FABRIKA MERNIH TRANSFORMATORA ZAJEČAR

# SAMOUPRAVLJIVI REGULATORI NAPONA



1969
ZAJEČAR
FMT

www.fmt.rs

UVOD ..... 2
KARAKTERISTIKE SAMOUPRAVLJIVIH REGULATORA NAPONA **VROT** ..... 3
POGODNOSTI KORIŠĆENJA OVOG SISTEMA ..... 4
POREĐENJE - SA I BEZ **VROT-**A U NN MREŽI ..... 5
PRIMENA TROFAZNOG **VROT-18** U DISTRIBUTIVNOJ I INDUSTRIJSKOJ MREŽI ..... 7
PRIMENA MONOFAZNOG **VROT-18** U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI ..... 8
KARAKTERISTIKA NAPONSKIH PRILIKA DUŽ NN VODA ..... 11
ZAŠTITA POTROŠAČA ..... 12
FOTOGRAFIJE UGRAĐENOG **VROT**-A ..... 13
TIPSKI ATEST U MEĐUNARODNOJ NEZAVISNOJ LABORATORIJI ..... 15

# UVOD

## OPIS

Samoupravljivi regulator napona namenjen je za upravljanje naponskim prilikama u niskonaponskim mrežama. To se ostvaruje kroz simetriranje opterećenja duž voda gde se ugrađuje, kao i smanjenjem povratne struje po neutralnom provodniku za potrošače priključene iza uređaja VROT-*. Takođe, poboljšava uslove rada zaštite kao i selektivnosti zaštite, te zaštitu potrošača od previsokog napona kod kratkih spojeva između faznog i neutralnog provodnika. Odlikuje se velikim stepenom prenosa maksimalne snage po niskonaponskom vodu.

Osnovni elementi su: osiguračka kutija, specijalni galvanski izolovan energetski transformator suve izvedbe i upravljačka kutija.

### Osiguračka kutija

Opremljena je automatskim osiguračem velike rasklopne moći.

Poklopac je proziran tako da se vizuelno može ustanoviti statusno stanje rasklopnog i zaštitnog elementa.

### Upravljačka kutija

Izrađena je od najkvalitetnijih materijala PVC u zaštiti IP 54, i opremljena je elektronikom koja je galvanski odvojena od niskonaponske mreže i koja vodi transformator.

Specijalnim izvršnim organom, elektronika daje nalog za ulazak transformatora u regulaciju.

Elektronski sklop ima i funkciju samotestiranja.

### Suvi energetski transformator

Ovo je specijalan tip upravljivog transformatora čiji rad je zasnovan na principu upravljanja promenjivom strukturom, galvanski razdvojenog kola i ne spada u grupu autotransformatora.

Osnovna izolacija je  Izrađena je od cikloalifatskih epoksidnih smola predviđenih za spoljašnju ugradnju, a dimenzije su optimizovane s obzirom na snagu i mesto ugradnje.

Izuzetna pažnja je poklonjena dizajnu, mehaničkim i elektroenergetskim karakteristikama u pogledu termodinamičkih, dielektričnih opterećenja i gubitaka (gubici u gvožđu i bakru), što ga čini veoma efikasnim, pouzdanim i dopadljivim.

## ZAŠTITA OD DIREKTNOG NAPONA DODIRA

Svi delovi uređaja koji su pod naponom su pokriveni.

## PRINCIP RADA

Zasniva se na tome da elektronika prati stanje parametara niskonaponskog voda na mestu ugradnje i po unesenom programu vrši upravljanje. Ugradnjom uređaja u projektovanu tačku na niskonaponskom odlazu, dobijaju se identični parametri kao na sabirnicama pripadajuće transformatorske stanice 10(20)/0.4kV, tako da je ostvaren metod preslikavanja transformatorske stanice TS 10(20)/0.4kV u tačku ugradnje uređaja.

## NAČIN I MESTO UGRADNJE

Samoupravljivi regulator napona se postavlja na specijalno dizajniranoj, nerđajućoj metalnoj konzoli. Ugrađuje se na visinu od 1 m ispod najnižeg provodnika NN mreže.

Priključak na niskonaponsku mrežu ostvaruje se tako što se primarni provodnici priključuju na linijski napon mreže, a sekundar se veže na fazni i neutralni provodnik.

Na mestu ugradnje potrebno je uraditi združeno uzemljenje.

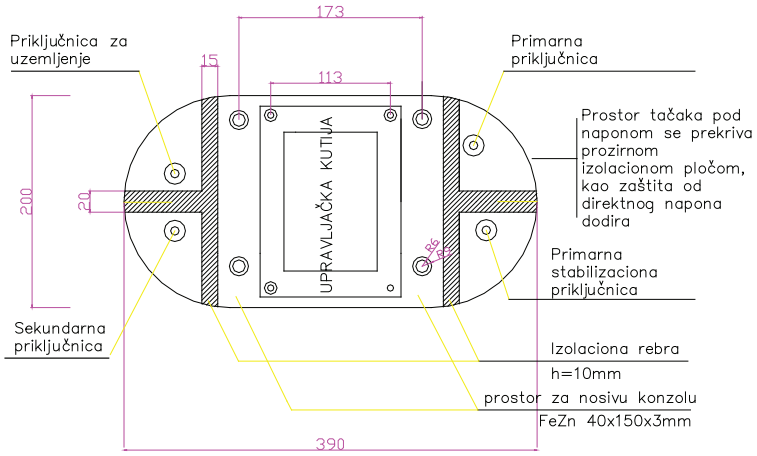
Koristi se jedan energetski transformator po fazi i svaki ima svoju osiguračku i upravljačku kutiju. Samoupravljivi regulator napona reguliše napon posebno za svaku fazu.

Bočna strana 1.

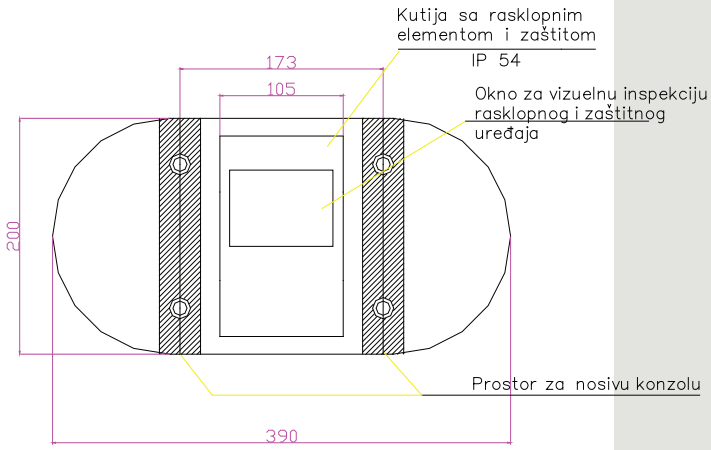
# VROT-X



## Bočna strana 1




## Bočna strana 2




## KARAKTERISTIKE SAMOUPRAVLJIVIH TRANSFORMATORA

| TEHNIČKI PODACI | VROT-10 | VROT-18 |
|---|---|---|
| Naznačena snaga (kVA) | 10 | 18 |
| Naznačeni napon mreže (V) | 400/231 | |
| Vrednost napona na izlazu (V) | 230 ± 10% | |
| Stepen izolacije (kV) | 1 | |
| Ispitni napon 50Hz, 1min (kV) | 3 | |
| Udarni napon 1,2/50μs (kV) | 6 | |
| Naznačena struja na izlazu (A) | 44 | 80 |
| Gubici u transformatoru $P_{cun}$ (W)/$P_{fe}$(W) | 310/50 | 500/80 |
| Faktor snage transformatora cos φ | 0.95 | |
| Stepen mehaničke zaštite | IP 54 | |
| Temperaturni opseg | -30°C do +45°C | |
| Način ugradnje | u svim položajima na stubu | |

SADRŽAJ

## POGODNOSTI KOJE NAM OMOGUĆAVA KORIŠĆENJE OVOG SISTEMA:

- **jednostavna i brza ugradnja**;

- **mala investicija** kada se radi rekonstrukcija mreže;

- znatno **veća efikasnost sistema** pri prenosu energije duž NN voda;

- **smanjeni gubici energije** pri prenosu do potrošača;

- mogućnost prenosa **znatno veće snage na veće udaljenost**i uz održavanje kontinualnih naponskih prilika duž niskonaponskog voda u granicama definisanim standardom IEC60038/EN50160;

- **eliminisan uticaj viših harmonika** zbog galvanskog odvajanja;

- **eliminisano opterećenje neutralnog provodnika** u trafostanici, kod velikih nesimetrija, jer je na mestu ugradnje I0 = 0;

- **poboljšani uslovi zaštite** TN-C-S sistema;

- **zaštita potrošača od previsokog napona** pri kratkom spoju faznog i neutralnog provodnika ili pri prekidu neutralnog provodnika;

- **simetriranje opterećenja** po faznim provodnicima;

- postignuta **selektivnost i osetljivost delovanja** zaštite duž niskonaponskog voda;

- u kombinaciji sa samonosivim kablovskim snopom **ne zahteva održavanje** tog odlaza sa transformatorske stanice, pogotovo ako elektroenergetski vod prolazi kroz područja sa visokom vegetacijom;

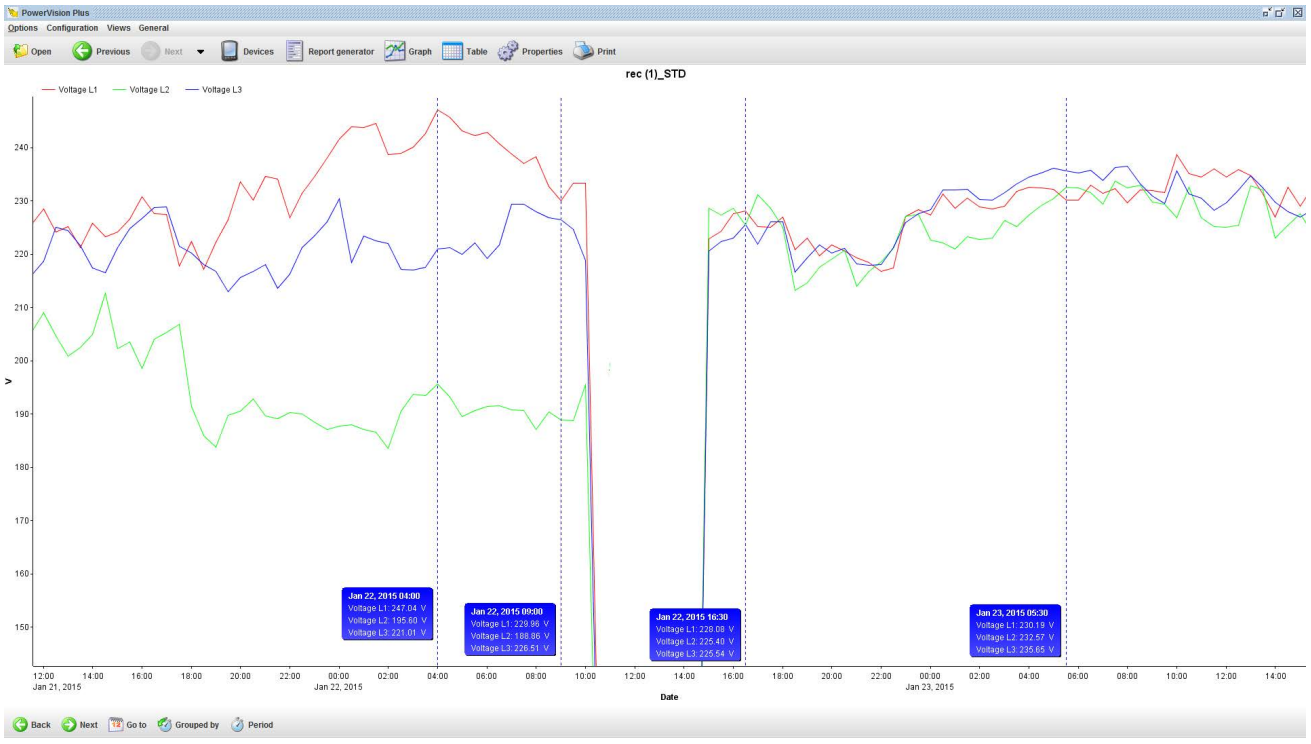
- veoma **podesan kao zamena za TS 10/0.4 kV, do 50 kVA** pri napajanju malih konzuma;

- ukoliko se koristi kao zamena za TS 10/0.4 kV, do 50 kVA, **smanjen je broj ispada** glavnih magistralnih vodova 10(20) kV zbog kvarova na visokonaponskom vodu koji prolazi kroz područja sa visokom vegetacijom i napaja trafostanicu TS 10/0.4 kV male snage;

- veoma je **podesan za prstenastu koncepciju mreže** TS 10/0.4 kV 250 kVA sa 5 odlaznih izvoda po 50 kVA kad je reč o tipu VROT-18;

- veoma je **podesan za primenu u industrijskim objektima, velikim zgradama i trgovinskim centrima** za distribuirani sistem napajanja udaljenih potrošača.)

## EFEKAT UGRADNJE VROT-A



Efekti dobijeni ugradnjom regulacionog transformatora u NN mrežu:

**SA VROT 18 U NISKONAPONSKOJ MREŽI**

| Naznačeni napon na transformatroskoj stanici 10(20)/0.4kV, 250 kVA Nivo 1 | Korišteni provodnik u niskonaponskoj mreži Nivo 1 ka Nivou 2 | Dužina NN voda [m] | Naznačena snaga / Linijski napon / Fazni napon na kraj voda Nivo 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Simetrično 3 faze | Nesimetrično 1 faza |
| 231/400V | AlFe 3x 25/4mm ili X00-A-3x25mm$^2$ | 800 | 16kW/400/230V | 7.8kW/230V |
| | | 450 | 30kW/400/230V | 13.8kW/230V |
| | | 250 | 50kW/400/230V | 18kW/230V |
| | AlFe 3x 35/6mm ili X00-A-3x35mm$^2$ | 1100 | 16kW/400/230V | 7.8kW/230V |
| | | 500 | 30kW/400/230V | 13.8kW/230V |
| | | 300 | 50kW/400/230V | 18kW/230V |
| | AlFe 3x 50/8mm ili X00-A-3x50mm$^2$ | 1500 | 16kW/400/230V | 7.8kW/230V |
| | | 800 | 30kW/400/230V | 13.8kW/230V |
| | | 500 | 50kW/400/230V | 18kW/230V |
| | X00-A-3x70mm$^2$ | 2000 | 16kW/400/230V | 7.8kW/230V |
| | | 1000 | 30kW/400/230V | 13.8kW/230V |
| | | 600 | 50kW/400/230V | 18kW/230V |

X00-A je samonosivi kablovski snop. TABELA 1.0

**BEZ UGRAĐENOG VROT 18 U NISKONAPONSKU MREŽU**

| Naznačeni napon na transformatroskoj stanici 10(20)/0.4kV, X kVA Nivo 1 | Korišteni provodnik u niskonaponskoj mreži Nivo 1 ka Nivou 2 | Dužina NN voda [m] | Naznačena snaga / Linijski napon / Fazni napon na kraj voda Nivo 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Simetrično opterećenje 3 faze | Nesimetrično opterećenje 1 faza |
| 231/400V | AlFe 4x 25/4mm ili X00-A-4x25mm$^2$ | 400 | 16kW/376/217V | 5.00kW/207V |
| | | 225 | 30kW/376/217V | 8.66kW/207V |
| | | 125 | 50kW/376/217V | 15.4kW/207V |
| | AlFe 4x 35/6mm ili X00-A-4x35mm$^2$ | 550 | 16kW/377/218V | 5.00kW/207V |
| | | 320 | 30kW/377/218V | 8.66kW/207V |
| | | 180 | 50kW/377/218V | 15.4kW/207V |
| | AlFe 4x 50/8mm ili X00-A-4x50mm$^2$ | 770 | 16kW/377/218V | 5.00kW/207V |
| | | 450 | 30kW/377/218V | 8.66kW/207V |
| | | 260 | 50kW/377/218V | 15.4kW/207V |
| | X00-A-3x70+71.5 mm$^2$ | 1000 | 16kW/377/218V | 5.00kW/207V |
| | | 600 | 30kW/377/218V | 8.66kW/207V |
| | | 340 | 50kW/377/218V | 15.4kW/207V |

TABELA 1.1

Za prenos većih snaga sa početka na kraj voda, kao i za veće distance od prikazanih u tabeli "TABELA 1.0" potrebno je koristiti veće preseke provodnika.

SADRŽAJ

**EFEKTI UGRADNJE MONOFAZNOG VROT 18 U MONOFAZNU NISKONAPONSKU MREŽU:**

| | Metod | Sa VROT 18 | | Bez VROT 18 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nivo 2 | Faze na potrošaču | R | N | R | N |
| | Snaga na potrošaču | 12.70kW | | 7.61kW | |
| | Struja kroz potrošač | 55.5 A | 55.5 A | 42.52 A | 42.52 A |
| | Napon na potrošaču | 230.00 V | | 179.00 V | |
| | Potrošač dobija napajanje preko | VROT 18 | | Al/Fe -2 x 50/8mm$^2$ | |
| | Priključna veza prema trafostanici | R | S | R | N |
| Niskonaponski elektroenergetski vod 1000m | Korišteni provodnik | Al/Fe -2 x 50/8mm$^2$ | | Al/Fe -2 x 50/8mm$^2$ | |
| | Struja koja teče kroz vod prema trafostanici | 36.60 A | 36.60A | 42.52 A | 42.52 A |
| | Gubici na niskonaponskom elektroenergetskom vodu [kW] | 0.80 | 0.80 | 1.08 | 1.08 |
| TS 10(20)/0.4kV Nivo 1 | Naznačeni napon na trafostanici | 230V | | | |

TABELA 2

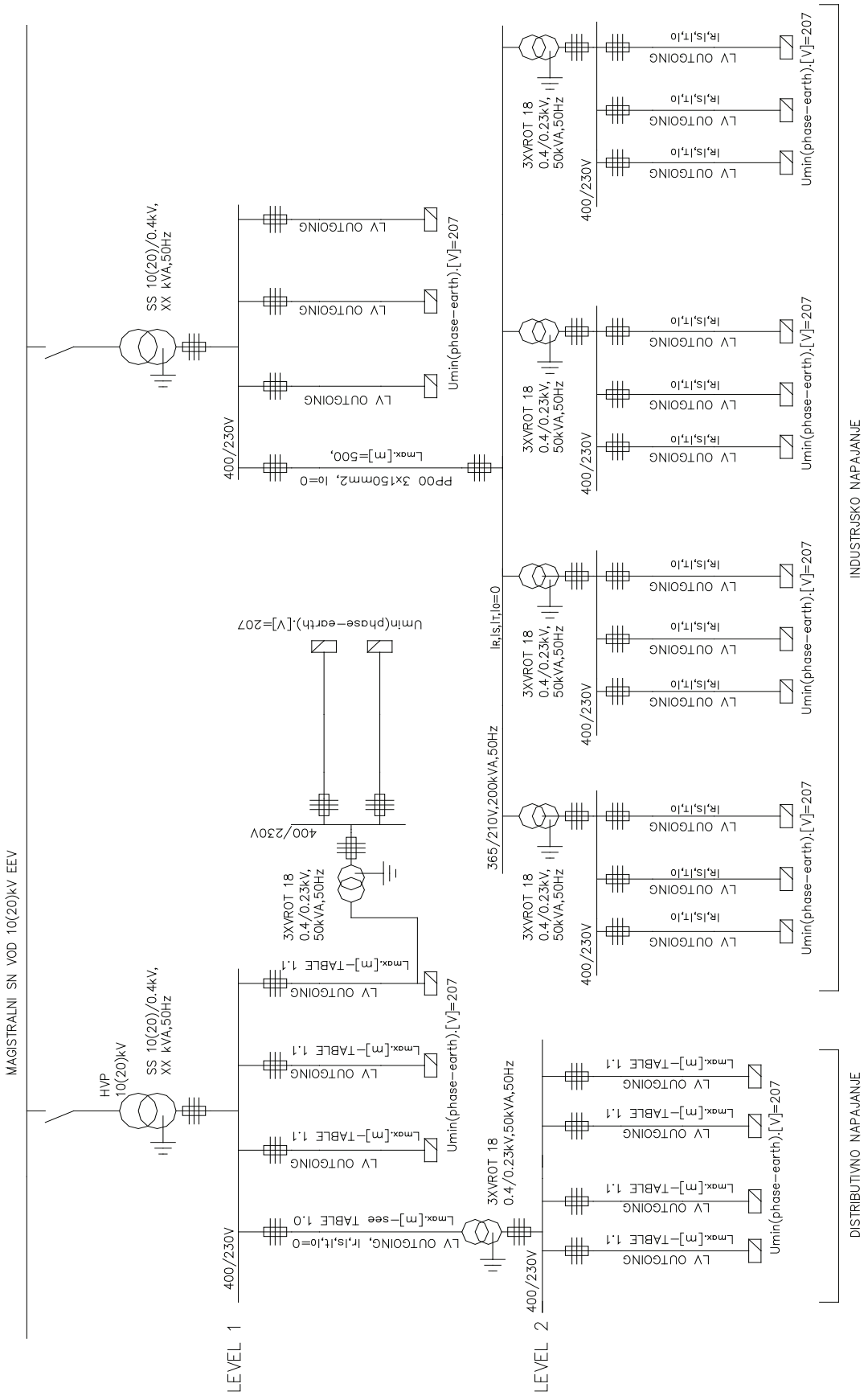
Problem kontinualnog održavanja napona u granicama definisanim standardom IEC 60038/EN 50160 duž niskonaponskog elektroenergetskog voda, polazeći od pripadajuće transformatorske stanice 10/0.4 kV do poslednjeg potrošača u režimima rada od nesimetričnog do simetričnog opterećenja, nije lako rešiti. Pokazalo se da promena preseka provodnika ili povećanje napona na pripadajućoj transformatorskoj stanici 10/0.4 kV nije efikasna metoda. To se može videti kroz uporednu analizu rezultata bez i sa ugradnjom VROT-* prema tabelama 1.0 i 1.1, kao i za slučaj napajanja monofaznog konzuma što se vidi u tabeli 2.

Ukoliko je koncepcija razvoja srednjenaponske i niskonaponske mreže zasnovana na prstenastom napajanju preko transformatorskih stanica 10/0.4 kV, 250 kVA sa 5 odlaza, tada bi se mogao minimalno jedan odlaz uvek koristiti za napajanje udaljenih potrošača, koristeći se kombinacijom odgovarajućeg preseka provodnika i uređaja VROT -X, u zavisnosti od zahtevane snage konzuma saglasno prikazanoj tabeli 1.0.

Primenom napred navedenog sistema za napajanje malog konzuma snage do 50 kVA u odnosu na klasična rešenja (prenos snage po 10(20) kV elektroenergetskom vodu, transformatorska stanica TS 10(20)/0.4 kV, 50 kVA) ostvarujemo:

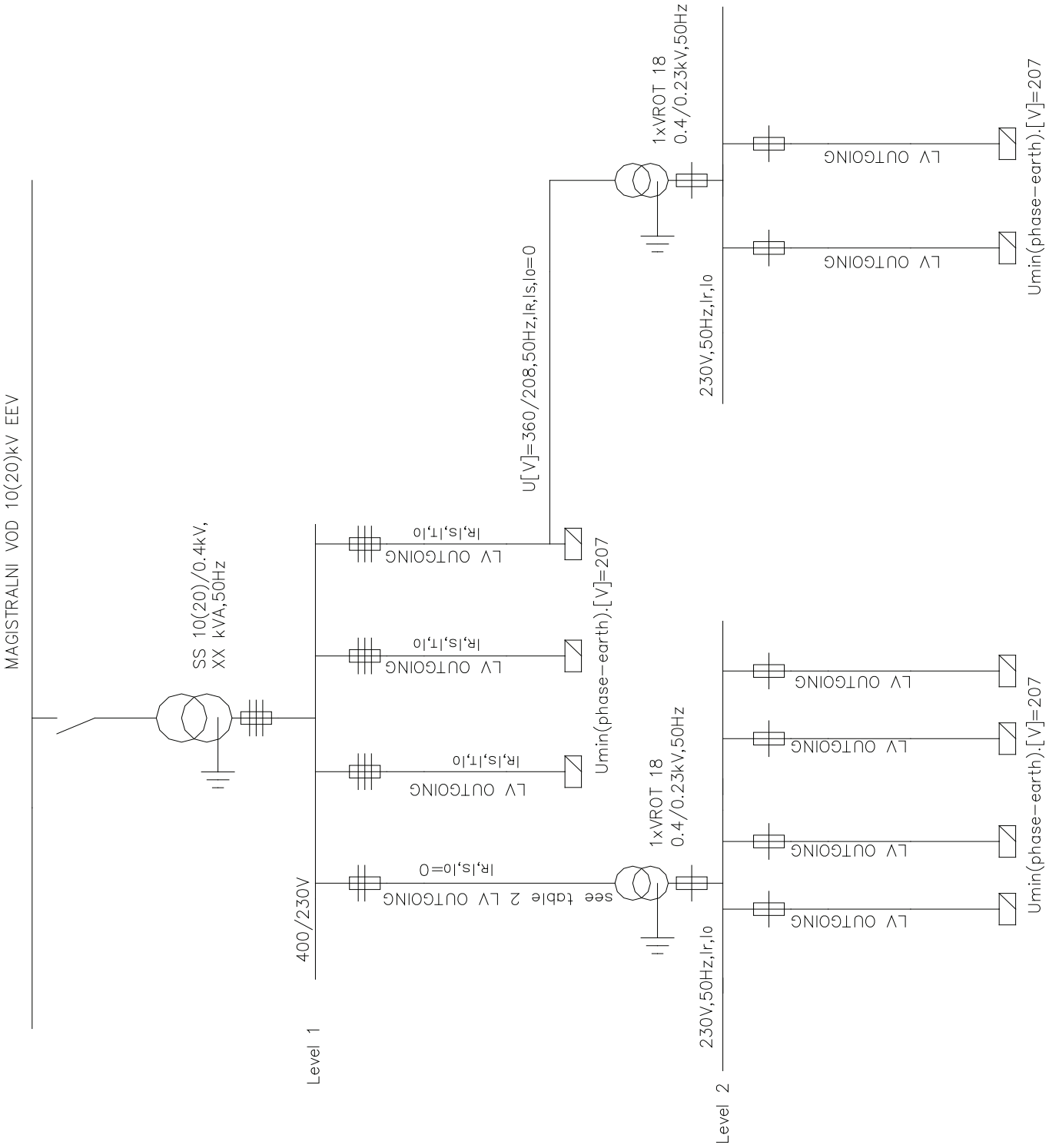
- manje troškove održavanja, pogotovo ako elektroenergetski vod prolazi kroz područja sa visokom vegetacijom gde je potrebno vršiti održavanje trase (proseka) ili prilikom korišćenja visokonaponskog kablovskog snopa;
- brže, jeftinije i lakše održavanje mreža, kada se kao primarni vod za napajanje malog konzuma koristi niskonaponski kablovski snop sa uređajem VROT-X, nego visokonaponski kablovski snop;
- manji broj ispada magistralnog elektroenergetskog 10(20) kV kada se kao primarni provodnici koriste neizolovani Al/Fe –provodnici, pri prolasku voda kroz područja sa visokom vegetacijom.

# PRIMENA TROFAZNOG VROT-18 U DISTRIBUTIVNOJ I INDUSTRIJSKOJ MREŽI

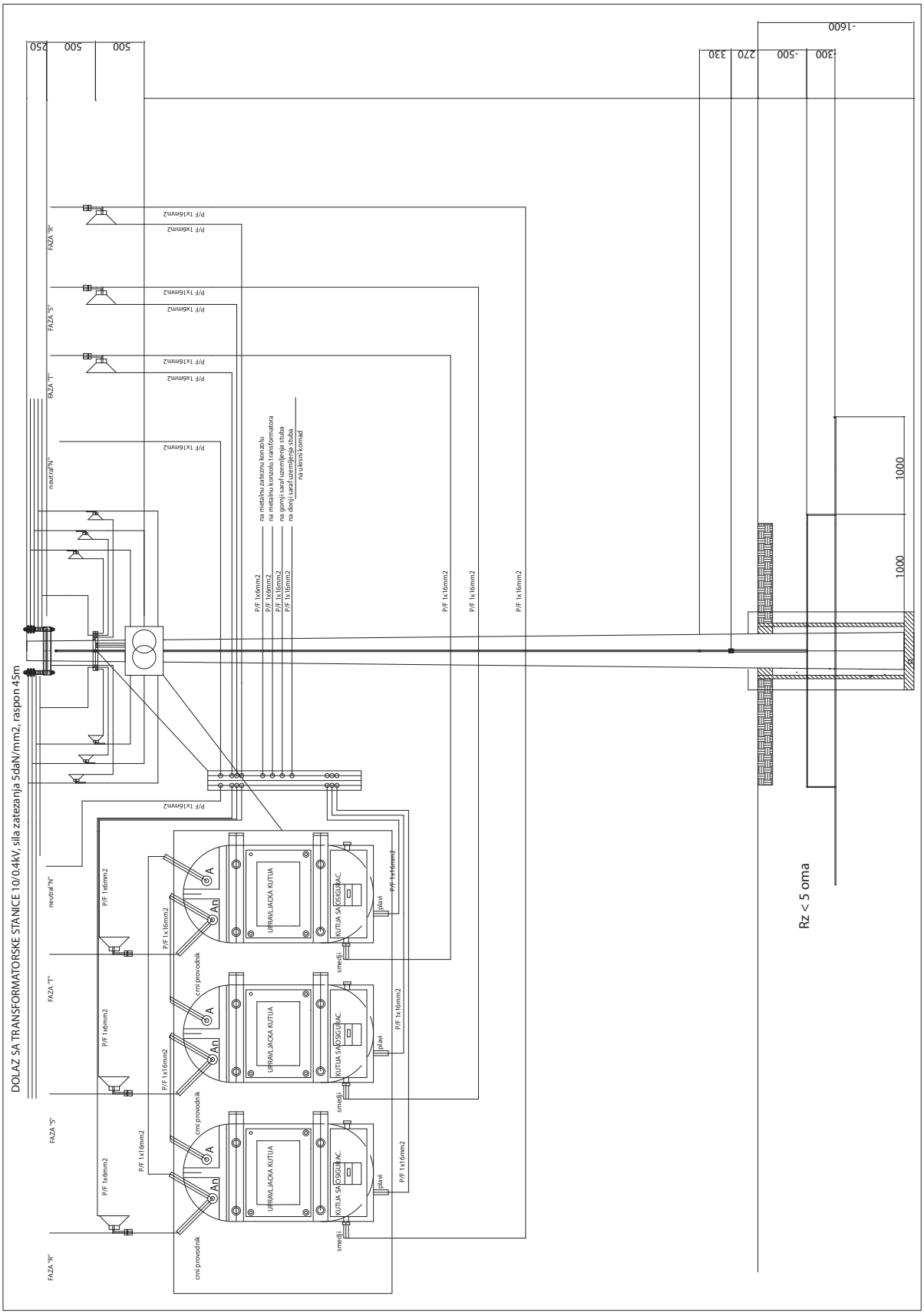



SADRŽAJ

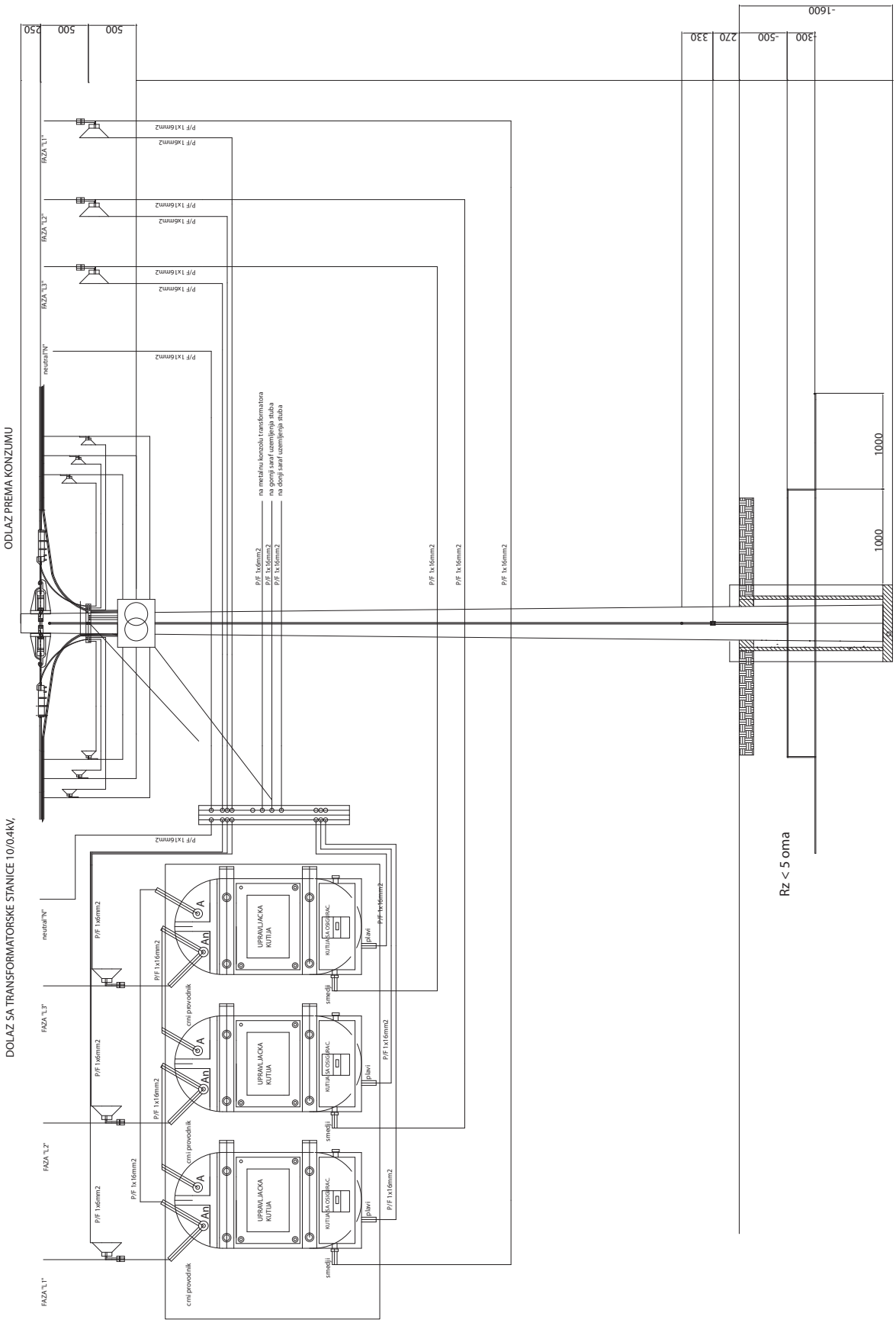
# PRIMENA MONOFAZNOG VROT-18 U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI




SADRŽAJ


DOLAZ SA TRANSFORMATORSKE STANICE 10/0.4kV, sila zatezanja 5daN/mm2, raspon 45m
Rz < 5 oma
FAZA "R"
FAZA "S"
FAZA "T"
neutral"N"
P/F 1x16mm2
UPRAVLJACKA KUTIJA
KUTIJA SA OSIGURAC.
crni provodnik
plavi
smeđi
na metalnu zateznu konzolu
na metalnu konzolu transformatora
na gornji saraf uzemljenja stuba
na donji saraf uzemljenja stuba
na uksni komad
1000
1600
500
250
300
270
330

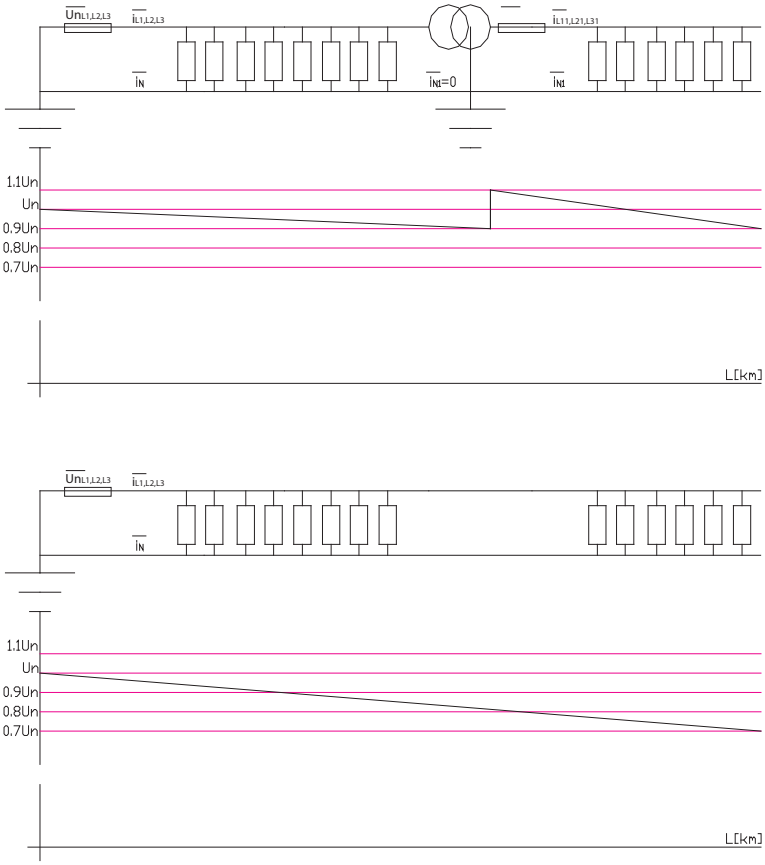
SADRŽAJ


ODLAZ PREMA KONZUMU
DOLAZ SA TRANSFORMATORSKE STANICE 10/0,4kV,
Rz < 5 oma
UPRAVLJAČKA KUTIJA
KUTIJA SA OSIGURAČ.
plavi
smeđi
crni provodnik
FAZA "L1"
FAZA "L2"
FAZA "L3"
neutral "N"
P/F 1x16mm2
na metalnu konzolu transformatora
na gornji uzaf uzemljenja stuba
na donji uzaf uzemljenja stuba
1000
1000
1600
500
500
250
300
500
270
330

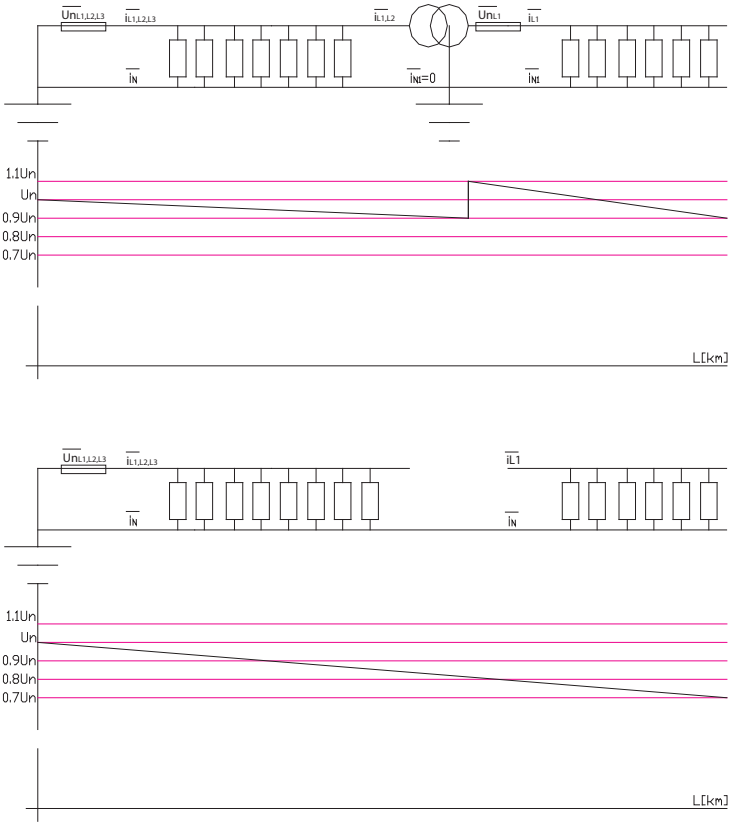
SADRŽAJ

**Karakteristika naponskih prilika duž niskonaponskog voda**

Primena trofaznog VROT za trofazno napajan konzum na kraju voda

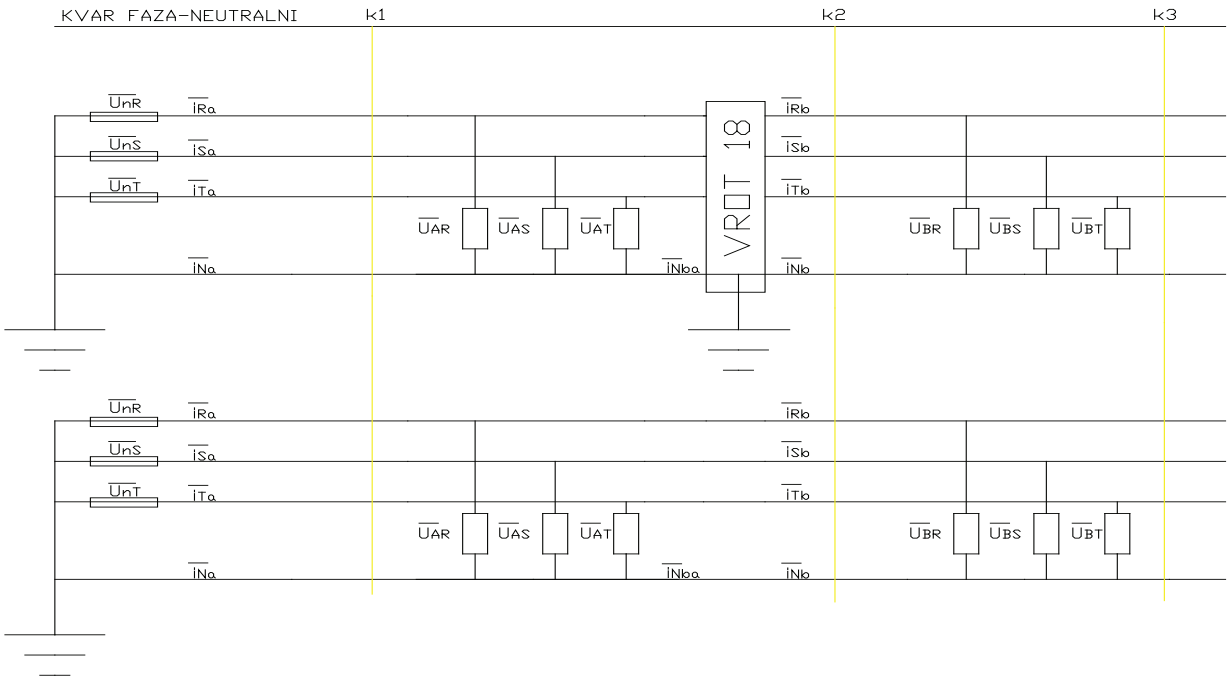



Primena monofaznog VROT za monofazno napajan konzum na kraju voda




SADRŽAJ

## Zaštita potrošača od previsokog napona u distributivnoj niskonaponskoj mreži pri kvarovima nastalim spojem faznog i neutralnog provodnika.




| Simulacija mesta kvara | SA VROT 18 | | | BEZ VROT 18 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ |
| **Provodnik** | X00- 3x70+71.5mm$^2$ | | | | | |
| **Udaljenost od pripadajuće trafostanice[m]** | 200 | 600 | 1000 | 200 | 600 | 1000 |
| $i_{Ra}$ [A]<br>$U_{RA}$ [V] | 1224.04<br>12.18 | 709.81<br>117.30 | 757.60<br>117.98 | 1241.04<br>12.41 | 483.38<br>14.46 | 516.42<br>15.45 |
| $i_{Sa}$ [A]<br>$U_{SaA}$ [V] | 39.18<br>297.36 | 710.18<br>117.15 | 758.00<br>117.80 | 61.40<br>293.42 | 58.45<br>279.35 | 58.70<br>280.51 |
| $i_{Ta}$ [A]<br>$/U_{TA}$ [V] | 67.71<br>293.54 | 57.07<br>212.74 | 57.35<br>213.91 | 67.40<br>292.63 | 63.90<br>277.41 | 64.19<br>278.69 |
| $i_{Na}$ [A] | 1163.54 | 14.24 | 14.4 | 1145.04 | 393.64 | 426.24 |
| $i_{Nab}$ [A] | 0 | 0 | 0 | 43.42 | 442.91 | 475.65 |
| $i_{Rb}$ [A]<br>$U_{RB}$ [V] | 0<br>136.12 | 1176.73<br>16.90 | 1256.00<br>3.38 | 0<br>23.10 | 482.03<br>7.29 | 514.98<br>2.19 |
| $i_{Sb}$ [A]<br>$U_{SB}$ [V] | 29.08<br>234.36 | 24.37<br>196.46 | 24.50<br>195.21 | 36.40<br>275.85 | 34.66<br>281.05 | 34.80<br>277.39 |
| $i_{Tb}$ [A]<br>$U_{TB}$ [V] | 12.40<br>135.07 | 13.42<br>196.60 | 13.48<br>198.22 | 19.97<br>280.88 | 18.94<br>279.53 | 19.02<br>278.49 |
| $i_{Nb}$ [A] | 23.26 | 1173.43 | 1252.49 | 43.42 | 442.91 | 475.65 |

SADRŽAJ

Izgled aparata ugrađenog u monofaznu niskonaponsku mrežu:




Uređaj VROT 18 napaja monofazno konzumno područje udaljeno 1500m od pripadajuće transformatorske stanice (TS 10(20)/0.4kV,250kVA).
Konzumno područje je pre ugradnje VROT 18- imalo potrošnju 750kWh/mesec

Konzumno područje nakon ugradnje VROT 18- ima potrošnju 3.048kWh/mesec - kvalitet napona u skladu sa IEC 60038/EN 50160.



Ugrađen 3VROT-18 u trofaznoj mreži

SADRŽAJ

Fotografije ugradnje:





Uređaj se isporučuje krajnjem korisniku, sa svom spojnom i nosećom opremom, tako da se ugradnja vrši direktno bez prilagođenja.

SADRŽAJ

## TIPSKI ATEST U MEĐUNARODNOJ NEZAVISNOJ LABORATORIJI

RESEARCH, DEVELOPMENT AND TESTING
NATIONAL INSTITUTE FOR
ELECTRICAL ENGINEERING
**ICMET CRAIOVA**

**Address: Calea Bucuresti No.144, 200515 Craiova, ROMANIA**
**Matriculation certificate: J 16/312/1999; Fiscal code: RO3871599**
**Phone: 0351 – 404888, 0351 – 404889; Fax: 0251 – 415482, 0351 – 404890;**
www.icmet.ro, e-mail: market@icmet.ro

**HIGH VOLTAGE DIVISION - HVD**
**LOW VOLTAGE LABORATORY**
Phone: 0351 – 402425; e-mail: ljt@icmet.ro

# TEST REPORT
Nr. 20093 / 23.03.2010

**1. CUSTOMER:** Fabrika Mernih Transformatora Zajecar A.D.
Paracinski put bb, 19000 Zajecar, SERBIA

**2. MANUFACTURER:** Fabrika Mernih Transformatora Zajecar A.D.
Paracinski put bb, 19000 Zajecar, SERBIA

ENERGO-GROUP D.O.O
Petra Milosevica 7, 71123 I. Sarajevo, B&H

**3. TESTED PRODUCT: Power low voltage transformer, type VROT 18, 400 V, 18 kVA, serial no. 2/10**

**4. REFERENCE STANDARD:** IEC 60076-11:2004

**5. TEST PERFORMED:**
I. Separate-source AC withstand voltage test
II. Induced AC withstand voltage test
III. Lightning impulse test

**6. TEST DATE:** 23.03.2010

**7. TEST RESULT:** The product PASSED the test.

This report contains 7 pages and it is edited in 4 copies from which 3 copies for customer and one copy for laboratory.

**HEAD OF HV DIVISION,**
Eng. Ion PĂTRU

ICMET CRAIOVA DIVIZIA DE ÎNALTĂ TENSIUNE

**HEAD OF LABORATORY,**
Eng. Aurelia SCORNEA

**Issue date:** 25.03.2010

**WARNINGS:**

a. The results refer to the tested product only.
b. Publication or reproduction of the contents of this report in any other form, unless its complete photocopying, is not allowed without writing approval of the division to which laboratory belong to.
c. Accreditation of the laboratory or any of its test reports issued under accreditation regime do not constitute or do not imply themselves an approval of the product by the accreditation body.
d. All signatures from the present report are originals.
e. The product was presented to be tested by the customer.

 © ICMET CRAIOVA 2009

SADRŽAJ

**Fabrika mernih transformatora Zaječar d.o.o.**
Stražilovska 57, 19000 Zaječar

Centrala: +381 19 3413 122; +381 19 3413 222; +381 19 3413 111
Generalni direktor: +381 19 31 5555 1
Sektor prodaje: +381 19 31 5555 5; +381 19 31 5555 6;
+381 19 31 5555 8; +381 19 3413 111
komercijala@fmt.rs
Sektor nabavke: +381 19 31 5555 7
Sektor razvoja: +381 19 31 5555 3
Sektor finansija: +381 19 31 5555 2
www.fmt.rs • office@fmt.rs

1969

ZAJEČAR

FMT

**MINEL FEPO d.o.o.**
Železnička 3
23101 Zrenjanin, Srbija
Centrala: +381 23 544 902
Finansije: +381 23 545 529
office@minelfepo.com