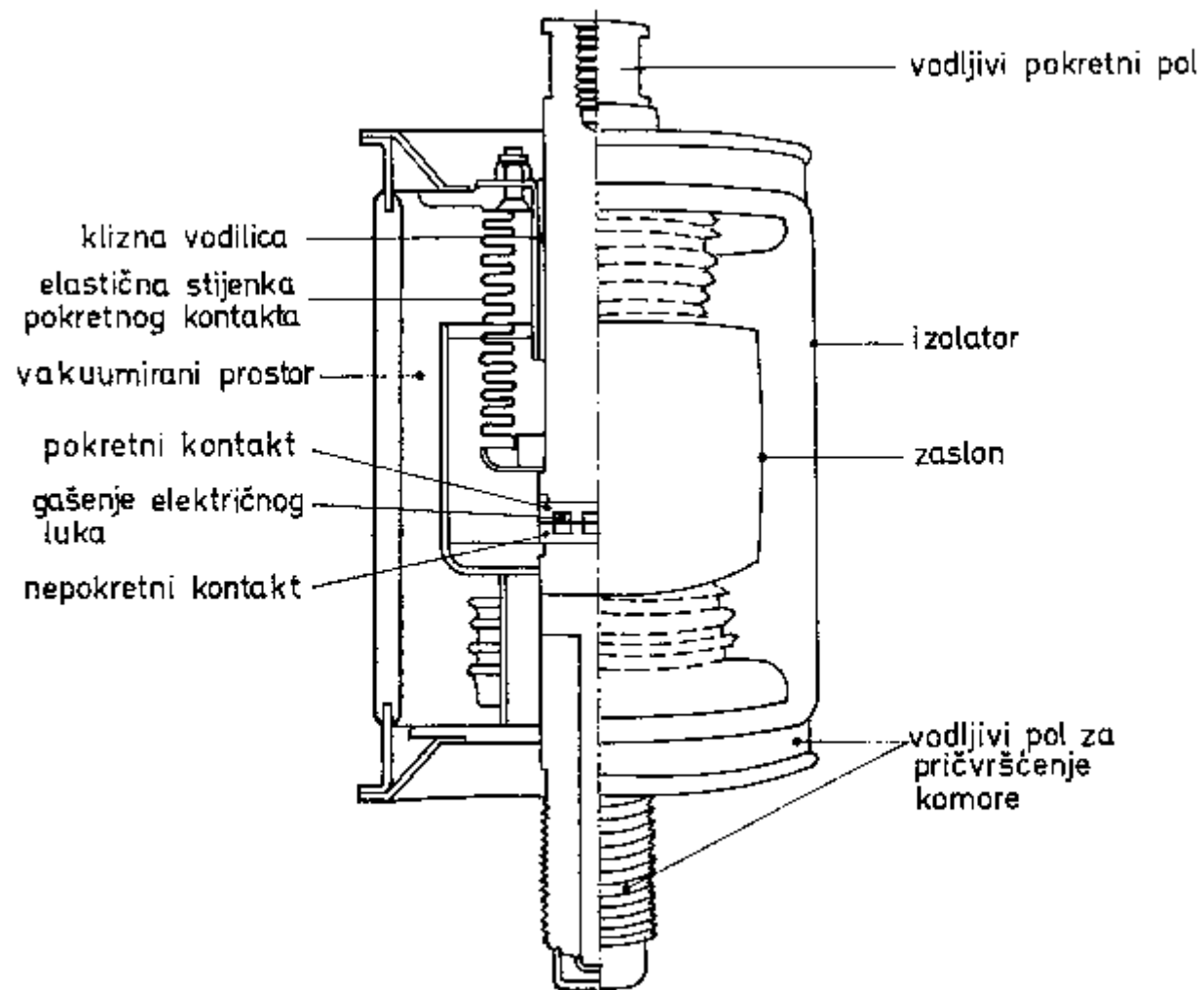
Izolacijska sposobnost vakuuma

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$U_p = \frac{U}{\sqrt{3}} + I_0 \cdot Z_0$$



Prenaponi kod prekida struje trošilima srednjeg napona

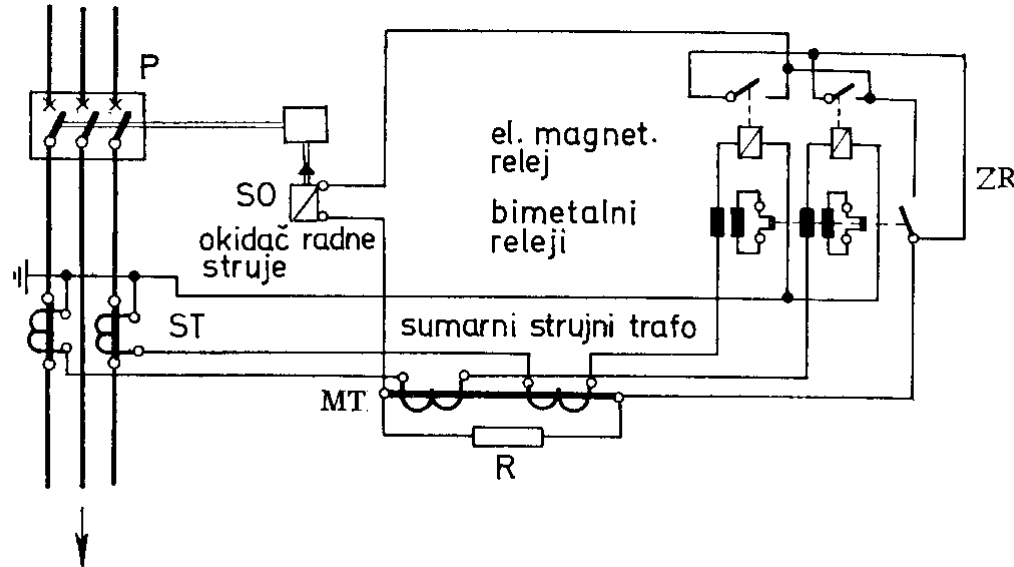


Komora sa sklopnim kontaktima u vakuumu



Osnovne karakteristike polja izvedenih sa zaštitnim prekidačem

kabelsko polje



- a) preopterećenje
- b) kratki spoj
- c) zemljospoj
- d) oštećenje kabela i uzem. trošila
- e) pomoćni napon

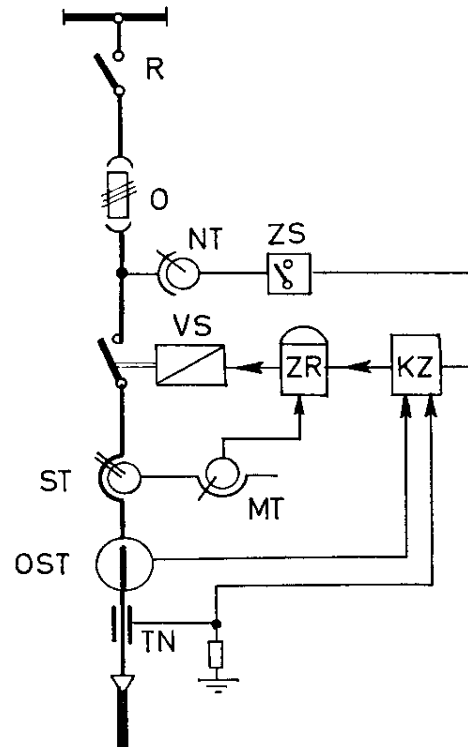
Zaštita od preopterećenja i kratkog spoja sa strujnim okidanjem bez pomoćnog napona

transformatorsko polje (a + b + d + e)

motorsko polje (a + b za svaku fazu + c + e)

dovodno polje

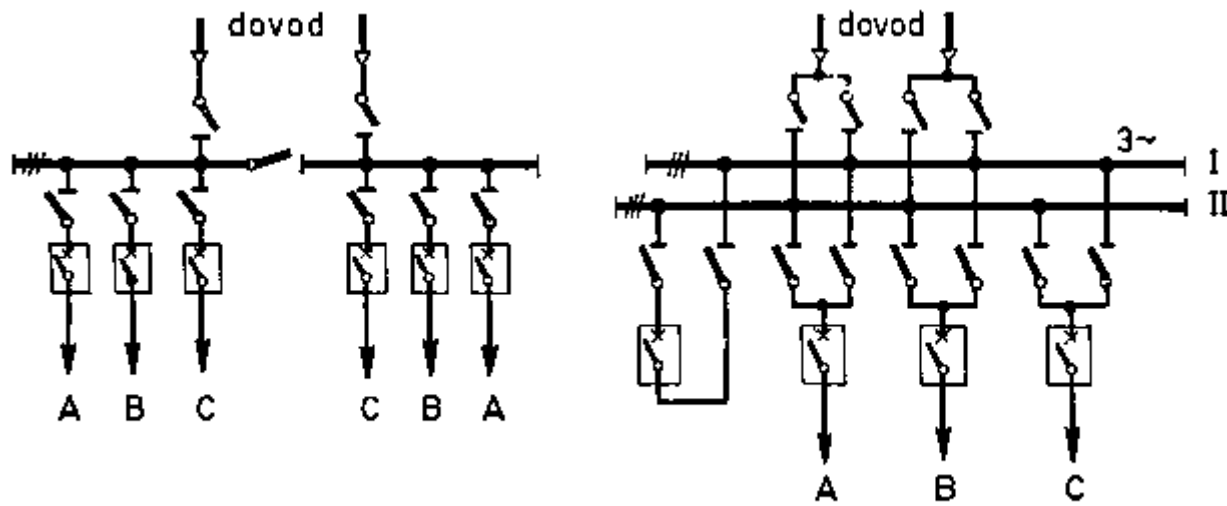
Osnovne karakteristike polja izvedenih sa sklopnikom



- R — rastavljač
- O — osigurači
- VS — vakuumski (ili SF₆) sklopnik
- NT — naponski transformator
- ZS — zaštitna sklopka pomoćnog napona
- ZR — zaštitni relej za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja
- KZ — usmjerena zemljospojna zaštita
- ST — strujni transformatori
- MT — međutransformator za sumiranje struja i aktiviranje zaštitnog releja i strujnog okidača
- OST — sumirajući transformator (s obuhvatnom jezgrom) za strujnu zemljospojnu zaštitu
- TN — transformator napona greške (kapacitivni transformator)

Rudnička srednjenaponska jedinica s vakuumskim sklopnikom i rastalnim osiguračima

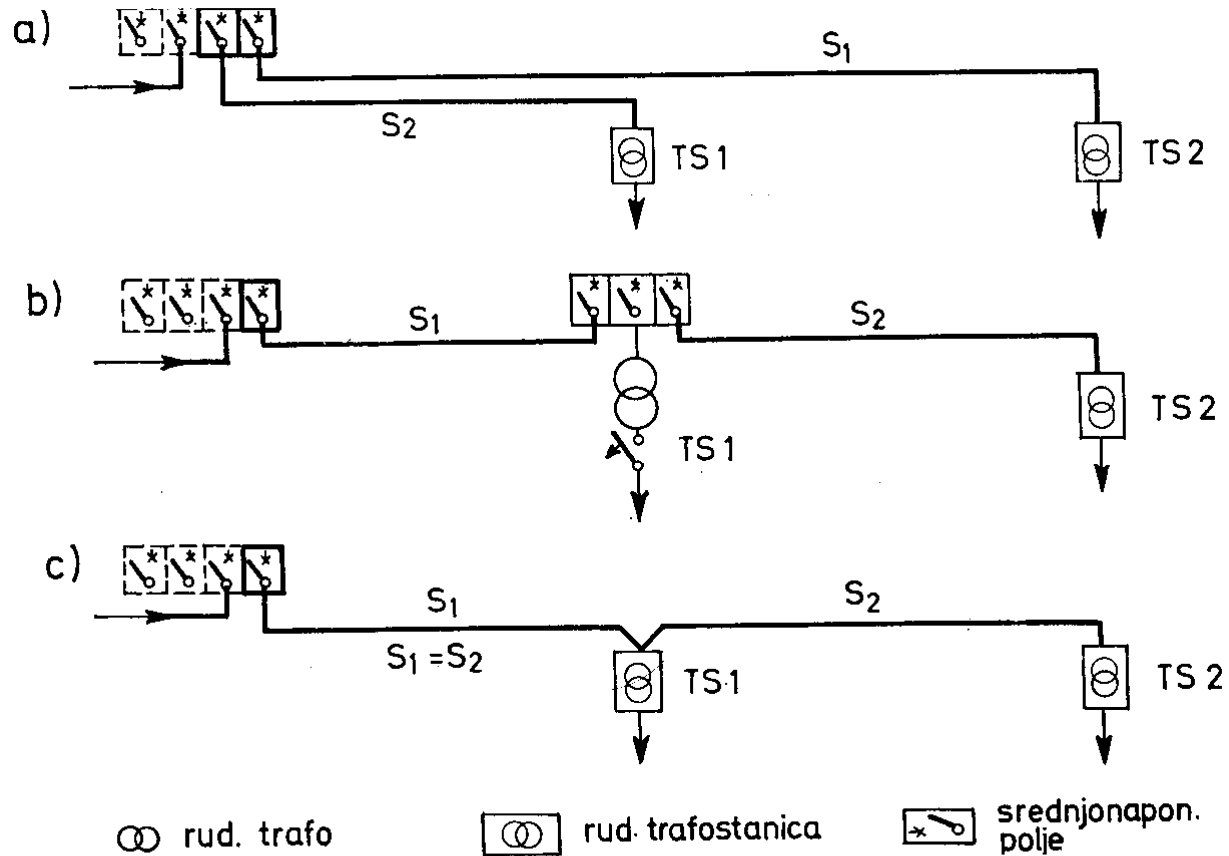
Sabirnice



Jednostruke i dvostruke sabirnice

Napajanje i lokacija jamskih trafostanica

Napajanje jamskih trafostanica



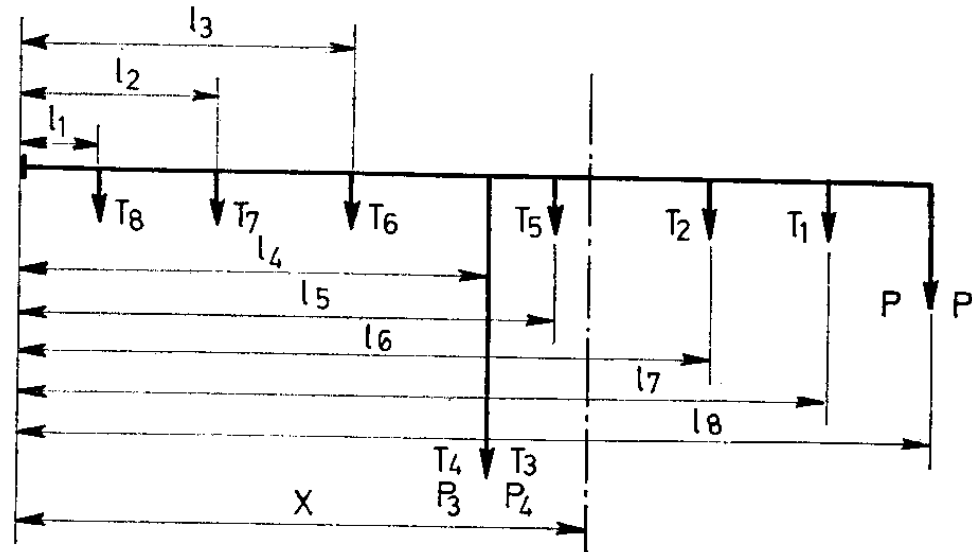
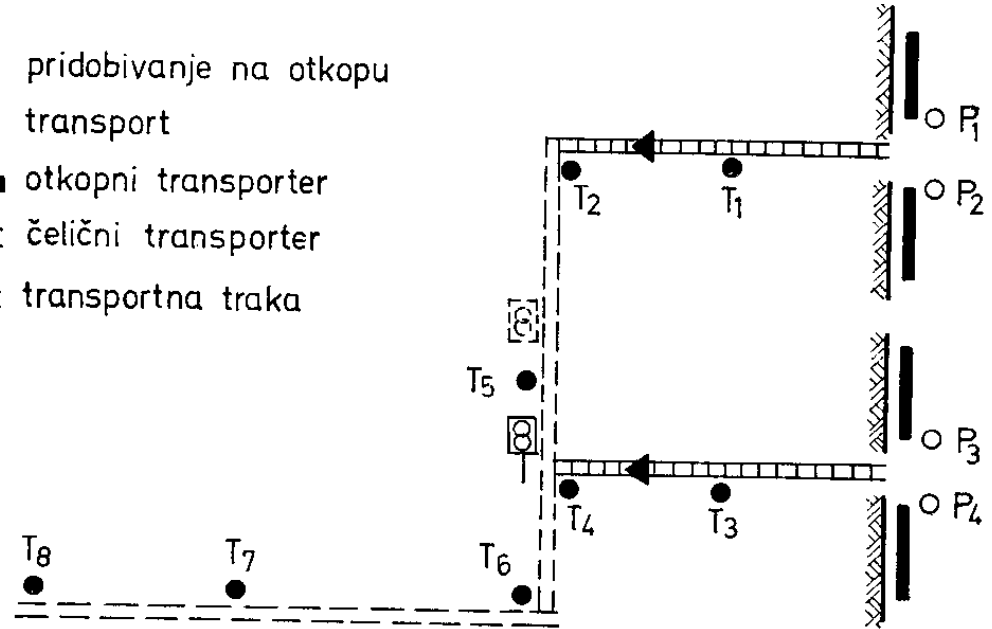
Napajanje jamskih transformatorskih stanica

Lokacija jamskih trafostanica

mreža s minimalnom
količinom bakra

$$\sum_{i=1}^n P_i l_i = P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + \dots + P_n l_n = PX$$

- pridobivanje na otkopu
- transport
- ▬ otkopni transporter
- ▨ čelični transporter
- - - transportna traka



Lokacija jamske transformatorske stanice u jami

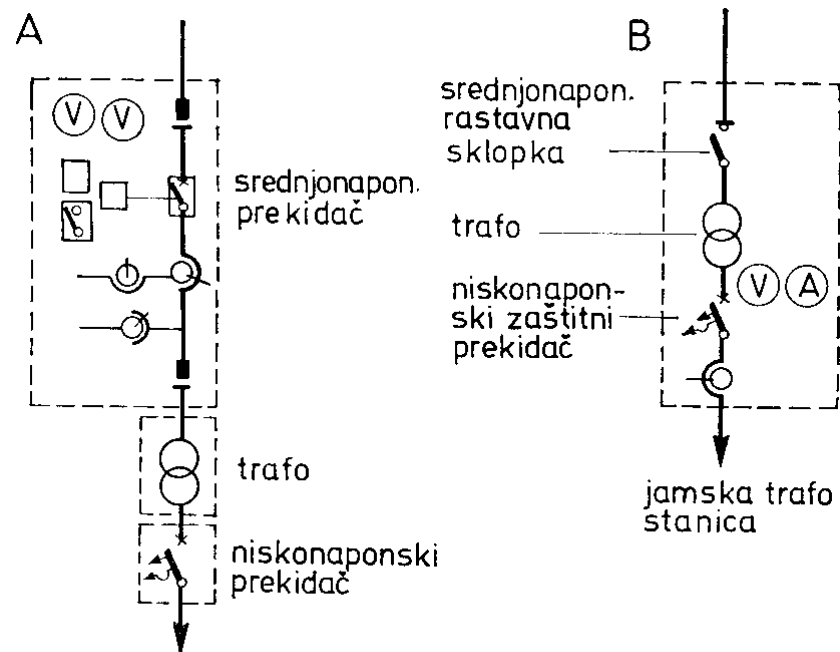
Jamske trafostanice

Transformatori u jamskim trafostanicama

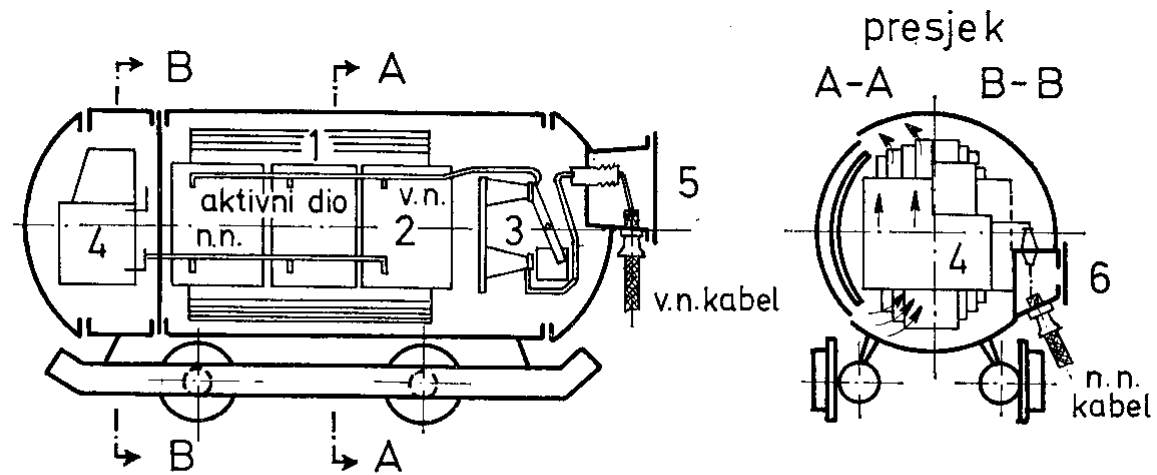
uljni
suhi
punjeni kvarcnim pijeskom

Transfostanice s uljnim transformatorima

Transfostanice sa suhim transformatorima

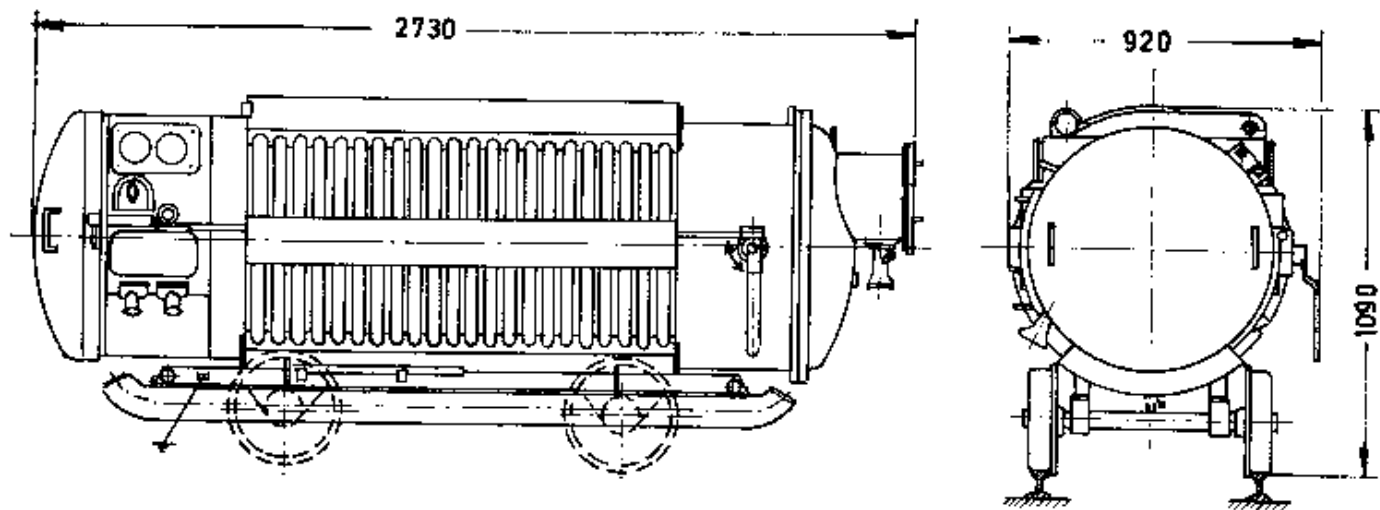


Izvedba jamske transformatorske stanice

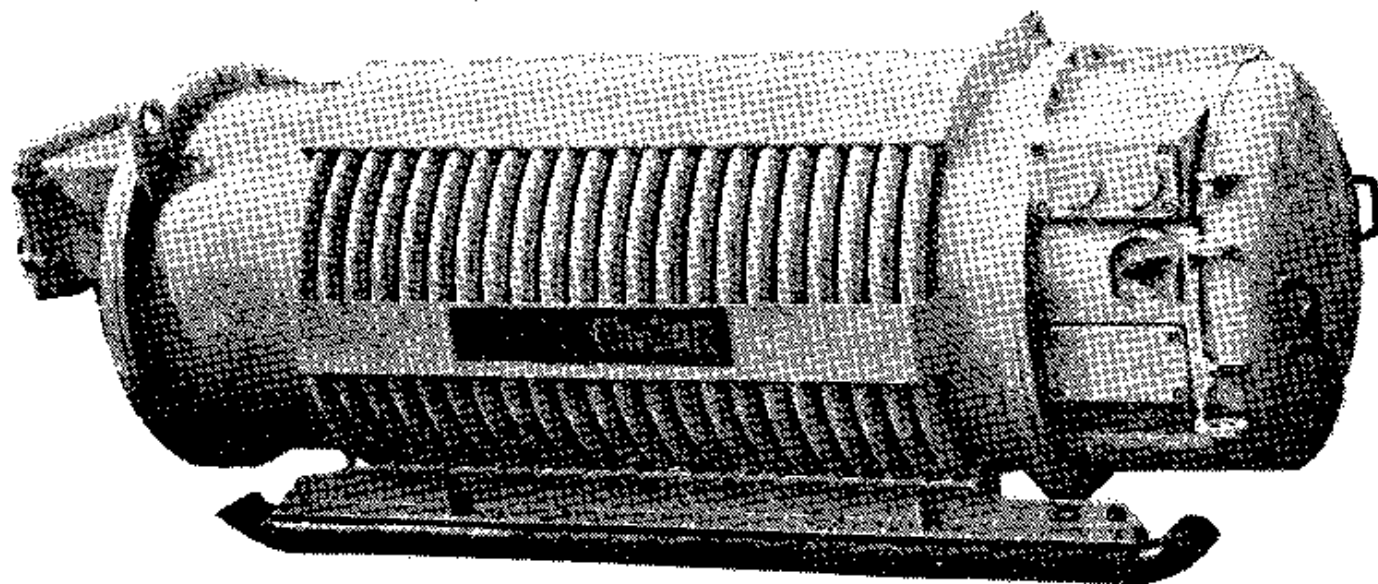


- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1 — jezgra transformatora | 4 — zaštitni prekidač nižeg napona |
| 2 — namoti transformatora | 5 — priključna kutija višeg napona |
| 3 — rastavna sklopka višeg napona | 6 — priključna kutija nižeg napona |

Shematski prikaz trafostanice sa suhim transformatorom



(mjere se odnose na veličinu 315 kVA)



**Rudnička trafostanica »R. Končar« – Zagreb, snage do 1000 kVA,
napona do 6 kV/do 1 kV**

Transfostanice s transformatorima punjenim kvarcnim pijeskom

Usporedba investicijskih troškova jamskih trafostanica s uljnim ili sa suhim transformatorom i suhom blok-trafostanicom

TROŠKOVNI ODNOSI UPOTREBE SUHOG, ULJNOG TRANSFORMATORA

TROŠKOVI	Uljni trafo	Suhi trafo	Blok-trafostanica
Rudarski radovi	0,3	0,1	0,05
Građevinski radovi	0,2	—	—
Montažni radovi i oprema trafostanice	0,4	0,05	0,02
Srednjonaponsko polje	1	1	1,5
Transformator	0,3	1	
Niskonaponsko polje	0,2	0,2	
Ukupno	2,4	2,35	1,57