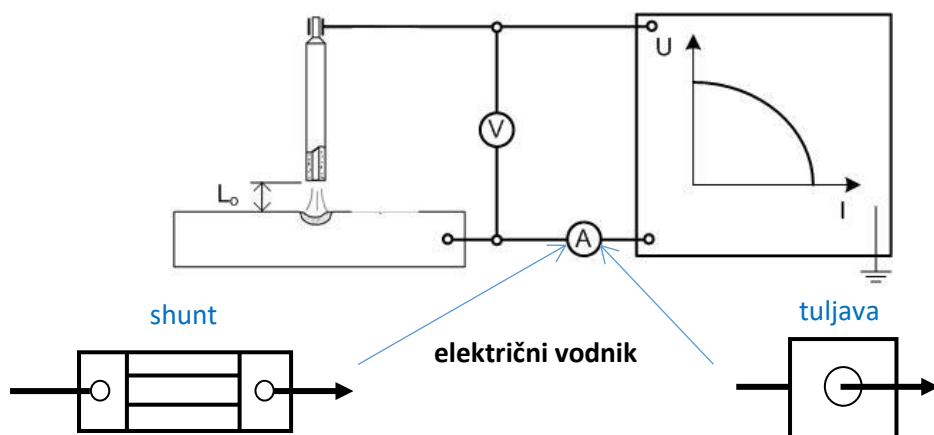


## 1. Laboratorijska vaja: MERJENJE ELEKTRIČNIH VELIČIN

### 1. Merjenje varilnega toka in obločne napetosti

Varilni tok vedno merimo posredno, preko pretvornikov – sond (električni tok je prevelik za direktno merjenje), ki so vrisane v principielni shemi na sliki 1.

**Enosmerni tok** merimo preko umerjenega upora z znano karakteristiko ali (shunt-a). Shunt zaporedno vežemo v električni tokokrog ter na njegovih sponkah merimo padec napetosti (mV). Dobljeno vrednost (mV) pomnožimo s faktorjem shunta - FŠ (npr. 250 A/60 mV) in dobimo vrednost enosmerne toka, ki teče skozi vodnik (shunt). (Shunt ima v merilnem območju linearno odvisnost med električnim tokom in padcem napetosti v njem. Shunti so vgrajeni v varilnih napravah in nam omogočajo odčitati vrednost jakosti varilnega toka na analognem (kazalčnem) merilniku, ki je v bistvu milivoltmeter. Skala na merilniku pa je prirejena pretvorbi shunta, zato lahko iz nje direktno odčitamo vrednosti varilnega toka.)



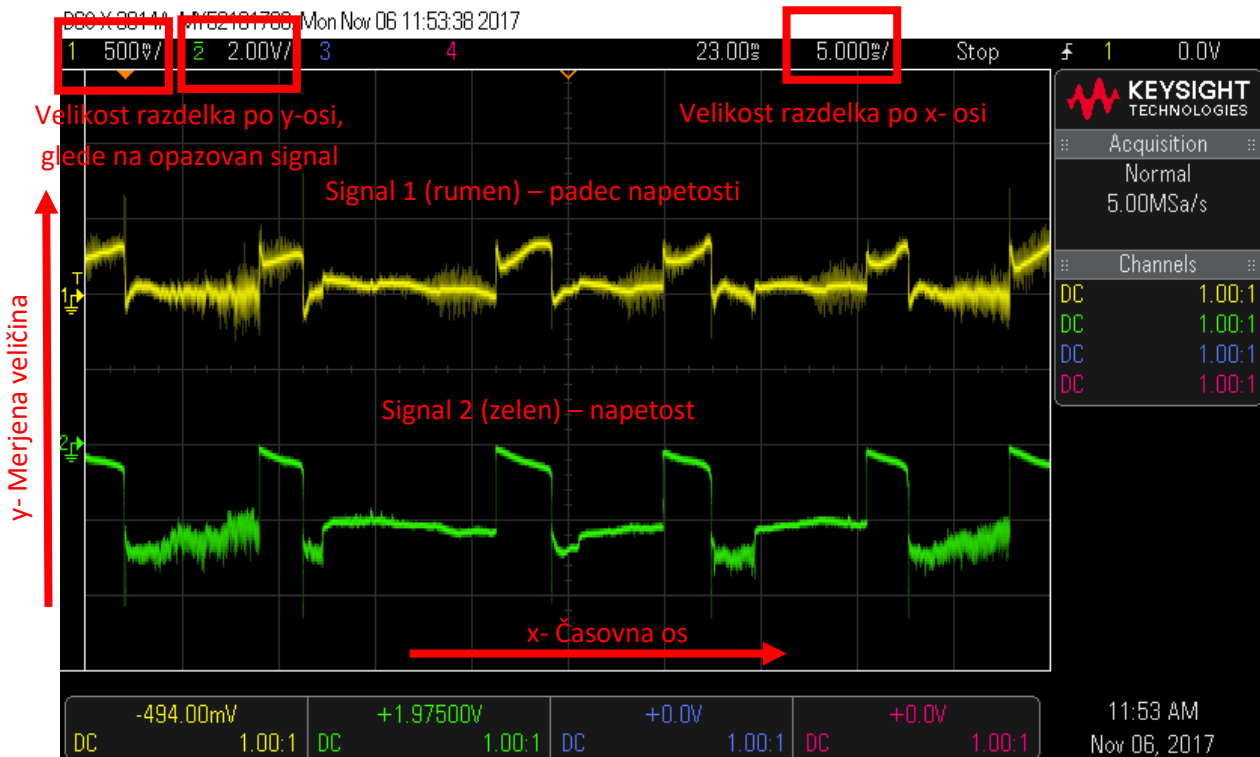
Slika 1. Principielna shema

**Izmenični tok** merimo s tokovnimi kleščami ali tokovnimi tuljavami. Okoli vodnika po katerem teče izmenični tok se pojavi magnetno polje. V to polje postavimo tokovno tuljavo in v njej se zaradi magnetnega polja inducira napetost. Inducirana napetost je premo sorazmerna z jakostjo varilnega toka, ki teče po vodniku. To napetost pomnožimo z znanim faktorjem pretvorbe tuljave - KT (A/mV) in dobimo vrednost jakosti varilnega toka, ki teče po vodniku. (Tudi tokovne klešče in tuljave imajo v merilnem območju linearno odvisnost med jakostjo toka, ki teče po vodniku in inducirano napetostjo v tuljavi)

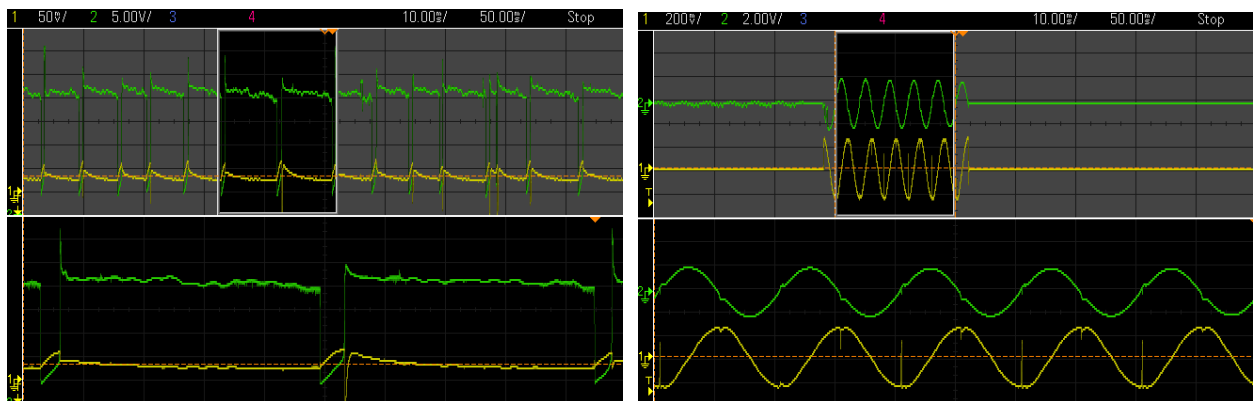
Varilno napetost merimo z voltmetrom, tako da voltmeter vežemo vzporedno z varilnim oblokom.

## 2. Zapis varilnega toka in napetosti

Varilni tok in napetost lahko spremljamo na mili-voltmetru in voltmetru. Bolj natančno je spremljanje z osciloskopom, kjer dobimo še časovno komponento. Dobljena zaslonska slika z ustreznimi oznakami je prikazana na sliki 2. Potek varilnega toka in napetosti je odvisen od vrste varilnega postopka. Tipični zaslonski slika, ki ju dobimo pri MAG oz. uporovnem točkovnem varjenju sta prikazani na sliki 3.



Slika 2. Zaslonska slika, zajeta med procesom MAG varjenja. 1. signal (rumen) merimo padec napetosti in 2. signal (zelen) merimo obločno napetost



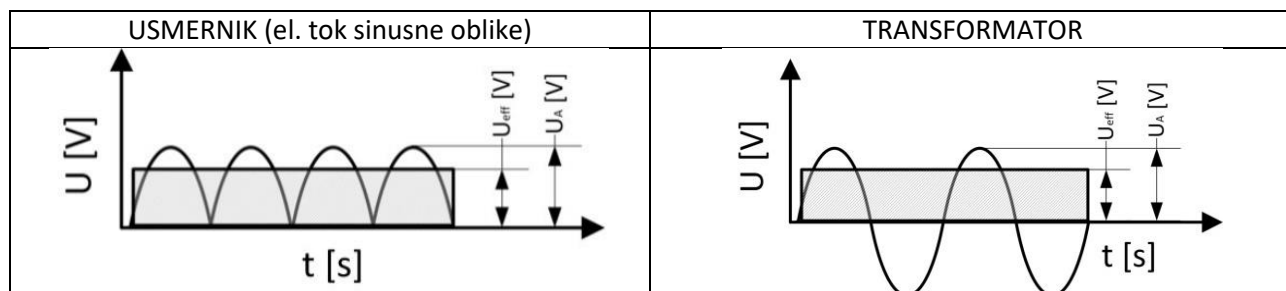
a)

b)

Slika 3 a) MIG/MAG varjenje – enosmerni varilni tok in napetost b) Uporovno točkovno varjenje, izmenični varilni tok in napetost.

Varilni tok in napetost iz zaslonske slike osciloskopa (min, amplitudni, srednji, efektivni) določite po enačbah ( 2.1)-( 2.5) pri tem upoštevajte, da je njuna oblika odvisna od vira varilnega toka, kot je prikazano v preglednici 1 .

Preglednica 1 Potek napetosti za usmernik in transformator.



$$I_v = H_{\Delta U} [div] \cdot M_{\Delta U} \left[ \frac{mV}{div} \right] \cdot F\check{S} \left[ \frac{A}{mV} \right] \quad (2.1)$$

$$U_v = H_U [div] \cdot M_U \left[ \frac{V}{div} \right] \cdot DN [/] \quad (2.2)$$

Enofazni efektivni varilni tok in napetost ustrezata enačbama ( 2.3) in ( 2.4)

$$U_{eff1} = \frac{U_A}{\sqrt{2}} \quad (2.3)$$

$$I_{eff1} = \frac{I_A}{\sqrt{2}} \quad (2.4)$$

in trofazni efektivni varilni tok in napetost ustrezata enačbama ( 2.5) in ( 2.6).

$$U_{eff3} = 0,89 \cdot U_A \quad (2.5)$$

$$I_{eff1} = 0,89 \cdot I_A \quad (2.6)$$

Iz podatkovnih podatkov dobljenih iz osciloskopa izvedemo pretvorbo in preračun zahtevanih vrednosti po naslednjih korakih:

1. Uvoz podatkov v (Excel, Matlab, ...)
2. Digitalni zapis izmerjenih vrednosti je potrebno pretvoriti tako, da upoštevamo faktor shunta - FŠ ( 2.7) oz. karakteristiko tokovnih klešč – KT ( 2.8) v primeru merjenja varilnega toka in faktor delilnika napetosti – DN ( 2.9) v primeru merjenja napetosti.

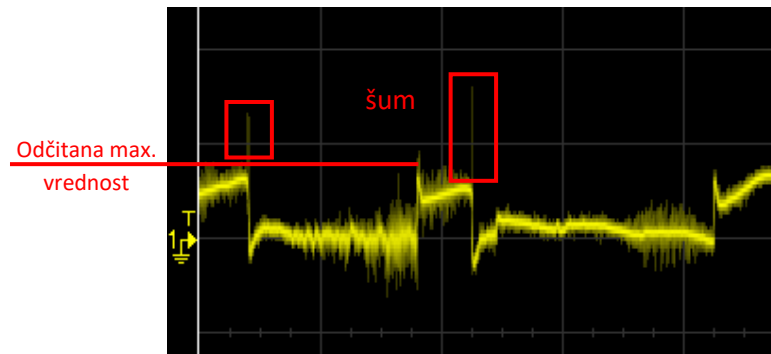
$$I_v = F\check{S} \left[ \frac{A}{mV} \right] \cdot \Delta U [mV] \quad (2.7)$$

$$I_v = KT \left[ \frac{A}{mV} \right] \cdot \Delta U_i [mV] \quad (2.8)$$

$$U_v = U[V] \cdot DN [/] \quad (2.9)$$

3. Iz posameznega stolpca določimo minimalno in maksimalno vrednost varilnega toka in napetosti. Pri tem je dobro preveriti tudi zaslonsko sliko, saj lahko med merjenjem zajamemo tudi šum, ki pa

ni odraz vrednosti merjene veličine, zato je potrebno te vrednosti ustrezno korigirati oz. izločiti (slika 4).



Slika 4: Odčitana maksimalna vrednost varilnega toka pri čemer izločimo zajeti šum.

4. Srednjo vrednost oz. povprečno vrednost varilnega toka in napetosti določimo po enačbah ( 2.10) in ( 2.11) za izračun kvadratnega povprečja ali RMS (ang. *root mean square-RMS*)

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_v^2} \quad (2.10)$$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_v^2} \quad (2.11)$$

5. Povprečno moč varilnega obloka določite po enačbi ( 2.12).

$$P_{avg} = U_{RMS} \cdot I_{RMS} \quad (2.12)$$

6. Gostoto varilnega toka določite po enačbi ( 2.13) za primer, ko je dolžina obloka enaka premeru elektrode.

$$i = \frac{4 \cdot I_{RMS}}{L_0^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot I_{RMS}}{\Phi^2 \cdot \pi} \quad (2.13)$$

7. Porabljeno energijo določite po enačbi ( 2.14).

$$E_{avg} = P_{AVG} \cdot t_v \quad (2.14)$$

## 3. Uporabljeni simboli

$I_v$	A	Varilni tok
$H_{\Delta U}$	div	Število odčitanih razdelkov padca napetosti na zasloni sliki
$M_{\Delta U}$	mV/div	Velikost razdelka za padec napetosti na zasloni sliki
FŠ	A/mV	Faktor shunta
$U_v$	V	Obločna napetost
$H_U$	div	Število odčitanih razdelkov padca napetosti na zasloni sliki
$M_U$	mV/div	Velikost razdelka napetosti na zasloni sliki
$U_{eff1}$	V	Enofazna efektivna napetost
$U_{eff3}$	V	Trofazna efektivna napetost
$U_A$	V	Amplitudna napetost
$I_{RMS}$	A	RMS vrednost varilnega toka
$U_{RMS}$	V	RMS vrednost obločne napetosti
$P_{avg}$	W	Povprečna moč obloka
$E_{avg}$	J	Porabljena energija obloka
$t_v$	s	Čas varjenja
$\Delta U$	V	Izmerjena vrednost padca napetosti
$\Delta U_i$	V	Izmerjena vrednost inducirane napetosti
$U$	V	Izmerjena vrednost napetosti
DN	/	Faktor delilnika napetosti
KT	A/mV	Karakteristika tokovnih klešč
$i$	A/mm <sup>2</sup>	Gostota varilnega toka
$\phi$	mm	Premer elektrode
$L_0$	mm	Dolžina obloka