

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in Straßenfahrzeugen

Leitungsgeführte impulsförmige Störgrößen auf
Versorgungsleitungen in 12-V- und 24-V-Bordnetzen

DIN
40 839
Teil 1

Electromagnetic compatibility (EMC) in road vehicles; Interferences conducted
along supply lines in 12-V- and 24-V-onboard systems

Ersatz für Ausgabe 12.88

Zusammenhang mit ISO 7637-0, ISO 7637-1 und ISO 7637-2, siehe Erläuterungen

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	4.1 Kfz-Bordnetznachbildung	4
2 Begriffe	1	4.2 Ersatzwiderstand R_s	4
3 Prüfung	2	4.3 Schalter S	4
3.1 Allgemeine Prüfbedingungen	2	4.4 Starterbatterie	4
3.2 Prüfung der Störaussendung	2	4.5 Oszilloskop und Tastkopf	4
3.2.1 Prüfung im Labor	2	4.6 Prüfimpulsgenerator	4
3.2.2 Prüfung im Fahrzeug	3	5 Maßnahmen	6
3.3 Prüfung der Störfestigkeit	3	Anhang A Grenzwerte für Störgrößen bei der	
3.3.1 Prüfung im Labor	3	Störaussendung	7
3.3.2 Prüfung im Fahrzeug	4	Anhang B Störfestigkeit	10
4 Prüfmittel	4	Anhang C Elektronischer Schalter	12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in Straßenfahrzeugen.

In dieser Norm werden insbesondere elektrische Störgrößen betrachtet.

Sie beschreibt die Messung von Störgrößen auf dem 12-V- und dem 24-V-Kraftfahrzeug-Versorgungsnetz bzw. an der Kfz-Bordnetznachbildung.

Zulässige Werte und Impulstypen für die Störaussendung werden im Anhang A definiert.

Sie beschreibt die Simulation solcher Störgrößen durch charakteristische Prüfimpulse und gibt Störfestigkeiten an (siehe Anhang B).

Weiter sind Maßnahmen zur Reduzierung der Störaussendung und zur Erhöhung der Störfestigkeit angegeben.

Anmerkung: Für allgemeine EMV-Messungen wird auf DIN VDE 0847 Teil 1 und Teil 2 (z. Z. Entwurf) hingewiesen.

2 Begriffe

2.1 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne dabei diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.2 Kfz-Versorgungsnetz

Das Kfz-Versorgungsnetz ist das in einem Kraftfahrzeug vorhandene Leitungsnetz zur elektrischen Stromversorgung einschließlich der daran angeschlossenen Batterie und des Generators mit Regler.

2.3 Störgröße

Elektromagnetische Größe, die in einer elektrischen Einrichtung eine unerwünschte Beeinflussung hervorrufen kann.

Anmerkung: Störgröße umfaßt als Oberbegriff Begriffe wie Störspannung, Störstrom, Störsignal, Störenergie usw. (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.4 Störquelle

Ursprung von Störgrößen (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.5 Störsenke

Elektrische Einrichtung, deren Funktion durch Störgrößen beeinflusst werden kann (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.6 Funktionsstörung

Unerwünschte Beeinträchtigung der Funktion einer Einrichtung.

Anmerkung 1: Sammelbegriff für Funktionsminderung, Fehlfunktion und Funktionsausfall (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

Anmerkung 2: Die Zuordnung einer Funktionsstörung wird in Anhang B behandelt.

2.6.1 Funktionsminderung

Abweichend von DIN VDE 0870 Teil 1/07.84 wird definiert: Die Funktionsminderung ist die Beeinträchtigung der Funktion einer Einrichtung, die zwar nicht vernachlässigbar ist, aber als zulässig akzeptiert wird. Die Funktionsminderung endet mit dem Abklingen der Störgröße.

2.6.2 Fehlfunktion

Beeinträchtigung der Funktion einer Einrichtung, die nicht mehr zulässig ist. Die Fehlfunktion endet mit dem Abklingen der Störgröße (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Normenausschuß Kraftfahrzeuge (FAKRA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

2.6.3 Funktionsausfall

Beeinträchtigung der Funktion einer Einrichtung, die nicht mehr zulässig ist, und wobei die Funktion nur durch technische Maßnahmen wieder hergestellt werden kann.

Anmerkung: Technische Maßnahmen sind z. B. Instandsetzung, Austausch, Wiedereinschalten, Neuladung von Rechnerprogrammen.

(aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.7 Störaussendung

Von Störquellen abgegebene Störgrößen (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.8 Störfestigkeit

Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, Störgrößen bestimmter Höhe ohne Fehlfunktion zu ertragen (aus: DIN VDE 0870 Teil 1/07.84).

2.9 Kfz-Bordnetznachbildung

Die Kfz-Bordnetznachbildung ist ein Meßhilfsgerät, welches die durchschnittliche Impedanz der Leitungen des Kfz-Versorgungsnetzes nachbildet.

2.10 Prüfpulse

Prüfpulse sind Impulse, die die im Netz wirklich auftretenden Störgrößen hinsichtlich ihrer Auswirkung simulieren sollen. Sie dienen zur Prüfung von elektrischen Einrichtungen und zur Beurteilung ihrer Störfestigkeit.

2.11 Prüfpulsgenerator

Der Prüfpulsgenerator ist ein Gerät zur Erzeugung von Prüfpulsen.

2.12 Einrichtung

Einrichtung ist der Sammelbegriff für Betriebsmittel und Anlage bzw. Gerät und System.

3 Prüfung

3.1 Allgemeine Prüfbedingungen

In den folgenden Abschnitten werden Prüfverfahren angegeben, nach denen man die Störaussendung von Bauteilen auf deren Anschlußleitungen messen bzw. die Störfestigkeit von Bauteilen an den Anschlußklemmen prüfen kann, und zwar sowohl im Labor als auch im Fahrzeug. Die angegebenen Labor-Prüfverfahren, die teilweise die Verwendung einer Kfz-Bordnetznachbildung erfordern, ergeben reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse. Sie liefern damit eine Beurteilungsgrundlage bei der Entwicklung von Geräten und Systemen und können auch zur Serienkontrolle derselben eingesetzt werden.

Zur Erfüllung der Verträglichkeitsbedingung ist es wichtig, daß die von den Geräten in das Bordnetz emittierten Störgrößen bestimmte Grenzwerte, z. B. bezüglich Spannungshöhe, Zeitdauer, Energieinhalt oder Anstiegsgeschwindigkeit des Impulses nicht überschreiten, und daß andererseits die mit den so festgelegten Störgrößen über das Bordnetz beaufschlagten Bauteile diese Störgrößen an ihren Anschlußklemmen in einer zu vereinbarenden Häufigkeit vertragen.

Ein Labor-Prüfverfahren zur Beurteilung der Störfestigkeit eines Gerätes gegen die Beaufschlagung mit Störgrößen an den Anschlußklemmen kann nicht alle Störgrößen beinhalten, die im Bordnetz auftreten können. Die im Abschnitt 4.6 definierten Prüfpulse sind deshalb als charakteristische oder typische Impulse zu betrachten, mit deren Anwendung auf ein zu prüfendes Gerät ein Großteil der im Fahrzeug zu

erwartenden Beanspruchung abgedeckt wird. Im einzelnen Fall kann die Anwendung zusätzlicher Prüfpulse erforderlich sein. Andererseits muß die Anwendung aller angeführten Prüfpulse auf ein Bauteil nicht immer notwendig sein, wenn z. B. das Bauteil aufgrund seiner Schaltung im Bordnetz oder seiner Funktion von einem bestimmten Impulstyp nicht beaufschlagt wird.

Es gehört deshalb zu der Verantwortung des Kfz-Herstellers, die für ein bestimmtes Bauteil anzuwendenden Prüfpulse festzulegen.

Unter Verwendung definierter Störemissionsgrenzwerte und definierter Prüfpulse liefert das Labor-Prüfverfahren die Möglichkeit, ein Verträglichkeitsniveau der Bauteile für deren weitere Erprobung im Fahrzeug sicherzustellen. Für die endgültige Beurteilung der Brauchbarkeit eines Bauteils oder Systems in bezug auf seine elektromagnetische Verträglichkeit ist seine Prüfung und Erprobung im Fahrzeug unerlässlich.

3.1.1 Prüftemperatur und Prüfspannung

Die Umgebungstemperatur bei der Prüfung beträgt $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sofern nichts anderes zwischen den Anwendern dieser Norm ausdrücklich vereinbart und in den Prüfberichten festgehalten wurde.

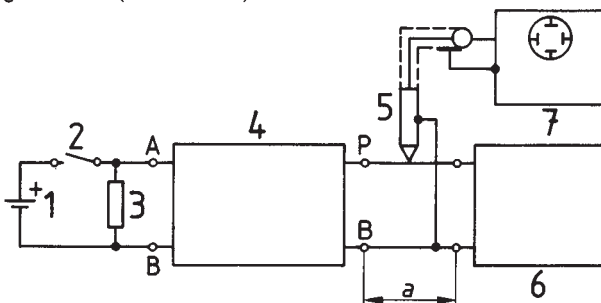
Die Prüfspannung U_p , gemessen an den Klemmen des Prüflings, beträgt $(13,5 \pm 0,2)\text{V}$ für Bauteile für 12-V-Bordnetze und $(27 \pm 0,2)\text{V}$ für Bauteile für 24-V-Bordnetze, sofern nichts anderes zwischen den Anwendern dieser Norm ausdrücklich vereinbart und in den Prüfberichten festgehalten wurde.

3.2 Prüfung der Störaussendung

3.2.1 Prüfung im Labor

Der Laborversuch zur Messung der von Geräten ausgesandten Störgrößen wird unter Benutzung der Kfz-Bordnetznachbildung (siehe Abschnitt 4.1) durchgeführt. Dabei ist das Gerät bzw. die Zusammenschaltung von Geräten bestimmungsgemäß zu betreiben. Die Störquelle ist über die Netznachbildung mit dem Ersatzwiderstand R_s (siehe Abschnitt 4.2), dem Schalter S (siehe Abschnitt 4.3) und der gepufferten Starterbatterie (siehe Abschnitt 4.4) verbunden (siehe Bild 1).

Die Leitungen zwischen den Klemmen der Störquelle (Prüfling) und der Bordnetznachbildung sollen gerade verlegt sein. Die auftretende Störspannung wird mit einem Tastkopf und einem Oszilloskop möglichst nahe an der Störquelle gemessen (siehe Bild 1):



- 1 Starterbatterie, gepuffert, nach Abschnitt 4.4
- 2 Schalter S nach Abschnitt 4.3
- 3 Ersatzwiderstand R_s nach Abschnitt 4.2
- 4 Kfz-Bordnetznachbildung
- 5 Tastkopf des Oszilloskops
- 6 Störquelle, Prüfling
- 7 Oszilloskop
- a Leitungslängen $(0,5 \pm 0,05)\text{m}$ bzw. $(0,2 \pm 0,02)\text{m}$ (siehe Abschnitt 3.3.1)

Bild 1. Prüfschaltung zur Messung ausgesandter Störspannungen im Labor

- Dauerstörer werden bei geschlossenem Schalter S gemessen.
- Wenn die Störspannung als Folge des Abschaltens der Versorgung auftritt, muß die Messung im Augenblick des Öffnens von Schalter S beginnen und die gesamte Störaussendung erfassen.

Die gemessenen Störgrößen sind den im Anhang A angegebenen charakteristischen Impulsen zuzuordnen, sowie in ihrem Störaussendungsgrad zu klassifizieren.

3.2.2 Prüfung im Fahrzeug

Die von der zu untersuchenden Störquelle ausgesandten Störgrößen werden mit dem im Abschnitt 4.5 spezifizierten Oszilloskop mit Tastkopf, und zwar so nahe wie möglich an den Klemmen der Störquelle, gemessen.

Während des Ein- und Ausschaltens sowie während des Betriebs der Störquelle werden die Werte der ausgesandten Störgrößen ermittelt.

Diese Werte dienen zur Bestätigung der Meßergebnisse aus der Prüfung im Labor (siehe Abschnitt 3.2.1). Gegebenenfalls müssen die Anforderungen und/oder Bedingungen der Laborprüfung korrigiert werden. Weiterhin ergeben sich aus den Werten Hinweise für die Wahl der geeigneten Prüfpulse bei der Störfestigkeitsprüfung von Störsenken nach Abschnitt 3.3.1.

3.3 Prüfung der Störfestigkeit

3.3.1 Prüfung im Labor

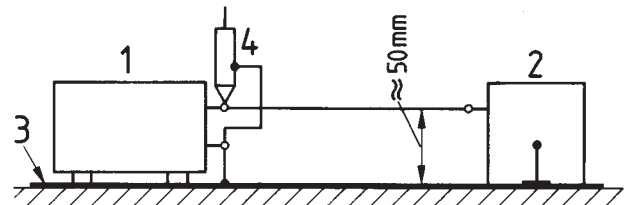
Der Laborversuch zur Überprüfung der Störfestigkeit von Einbaugeräten für das Kraftfahrzeug wird nach Bild 2 in der Anordnung von Bild 3 bzw. Bild 4 durchgeführt.

Der Prüfpulsgenerator (siehe Abschnitt 4.6) wird im Leerlauf auf die spezielle Polarität, Höhe und Dauer der Impulse sowie auf den erforderlichen Innenwiderstand eingestellt. Diese Daten sind in Anhang B angegeben. Dann wird die Störsenke mit dem Prüfpulsgenerator verbunden (siehe Bilder 2 bis 4). Je nach Beaufschlagungsart wird die Störsenke während und/oder nach der Beaufschlagung auf

ihren Zustand untersucht. Zur korrekten Darstellung der anzuwendenden Prüfpulse kann es nötig sein, die Versorgungsspannung in geeigneter Weise ein- und auszuschalten. Dies geschieht durch den Prüfpulsgenerator, über den auch die Versorgungsspannung geliefert wird.

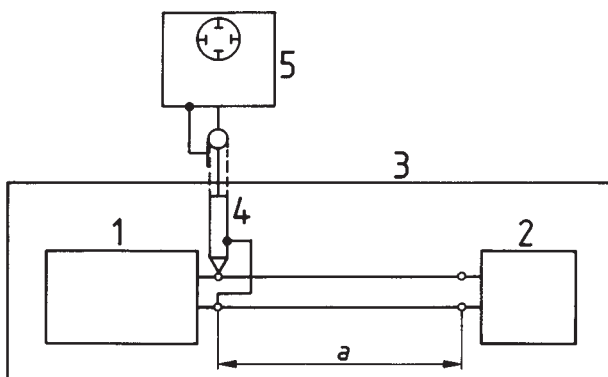
Die in den Bildern 2 bis 4 dargestellten Leitungen zwischen den Klemmen der Störsenke (Prüfling) und dem Prüfpuls-generator sollen in einem Abstand von etwa 50 mm von der Blechplatte gerade verlegt sein und eine Länge von $(0,5 \pm 0,05)$ m haben.

Bei den Prüfpulsen 3 a und 3 b nach Bild 9 und 10 ist die Leitungslänge auf $(0,2 \pm 0,02)$ m zu reduzieren, um die Leitungsdämpfung gering zu halten.



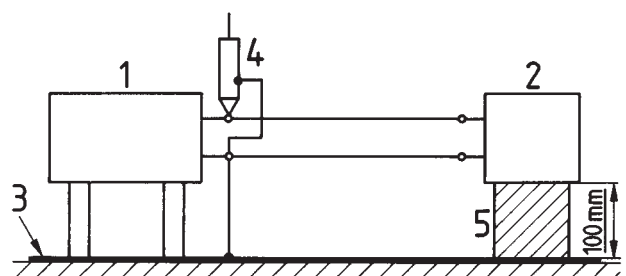
- 1 Prüfpulsgenerator mit integriertem Innenwiderstand R_i
- 2 Störsenke (Prüfling)
- 3 Blechplatte, blank oder mit metallischem Oberflächen-schutz, $(1 \pm 0,2)$ mm dick
- 4 Tastkopf des Oszilloskops

Bild 3. Schaltung zur Prüfung der Störfestigkeit einer Störsenke gegenüber Impulsen, die über die Versorgungsleitungen in den Prüfling gelangen. Räumliche Anordnung des Meßaufbaus (Seitenansicht) bei elektrisch unsymmetrischem Prüfling (zur Vereinfachung der Darstellung wurde das Oszilloskop (5) aus Bild 2 weggelassen). Das Gehäuse des Prüflings ist galvanisch mit der Blechplatte (3) verbunden.



- 1 Prüfpulsgenerator mit integriertem Innenwiderstand R_i
 - 2 Störsenke (Prüfling)
 - 3 Blechplatte, blank oder mit metallischem Oberflächen-schutz, $(1 \pm 0,2)$ mm dick
 - 4 Tastkopf des Oszilloskops
 - 5 Oszilloskop
- a Leitungslängen $(0,5 \pm 0,05)$ m bzw. $(0,2 \pm 0,02)$ m

Bild 2. Schaltung zur Prüfung der Störfestigkeit einer Störsenke gegenüber Impulsen, die über die Versorgungsleitungen in den Prüfling gelangen. Prinzipielle räumliche Anordnung des Meßaufbaus (Draufsicht)



- 1 Prüfpulsgenerator mit integriertem Innenwiderstand R_i
- 2 Störsenke (Prüfling)
- 3 Blechplatte, blank oder mit metallischem Oberflächen-schutz
- 4 Tastkopf des Oszilloskops
- 5 Abstandshalterung aus Isolierstoff für den Prüfling. Der Aufbau soll eine möglichst niedrige Kapazität zwischen 2 und 3 schaffen.

Bild 4. Schaltung zur Prüfung der Störfestigkeit einer Störsenke gegenüber Impulsen, die über die Versorgungsleitungen in den Prüfling gelangen. Räumliche Anordnung des Meßaufbaus (Seitenansicht) bei elektrisch symmetrischem Prüfling (zur Vereinfachung der Darstellung wurde das Oszilloskop (5) aus Bild 2 weggelassen).

3.3.2 Prüfung im Fahrzeug

Die an den Klemmen der Störsenke anliegenden Störgrößen werden mit dem im Abschnitt 4.5 spezifizierten Oszilloskop mit Tastkopf gemessen.

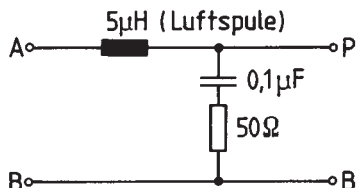
Durch Ein- und Ausschalten von bekannten Störquellen im Fahrzeug wird die Störsenke an ihrem Einbauort auf Funktion untersucht und die anliegenden Störgrößen gemessen. Die gemessenen Werte dienen als Grundlage für die Festlegung der Prüfpulse für die Prüfung der Störsenke im Labor nach Abschnitt 3.3.1.

4 Prüfmittel

Die wesentlichen Merkmale der bei den Prüfverfahren nach Abschnitt 3 zu verwendenden Prüfmittel sind wie folgt definiert.

4.1 Kfz-Bordnetznachbildung

Die Kfz-Bordnetznachbildung simuliert die Impedanz des Fahrzeugkabelbaumes. Sie ermöglicht den Vergleich der Störaussendung von verschiedenen Störquellen bei der Prüfung im Labor. Ein Prinzipschaltbild der Kfz-Bordnetznachbildung ist in Bild 5 angegeben. Hieraus ergibt sich der in Bild 6 dargestellte Betrag der Impedanz $|Z_{PB}|$ zwischen den Klemmen P und B der Kfz-Bordnetznachbildung als Funktion der Frequenz unter Annahme idealer Bauelemente und bei kurzgeschlossenen Klemmen A und B. Bei der realen Kfz-Bordnetznachbildung darf der Impedanzverlauf um nicht mehr als 10% von der in Bild 6 dargestellten Kurve abweichen.



A Anschluß Stromversorgung
B Anschluß Bezugsmasse
P Anschluß Prüfling

Bild 5. Prinzipschaltbild der Kfz-Bordnetznachbildung

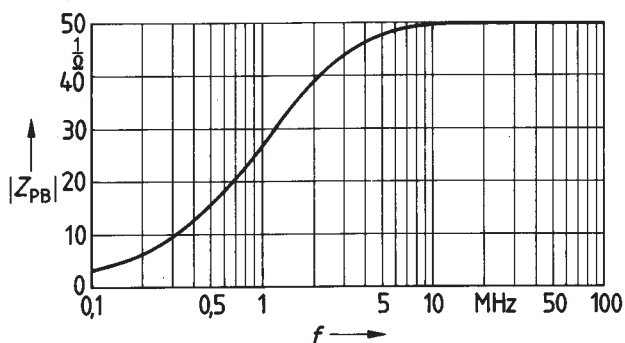


Bild 6. Impedanz $|Z_{PB}|$ als Funktion der Frequenz f von 100 kHz bis 100 MHz (Klemmen A und B kurzgeschlossen)

4.2 Ersatzwiderstand R_s

Der Ersatzwiderstand R_s (siehe Bild 1) simuliert den Gleichstromwiderstand nicht abschaltbarer Verbraucher im Kraftfahrzeug. Der Wert von R_s wird vom Fahrzeughersteller gewählt entsprechend demjenigen Widerstand, der im Fahrzeugkabelbaum bei ausgeschaltetem Zündschalter (Zündschloß) zwischen der unterbrochenen Zündschloßklemme und Masse zu messen ist. Bei fehlender Spezifikation ist ein Wert von $R_s = 40 \Omega$ zu benutzen. Bei Ausführung als Drahtwiderstand ist auf bifilare Wicklungsart zu achten.

4.3 Schalter S

Der Schalter S (siehe Bild 1) hat einen wesentlichen Einfluß auf die entstehenden Störspannungsimpulse bei dem Meßverfahren nach Abschnitt 3.2.1.

Wird ein für die jeweilige Anwendung üblicher Schalter verwendet, wird empfohlen, ausreichend viele Messungen durchzuführen, so daß eine statistisch gesicherte Aussage möglich ist. Ein elektronischer Schalter für reproduzierbare Meßergebnisse ist im Anhang C beschrieben.

4.4 Starterbatterie

Es ist eine für die jeweilige Anwendung übliche gepufferte Starterbatterie zu verwenden, d. h. die Batteriespannung wird durch ständiges Laden auf U_P gehalten.

4.5 Oszilloskop und Tastkopf

Es sind Speicheroszilloskope zu verwenden.

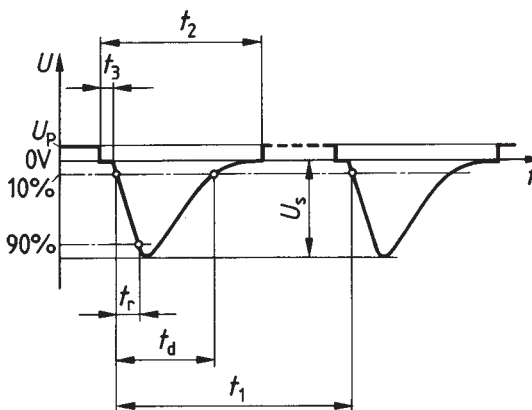
Die Bandbreite f_g des Oszilloskops und des Tastkopfes mit seinem Anschlußkabel muß der Anstiegszeit t_r der Störspannungsimpulse entsprechen.

4.6 Prüfpulsgenerator

Prüfpulsgeneratoren müssen in der Lage sein, die nachfolgend spezifizierten Impulse zu erzeugen. Die zur Beurteilung der Störfestigkeit empfohlenen Prüfwerte werden im Anhang B angegeben.

4.6.1 Prüfpuls 1

Der Prüfpuls 1 bildet Impulse nach, die beim Abschalten induktiver Lasten entstehen. Solche Impulse sind auf ein zu prüfendes Gerät dann anzuwenden, wenn es im Bordnetz so geschaltet ist, daß es beim Abschalten einer induktiven Last zu dieser direkt parallel geschaltet verbleibt. Bei diesem Vorgang wird also auch die Versorgungsspannung am betreffenden Eingang des zu prüfenden Gerätes abgeschaltet. Prüfpuls 1 wird durch die in Bild 7 dargestellte Kurvenform sowie die nachfolgend angegebenen Einstellwerte beschrieben.



Einstellwerte für 12-V-Bordnetzspannung

$U_s = 0$ bis -100 V $t_r = 1 \mu s$ (bei $U_s = -100$ V)
 $R_i = 10 \Omega$ $t_1 = 0,5$ bis 5 s
 $t_d = 2$ ms $t_2 = 200$ ms
 $t_3 \leq 100 \mu s$ (kürzestmögliche Zeit zwischen dem Abschalten der Versorgungsquelle und dem Anlegen des Impulses ist anzustreben)

Einstellwerte für 24-V-Bordnetzspannung

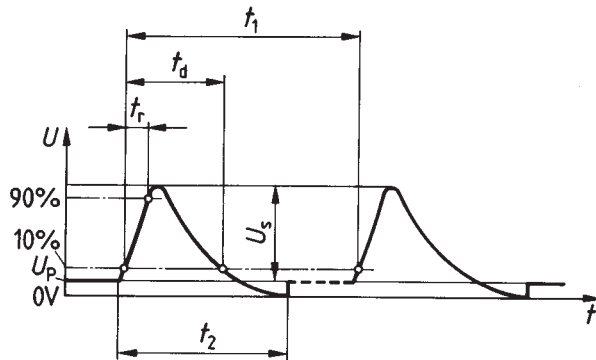
$U_s = 0$ bis -200 V
 $R_i = 10 \Omega$ bis 50Ω
 $t_d = 2$ ms
 $t_r = 3 \mu s$ (bei $U_s = -200$ V)
 $t_1 = 0,5$ bis 5 s
 $t_2 = 200$ ms
 $t_3 \leq 100 \mu s$ (kürzestmögliche Zeit zwischen dem Abschalten der Versorgungsquelle und dem Anlegen des Impulses ist anzustreben)

Bild 7. Prüfpuls 1

4.6.2 Prüfpuls 2

Der Prüfpuls 2 bildet Impulse nach, die z. B. durch folgenden Vorgang ausgelöst werden:

Nach Ausschalten der Zündung können Gleichstrommotoren im Fahrzeug, die am gleichen Schalter wie die Zündung angeschlossen sind, wegen ihres Schwungmomentes weiterlaufen und als Generatoren wirken, wobei sie infolge ihrer Induktivität bei jedem Schalten des Unterbrechers Spannungsspitzen auf der abgeschalteten Versorgungsleitung der Zündung erzeugen. Der Prüfpuls 2 wird durch die in Bild 8 dargestellte Kurvenform sowie die nachfolgend angegebenen Einstellwerte beschrieben:



Einstellwerte für 12-V-Bordnetzspannung

$U_s = 0$ bis 100 V
 $R_i = 10 \Omega$
 $t_d = 0,05$ ms
 $t_r = 1 \mu\text{s}$ (bei $U_s = 100$ V)
 $t_1 = 0,5$ bis 5 s
 $t_2 = 200$ ms

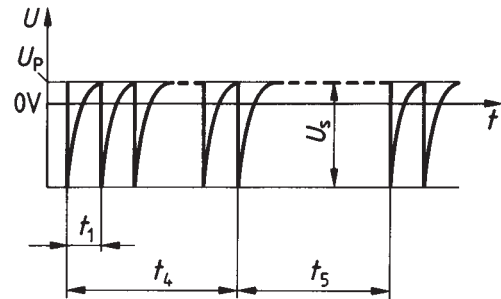
Einstellwerte für 24-V-Bordnetzspannung

$U_s = 0$ bis 100 V
 $R_i = 10 \Omega$ bis 50 Ω
 $t_d = 0,05$ ms
 $t_r = 1 \mu\text{s}$ (bei $U_s = 100$ V)
 $t_1 = 0,5$ bis 5 s
 $t_2 = 200$ ms

Bild 8. Prüfpuls 2

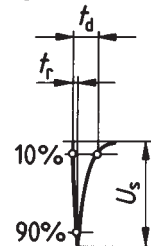
4.6.3 Prüfpuls 3

Die Prüfpulse 3a und 3b bilden Impulse nach, die bei Schaltvorgängen entstehen und deren charakteristische Größen z. B. durch verteilte Kapazitäten und Induktivitäten beeinflusst werden. Sie werden durch die dargestellten Kurvenformen in Bild 9 und Bild 10 sowie die nachfolgend angegebenen Einstellwerte beschrieben.



Einstellwerte für 12-V-Bordnetzspannung

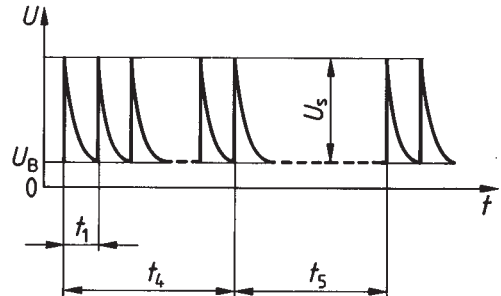
$U_s = 0$ bis -150 V
 $R_i = 50 \Omega$
 $t_d = 0,1 \mu\text{s}$
 $t_r = 5$ ns (bei $U_s = -150$ V)
 $t_1 = 100 \mu\text{s}$
 $t_4 = 10$ ms
 $t_5 = 90$ ms



Einstellwerte für 24-V-Bordnetzspannung

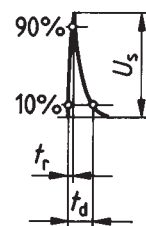
$U_s = 0$ bis -200 V
 $R_i = 50 \Omega$
 $t_d = 0,1 \mu\text{s}$
 $t_r = 5$ ns (bei $U_s = -200$ V)
 $t_1 = 100 \mu\text{s}$
 $t_4 = 10$ ms
 $t_5 = 90$ ms

Bild 9. Prüfpuls 3a



Einstellwerte für 12-V-Bordnetzspannung

$U_s = 0$ bis 100 V
 $R_i = 50 \Omega$
 $t_d = 0,1 \mu\text{s}$
 $t_r = 5$ ns (bei $U_s = 100$ V)
 $t_1 = 100 \mu\text{s}$
 $t_4 = 10$ ms
 $t_5 = 90$ ms



Einstellwerte für 24-V-Bordnetzspannung

$U_s = 0$ bis 200 V
 $R_i = 50 \Omega$
 $t_d = 0,1 \mu\text{s}$
 $t_r = 5$ ns (bei $U_s = 200$ V)
 $t_1 = 100 \mu\text{s}$
 $t_4 = 10$ ms
 $t_5 = 90$ ms

Bild 10. Prüfpuls 3b