

## **P r a k t i k u m**

### **Elektromagnetische Verträglichkeit**

**Versuch 7**

Energereiche Einzelimpulse (Surge) ( Raum L122a )

Gruppen-Nr.:  Protokollführer:	Gruppenteilnehmer:
Durchgesehen und für richtig befunden (Unterschriften aller Übungsteilnehmer)	Stempel

## Allgemeines

In Netz- und Datenleitungen können energiereiche transiente Impulse unterschiedlicher Herkunft eingekoppelt werden. Man unterscheidet zwei Arten:

### *Impulse aus Schalthandlungen (SEMP -switching electromagnetic pulse):*

durch das Schalten von Kondensatorbatterien, durch Laständerungen im Verteilungsnetz, durch Resonanzkreise (Thyristoren) oder durch Kurzschlüsse, also Fehler mit Lichtbogenentwicklung im Erdungssystem der Installation.

### *Impulse aus Blitzentladungen (LEMP -lightning electromagnetic pulse)*

indirekte Blitzeinschläge, in oder zwischen Wolken oder in der Nähe von Leitungen, können Spannungen/Ströme in Leitungen außerhalb oder innerhalb von Gebäuden erzeugen.

Diese Störgrößen werden im Labor für Leistungselektronik durch einen Hochenergie-Generator vom Typ NSG 650 der Firma Schaffner nachgebildet. Der Prüfgenerator erzeugt im Leerlaufbetrieb einen Spannungsimpuls mit einer Anstiegszeit von  $1,2\mu\text{s}$  und einer Rücken-Halbwertszeit von  $50\mu\text{s}$  sowie im Kurzschlußbetrieb einen Stromimpuls von  $8\mu\text{s}$  Anstiegszeit und einer Rücken-Halbwertszeit von  $20\mu\text{s}$ . Das Gerät erfüllt die Forderungen der Norm EN61000-4-5

Der Hybridgenerator ist in der Lage einen Stromimpuls von  $(8/20)\mu\text{s}$  mit einer maximalen Stromamplitude von  $3,3\text{ kA}$  zu liefern, wenn der Prüfling im Falle des Ansprechens von Schutz-elementen niederohmig wird. Somit kann eine praxisnahe Prüfung gewährleistet werden.

In diesem Test werden die Versorgungs- und Signalleitungen des Prüflings über entsprechende Einkoppelnetzwerke mit positiven und negativen Testimpulsen beaufschlagt. Die Impedanz der Störquelle sowie der Testlevel hängen ab von

- der Art der Kabel ( Versorgungs- und Signalleitungen)
- der Länge der Kabel
- dem Einkopplungsmodus ( symmetrisch, asymmetrisch)
- der Installationsart des Gerätes

Der Innenwiderstand der Störquelle setzt sich zusammen aus der Quellimpedanz des Hybridgenerators und einem Widerstand im Koppelnetzwerk. Im Einzelnen ergeben sich folgende Innenwiderstände:

- 2 Ohm für die symmetrische Einkopplung auf den Versorgungsleitungen(Einkopplung mit  $C=18\mu\text{F}$ )
- 12 Ohm für die asymmetrische Einkopplung auf Versorgungsleitungen(Einkopplung mit  $C=9\mu\text{F}$ )
- 42 Ohm für beide Einkopplungsarten auf Signal- und Datenleitungen.

Achtung :

**Alle Fragen sind natürlich zu beantworten. Das Praktikum kann nur dann durchgeführt werden, wenn die beantworteten Fragen vor Versuchsbeginn vorgelegt werden. Bei notwendigen Korrekturen sind nur die fehlerhaften Seiten auszutauschen. Die fehlerhaften Originalseiten sind in den Anhang zu legen und müssen mit abgegeben werden.**

Die Testlevel sind der untenstehenden Tafel zu entnehmen. Sie gibt die Grenzwerte für Versorgungsleitungen und Signalleitungen an.

Installation class	Test levels (kV)											
	AC power supply and a.c. I/O directly connected to the mains network Coupling mode		AC power supply and a.c. I/O not directly connected to the mains network Coupling mode		DC power supply and d.c. I/O directly connected thereto Coupling mode		Unsymmetrical operated <sup>d,f</sup> circuits/lines Coupling mode		Symmetrical operated <sup>d,f</sup> circuits/lines Coupling mode		Shielded I/O and communication lines <sup>f</sup> Coupling mode	
	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	All lines-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	0,5	NA	0,5	NA	NA
2	0,5	1,0	NA	NA	NA	NA	0,5	1,0	NA	1,0	NA	0,5
3	1,0	2,0	1,0 <sup>e</sup>	2,0 <sup>b,e</sup>	1,0 <sup>e</sup>	2,0 <sup>b,e</sup>	1,0 <sup>c</sup>	2,0 <sup>b,c</sup>	NA	2,0 <sup>b,c</sup>	NA	2,0 <sup>c</sup>
4	2,0	4,0 <sup>b</sup>	2,0 <sup>e</sup>	4,0 <sup>b,e</sup>	2,0 <sup>e</sup>	4,0 <sup>b,e</sup>	2,0 <sup>c</sup>	4,0 <sup>b,c</sup>	NA	2,0 <sup>b,c</sup>	NA	4,0 <sup>c</sup>
5	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	2,0	4,0 <sup>b</sup>	2,0	4,0 <sup>b</sup>	2,0	4,0 <sup>b</sup>	NA	4,0 <sup>b</sup>	NA	4,0 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Depends on the class of the local power supply system.  
<sup>b</sup> Normally tested with primary protection.  
<sup>c</sup> The test level may be lowered by one level if the cable length is shorter or equal to 10 m.  
<sup>d</sup> No test is advised at data connections intended for cables shorter than 10 m.  
<sup>e</sup> If protection is specified upstream from the EUT, the test level should correspond to the protection level when the protection is not in place.  
<sup>f</sup> High speed communications lines could be included under unsymmetrical, symmetrical, shielded I/O and/or communications lines.

Als Bedienungseinheit wird anstelle von Frontplatten-Elementen ein Personal-Computer eingesetzt. Die PC-Software bietet eine Bedieneroberfläche mit Funktionen. Unter anderem lassen sich frei programmierbare Testsequenzen definieren. Alle Testabläufe können für wiederholten Gebrauch abgespeichert und mit dem Prüfparameter protokolliert werden. Die Menüstruktur des Bedienungsprogramms führt den Benutzer in logischer Weise bei der Erstellung des Prüfablaufs. Das Programm wird im DOS-Modus mit **NSG650** aufgerufen.

Es können vier verschiedenen Testeinstellungen vorgenommen werden:

- Einzelimpulse
- Sequenzen mit inkrementierender Prüfspannung
- Sequenzen mit inkrementierendem Phasenwinkel
- Frei programmierbare Zusammenstellung von Testprofilen

Für die Einkopplung der Pulse auf die Netzleitung und auf die Datenleitungen stehen passende Koppelnetzwerke zur Verfügung.

**Achtung: Dieses Gerät erzeugt lebensgefährliche Hochspannungen. Beim Betrieb sind die Sicherheitsbestimmungen zu beachten. Die Bedienung darf nur durch unterwiesenes Personal erfolgen.**

**Es besteht Brand- und Explosionsgefahr der Prüfobjekte!**

**Prinzipschaltung des Generators und Zeitverlauf der Prüfspannung**

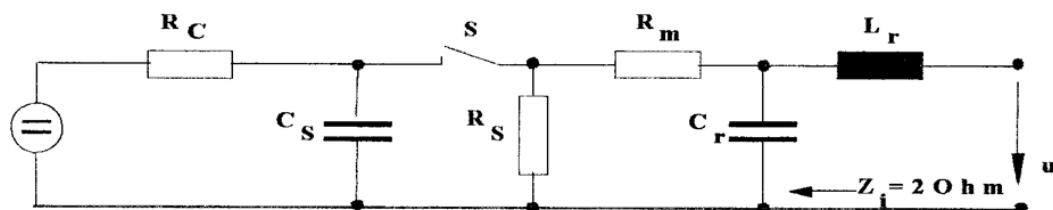
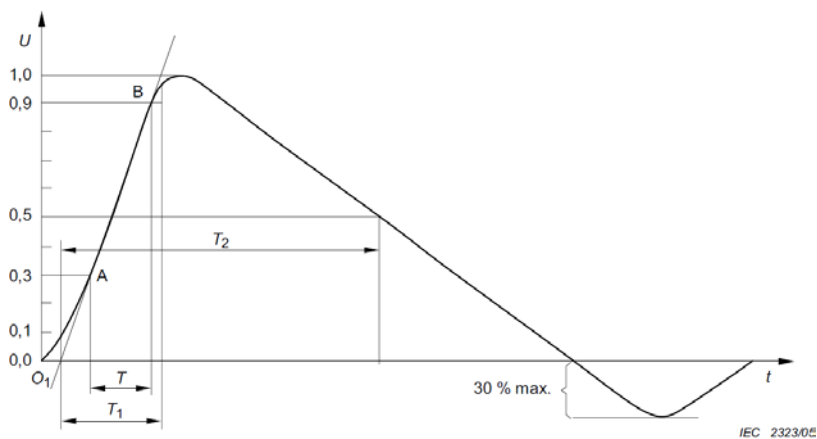
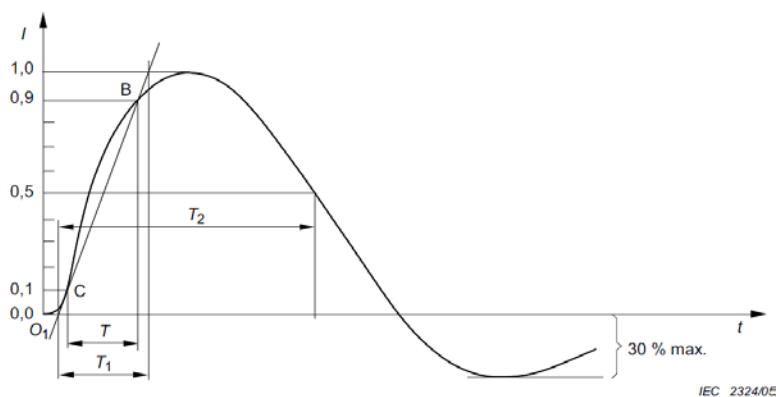


Bild 1: Prinzipschaltbild des Prüfgenerators



Front time:  $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu s \pm 30 \%$   
 Time to half-value:  $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$

Bild 2 : Verlauf der Prüfspannung ( Leerlauf )



Front time:  $T_1 = 1,25 \times T = 8 \mu s \pm 20 \%$   
 Time to half-value:  $T_2 = 20 \mu s \pm 20 \%$

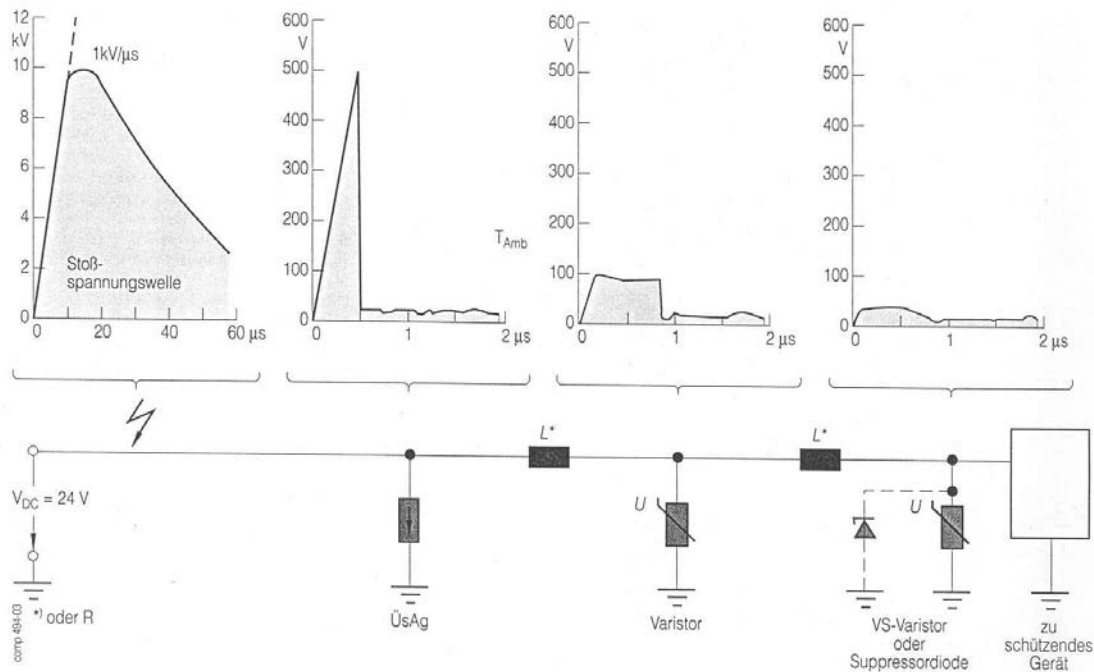
Bild 3 : Verlauf des Stromes bei kurzgeschlossenem Generator

**Parameter der Prüfstörgröße**

$\hat{u} = (0,25 \dots 6,6) \text{ kV}$        $\hat{i} = (0,12 \dots 3,3) \text{ kA}$   
 $T_1 = 1,2 \mu s$                        $T_1 = 8 \mu s$   
 $T_2 = 50 \mu s$                        $T_2 = 20 \mu s$   
 (  $T_1$  ... Stirnzeit ;  $T_2$  ... Rückenhalbwertszeit )

## Schutzschaltungen

Überspannungsableiter wie Gasentladungsableiter, Varistoren oder Suppressordioden werden als Staffelschutz gegen die Auswirkung von Überspannungen verwendet. Die Kennwerte einer Schutzschaltung sind die Ansprechspannung, das Ableitvermögen und die Ansprechzeit.



## Staffelschutz mit Überspannungsableiter, Varistor oder Suppressordiode

Anmerkung: HSG ist das Hochspannungstestgerät (hier NSG 650); Die Spannungsverläufe an dem Varistor und an der Suppressordiode sind leider fehlerhaft (X-Achse)

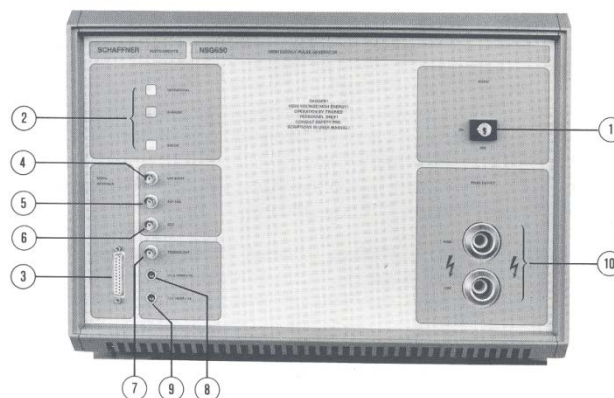
### Aufgaben:

- 1) Oszillographieren Sie bei einer Prüfspannung von 1kV folgende Signale
  - Ausgangsspannung des Generators im Leerlauf
  - Ausgangsstrom (Generator im Kurzschluss) bei einer Last von  $2 \Omega$  (LZ)
- 2) Aufnahme von  $u = f(t)$  und  $i = f(t)$  sowie der Verlustleistung  $p = f(t)$  an einem Varistor bzw. einer Funkenstrecke (jeweils in der Betriebsart HZ)
- 3) Oszillographieren und erläutern Sie die Spannungsverläufe in dem vorgegebenen Staffelschutz bei einer Prüfspannung von 1kV.
- 4) Protokollieren Sie die Umgebungsbedingungen
  - Umgebungstemperatur
  - Rel. Luftfeuchte
  - Luftdruck
- 5) Welche Umgebungsbedingungen sind nach Norm gefordert? (Für die richtige Beantwortung dieser Frage ist es notwendig die aktuelle Version der EN 61000-4-5 zu sichten (die entsprechende Seite ist diesem Bericht beizulegen)!
  - Die Normen erhalten Sie in der Bibliothek der Jade-Hochschule (bei einem Mitarbeiter melden).

- Die Impulse sind auf der Seite 4 angegeben. Wie groß ist die zulässige Toleranz?
  - Auf welche Impedanz bezieht sich die Angabe der Impulse in der Norm?
  - Sind die gemessenen Impulse Normenkonform?
- 6) Wählen Sie einen geeigneten Varistor für eine Wechselspannung von 230V bei einem geforderten Impulsstrom  $8/20\mu\text{s}$  von 800A und begründen Sie Ihre Wahl. **Das Datenblatt des gewählten Varistors ist dem Bericht beizufügen und alle notwendigen Daten für die Auswahl von Ihnen sind darin zu markieren.** Wie groß ist die Spannung an dem gewählten Varistor bei 1mA und bei 1A?
- 7) Erläutern Sie die Begriffe „HEMP“ und „NEMP“. Welche Normen sind hierfür definiert?
- 8) Erläutern Sie die genaue Funktion des Staffelschutzes unter Berücksichtigung aller verwendeten Bauteile.
- 9) Beschreiben Sie den Prüfaufbau aus EN 61000-4-5 sowohl für symmetrische als auch für asymmetrische Einkopplungen **auf einen Wechselspannungseingang.** (Hier ist eine Grafik sinnvoll !)
- 10) Erläutern Sie die Begriffe **Ansprechgleichspannung** und **Ansprechstoßspannung** bei einem Überspannungsableiter.
- 11) Dokumentation aller verwendeten Geräte .

### Bedienungshinweise:

Bedienungselemente des verwendeten Testgenerators



- 1 Sicherheitsschlüsselschalter
- 2 Gerätestatus (operational → Das Gerät arbeitet ; Standby → Gerät ist im Wartezustand; Error → Siehe Fehlermeldung auf dem steuernden PC)
- 3 Serielle Schnittstelle zur Steuerung des Generators
- 7 Triggerausgang zur Triggerung des Oszilloskopes auf den Pulsbeginn
- 8 U Monitor → Meßausgang für die Impulsspannung (Potentialfrei mit Abschwächung 1:1000 ; Genauigkeit 5% )
- 9 I Monitor → Meßausgang für den Impulsstrom (Potentialfrei mit Abschwächung 1:1000 ( 1000A=1V) Genauigkeit 5%

Der Testgenerator ist mit einem Lichtwellenleiter mit dem steuernden PC verbunden.  
 Auf dem PC wird das Steuerprogramm ( NSG650 ) gestartet.

**Bedeutungen :**

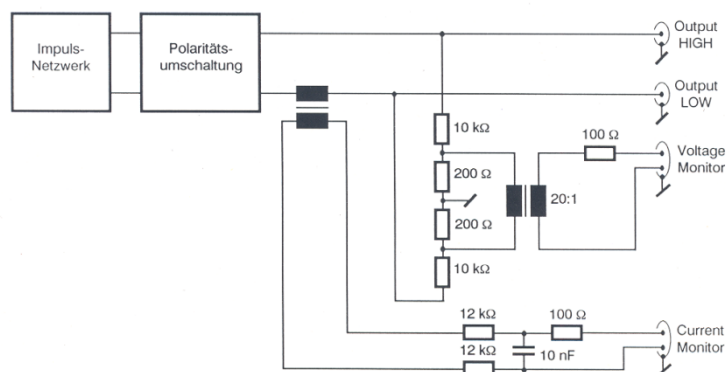
- Surge LZ = Blitzstoßspannung mit niedriger dynamischer Impedanz ( 2 Ω )
- Surge HZ = Blitzstoßspannung mit hoher dynamischer Impedanz ( 12 Ω )
- UP = Spitzenwert des Testimpulses
- Angle = Einkopplungswinkel der Pulsspannung bezüglich Netznulldurchgang.  
 Wahlfeld A/S  
 A : Asynchron. Echt stochastische Einkopplung  
 S : Synchron zum Netz  
 Datenfeld : numerische Eingabe des Phasenwinkels in Grad (0-359°)

Mit der Leertaste können die möglichen Einstellungen ausgewählt werden

Testmode : Single ( = Einzelimpulse )

Eintrag: Do you want to start the test auf YES ( mit der Leertaste ) → CTRL-G startet dann den eigentlichen Impuls

**Meßmonitor ( Prinzipschaltung )**



**Hinweise für die Messung :**

- a) Leerlauf Surge HZ : Zeitbasis 20us/Div      Spannung : 200V/Div ; Trigger Kanal 1(100V)
- b) Kurzschluss Surge LZ : Zeitbasis 5us/Div      Strom : 100A/Div Trigger Kanal 4 Pegel : 3,0V

**Funkenstrecke :**

- a) Gesamtdarstellung:  
 Zeitbasis 0,5us/Div      Spannung : 200V/Div      Strom : 10A/Div
- b) Lichtbogenspannung  
 Zeitbasis 20us/Div      Spannung : 10V/Div      Strom : 10A/Div

**Varistor :** 200V/div + 10A/div mit 20us/div

**Staffelschutz:**

Zeitbasis 0.2us/Div      alle Spannungen : 100V/Div