

Ljubljana, 25. 05.2012

Prevzem generatorja udarnega toka PG 20-14000 valovne oblike 8/20 μ s in max. amplitude 100kA glede na javni razpis (št. pogodbe: No-2011 RRP2 -O8/7; 06.07.2011)

Postavljene tehnične zahteve:

- 1.1 Max. amplituda udarnega vala: $100\text{kA} \pm 10\%$
- 1.2 Oblika udarnega vala 8/20 μ s $\pm 10\%$
- 1.3 Pozitivna in negativna polariteta udarnega vala
- 1.4 Sinhronizacijsko prožilno vezje z možnostjo superpozicije pozitivnega ali negativnega tokovnega udarnega vala z minimalno natančnostjo faznega kota 5° na nastavljivo sinusno napetost do vrednosti $U_{\text{RMS}}=400\text{V}$
- 1.5 Galvansko ločeno merjenje udarnega toka 8/20 μ s in preostale napetosti na merilnih sponkah generatorja (uporaba Piersonove tuljave za meritev toka)
- 1.6 Kompaktna – integrirana izvedba celotne naprave z zaščitno komoro, ki ščiti operaterja in okolje zaradi velikih elektrodinamičnih sil pri velikih tokovih
- 1.7 Računalniška krmilna enota z ustrezno programsko opremo za enostavno in operaterju prijazno manipulacijo z generatorjem udarnega tokovnega impulza

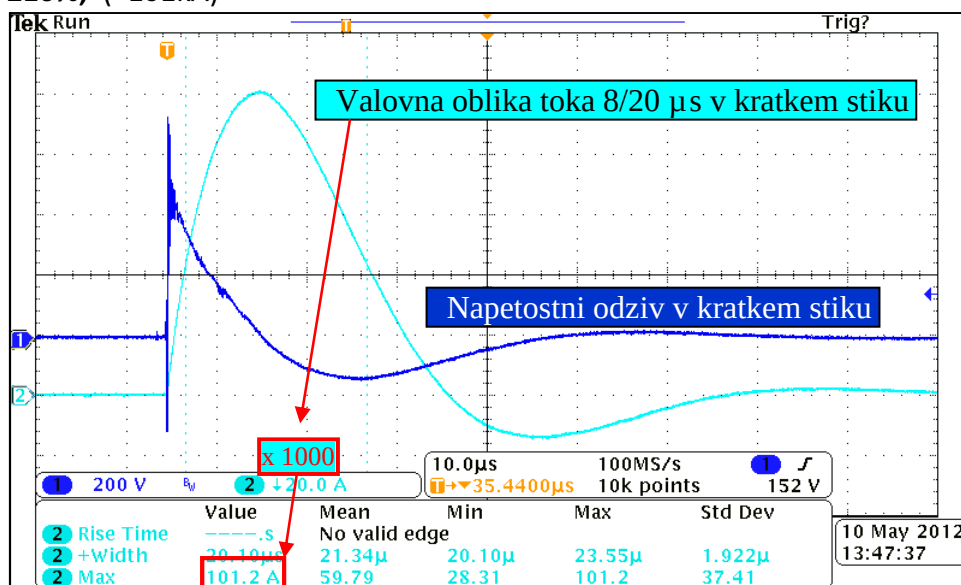
Posebne zahteve:

1. Dobavitelji, ki bodo ponudili generator z max. amplitudo v zgornjem tolerančnem področju ($-0\%/+10\%$) glede na zahteve v točki 2.1, bodo imeli prednost
2. Udarni generator mora omogočati minimalno amplitudo udarnega toka 40kA s časovno ponovljivostjo do max. 60 sekund tudi pri varistorjih s kolenom U-I karakteristike pri 1800V in pričakovano preostalo napetostjo v področju 4,5÷5kV pri tokovnem impulzu 40kA.
 - 2.1 Ponovljivost udarov (frekvenca) tokovnih impulzov v področju od 50kA do 100kA je lahko tudi daljša od 60 sekund, vendar ne sme presegati 120 sekund pri max. udaru 100kA.
3. Ena od temeljnih zahtev je relativno tiho delovanje praznilnega stikala za tokove do 100kA. Zaželeno je uporaba polprevodniških ali kakršnih koli drugih praznilnih stikal udarnega toka (ignitroni), ki omogočajo relativno tiho delovanje naprave za vsakodnevno delo v laboratoriju, veliko zanesljivost delovanja in minimalno vzdrževanje.
4. Garancijski rok, dobava vitalnih rezervnih delov (praznilna stikala, VN kondenzatorji,...) in odzivnost bodo dodatni kriteriji pri izbiri ponudnika.

Rezultati prevzemnega preizkusa

1.1. Meritve amplitud tokovnih udarov in občutljivost glede na nazivno napetost varistorjev

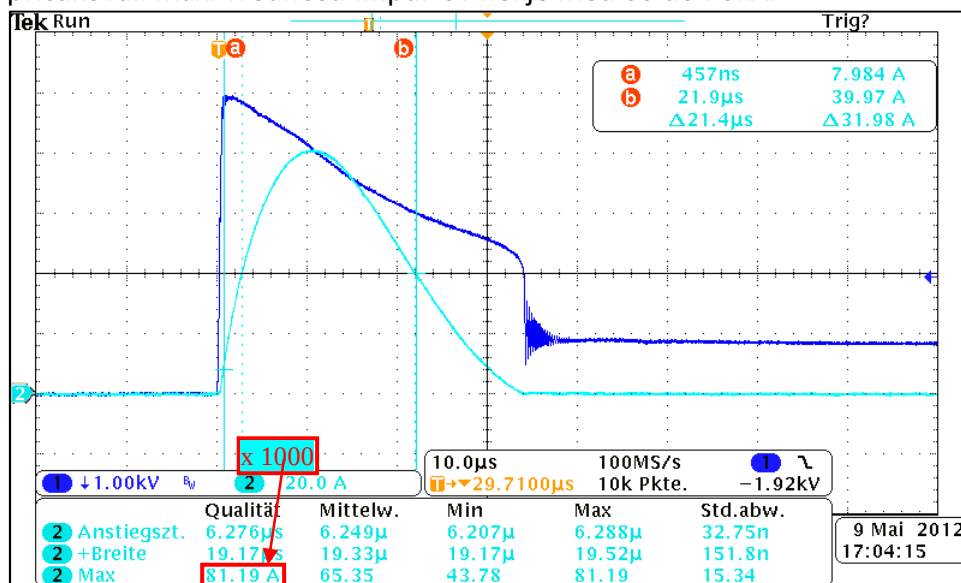
- Meritev toka 8/20 v kratkem stiku kaže na doseženo sposobnost udara $I_{max} > 100kA$ $\pm 10\%$; ($>101kA$)



Sl. 1 maksimalna amplituda udarnega toka v kratkem stiku

S tem je zadoščeno tudi prvi točki (1) posebnih tehničnih zahtev

- Amplitude na varistorjih V130 dosega vrednosti do 97kA, medtem ko na varistorjih V1100 dosega amplitude do 81kA (sl.2), odvisno od toleranc nazivnih napetosti. Slednje vrednosti so nad pričakovanimi, saj smo pri teh varistorjih pričakovali max. vrednosti impulzov nekje med 60 do 70kA.



Sl.2 Tok in napetost na varistorju V1100E80

1.1. Ponovljivost udarov z intervalom 60s na varistorjih V1100

Osnovna zahteva je bila doseganje udarnega vala vsaj 40kA pri varistorjih s kolenom U-I karakteristike $U_n=1800V$. Meritve kažejo na doseganje 46kA na varistorjih z nazivno vrednostjo rahlo nad nominalno vrednostjo $U_n=1800V$ (1816V, 1825V....). Potrebna polnilna napetost za te tokove je 14kV (od razpoložljivih 20kV).

Za višje vrednosti tokov je potreben nekoliko daljši čas. Generator ima sposobnost polnjenja kondenzatorjev z gradientom približno 234V/s, kar pomeni povečanje toka približno za 1kA za vsako podaljšano sekundo polnjenja na omenjenih varistorjih. Maksimalna ponovljivost tokovnih udarov je tako celo 95s, kar je za 25 sekund hitreje od začetno postavljene vrednosti.

S tem so v celoti izpolnjene in delno celo presežene posebne zahteve v točki (2).

1.2. Meritve pravilnosti oblik udarnega vala $8/20 \mu s \pm 10\%$

Meritve časov vzpona t_r in časov padanja impulza t_f . Meritve časov in ustreznih amplitud tokov so bile izvedene pri dveh skrajnih vrednostih napetosti V150E80 in V1100E80 ter pri negativni in pozitivni polariteti udarnih valov.

- Vrednosti časov vzpona t_r impulzov se v povprečju gibljejo rahlo pod nominalno vrednostjo in znašajo okoli 7,8 μs ter so izjemno stabilne ne glede na tip varistorja (voltažo) in ne glede na amplitudo toka.
- Vrednosti časov padanja t_f impulzov se v povprečju gibljejo nad nominalno vrednostjo in znašajo okoli 21,6 μs . Časi padanja so izjemno stabilni ne glede na tip varistorja (voltažo) in ne glede na amplitudo toka.
- Negativni prevzpon impulza (dovoljena meja 25%): generator se odlikuje z izjemno nizkim negativnim prevzponom, ki doseže npr. max. vrednost le 12% pri zelo nizkih varistorjih V130, medtem ko je pri varistorjih višjih napetosti ta prevzpon čedalje manjši in doseže celo unipolarno obliko (enako kot smo navajeni pri obstoječem generatorju)
- Amplitude tokovnih impulzov: simetrija udarnih impulzov pri pozitivni in negativni polariteti je izjemno dobra in stabilna in je znotraj 2%.

1.3. Pozitivna in negativna polariteta udarnega vala

Generator razpolaga z možnostjo izbire obeh polaritet brez fizičnega obračanja preizkušanca. Simetrija udarnih valov je odlična tako glede amplitude udarnega vala kot glede same valovne oblike.

1.4. Sinhronizacijsko prožilno vezje

Generator vsebuje tudi sinhronizacijsko vezje, ki omogoča superpozicijo tokovnih udarov na sinusno napetost 50Hz z izjemno natančnostjo faznega kota 1° .

Direktna superpozicija na napetost $230V_{RMS}$ je možna že sedaj, za spremenljive in višje ali nižje napetosti pa je potreben galvansko ločen zunanji vir. Pri tem je možno priključiti zunanji vir s stalno napetostjo do $800V_{RMS}$, kar je dvakrat višja vrednost od postavljenega pogoja.

- Sistem je izveden tako, da moramo zunanji 3 fazni priključek generatorja namesto na omrežje priklopiti samo na zunanji 3 fazni galvansko ločen in spremenljiv napetostni vir in sistem normalno deluje v vseh svojih funkcijah
- Dostop zunanje napetosti (L1 ali L2 ali L3 ter N in PE) je preko bananskih vtičev zagotovljen na notranji strani preizkusne komore preko kratke povezave do priključnih sponk varistorja.

- Za zaščito napajalnika oziroma omrežja pred povratnim vplivom udarnega vala 8/20 služita 2 zaporedno vezani tuljavi (2x5mH), ki sta nameščeni v notranjosti komore in ju je odvisno od aplikacije mogoče enostavno vgraditi ali odstraniti.

1.5. Galvansko ločeno merjenje toka in napetosti

Za meritev toka je uporabljena Piersonova tuljava, ki omogoča galvansko meritev toka in napetosti, kar prinaša dve bistveni prednosti:

- Na osnovi merjenega toka in preostale napetosti je možno direktno izračunavanje ostalih električnih parametrov kot so moč, energija in/ali specifična energija, ki se troši na varistorjih
- Uporaba samo enega osciloskopa za hkratno meritev napetosti in toka

1.6 Kompaktna – integrirana izvedba celotne naprave z zaščitno komoro

Udarni generator je izdelan v obliki kompaktne enote okvirnih dimenzij 600 x 1800 x 800 mm z merilno komoro in vsemi pripadajočimi elementi, ki so potrebni za nemoteno in normalno delovanje sistema.

Zaščita je izvedena preko varnostnih mikrostikal:

- Dostop do merilne komore je možen samo s prednje strani. Kadarkoli se vrata generatorja odprejo, ustrezno mikrostikalo preko glavnega stikala poskrbi za kratkostičenje nabitih kondenzatorjev. Za glavna stikala je uporabljena posebna verzija t.i. električno–gravitacijskih stikal, ki v primeru električne odpovedi stikala kratkostičnik stikala zaradi gravitacije avtonomno sklone kondenzatorske sponke.
- Zaščita pri odprtju vrat prav tako izključi prisotnost superponirane zunanje napetosti 50Hz in na tak način varuje operaterja pred morebitnim nepredvidenim dotikom priključnih sponk.
- Vhodna zaščitna vrata na preizkusni komori so na posebno in dodatno zahtevo Varsija izdelana iz prozorne neprebojne polikarbonatne mase s povečano debelino (polycarbonat 15mm)

Opomba: Varistor V150E60 je bil med preizkušanjem namensko preobremenjen in ga je zaradi preobremenitev razneslo na kose, medtem ko na vratih ni bilo vidnih nikakršnih večjih posledic

1.7 Računalniška krmilna enota z ustrežno programsko opremo

Poleg direktnih nastavitev na komandni plošči je generator možno krmiliti z računalnikom preko cca 5m dolgega optičnega kabla. Program omogoča nastavitve vseh ukazov, ki so možni na komandnem panelu, poleg tega pa omogoča še povečevanje polnilne napetosti generatorja v izbranih korakih.

Splošno mnenje:

1. Udarni generator je vrhunsko izdelana naprava z izjemno čistimi in stabilnimi oblikami tokovnih impulzov.
 2. Vpliva elektromagnetnih motenj na preostalo napetost varistorjev ni zaslediti kljub zelo velikim amplitudam tokovnih impulzov.
 3. Med najbolj impresivne zadeve pa sodi nadpovprečno "tiho" delovanje tega generatorja za tako velike tokovne impulze. Zasluga gre izključno na račun uporabe ignitronov, ki jih od vseh znanih proizvajalcev generatorjev uporablja edino firma HILOTEST.
- S tem je v celoti izpolnjena in presežena posebna zahteva (3).

Priloga: Fotografija generatorja PG20-14000**Vodja projekta: dr. Slavko Bernik;****Podpis** _____**Skrbnik: mag. Andrej Pirih**