

Impedanz und Phase von Fahrzeugnetznachbildungen (CISPR16-1-2) *Impedance and phase of automotive LISNs according to CISPR16-1-2*

Die 5 μ H+1 Ω -Netznachbildung

Die 5 μ H+1 Ω Netznachbildung ist in Abschnitt 4.5 der Norm CISPR16-1-2:2014 wie im Bild 1 dargestellt definiert. Da dieses Netzwerk für den Betriebsgleichstrom einen Widerstand von 1 Ω darstellt, sollte es nicht unmittelbar mit dem Verbraucher in Reihe geschaltet werden. Dadurch würde bei den üblichen Betriebsströmen deutlich mehr Spannung abfallen als vertretbar wäre.

Deshalb ist es erforderlich die Schaltung so anzupassen, dass sie die erforderliche Impedanz annähert, ohne sie unmittelbar in Reihe mit dem Prüfling zu schalten. In CISPR16-1-2/Bild 6 findet sich hierzu ein Vorschlag der nachfolgend in Bild 2 vereinfacht wiedergegeben ist.

Dieser Vorschlag schaltet den ohmschen Anteil der Nachbildungsimpedanz parallel zur Spannungsquelle. Es wird angenommen, dass die Impedanz der Spannungsquelle stets deutlich größer als 1 Ω ist, wodurch die Gesamtimpedanz immer um die 1 Ω liegt. Selbst wenn das mal nicht der Fall sein sollte, bleibt der Einfluss auf den Betrag der Impedanz verschwindend gering. Dies gilt jedoch nicht für die Phase (Bild 3).

Phase im Kurzschlussfall

Bei AE-Seitigem Kurzschluss ist der 1 Ω -Widerstand überbrückt. Die Netznachbildung bildet nun nicht mehr (5 μ H + 1 Ω)||50 Ω nach, sondern lediglich 5 μ H || 50 Ω . Der resultierende Phasenfehler bei einem perfekten Kurzschluss beträgt rechnerisch 11,88° und überschreitet damit das Fehlerbudget von 11,5°. Aufgrund von Verlusten im Aufbau ist die Güte als auch die Phasenverschiebung geringer als rechnerisch erwartet. Dadurch halten die Netznachbildungen die Grenzwerte in der Praxis knapp ein.

Eine Netznachbildung mit Vordrossel wäre theoretisch ebenfalls denkbar. Dies ist jedoch mit erheblichem Mehraufwand verbunden und in CISPR16-1-2 nicht beschrieben. Diese Vordrossel müsste, analog zur Vordrossel in der 50 μ H-Netznachbildung, eine größere Induktivität aufweisen. Das wäre mit entsprechendem Aufwand bezüglich Kosten, Baugröße und Wärmeentwicklung verbunden. Ebenso würde die Nutzbarkeit für ISO7637-2 wegfallen.

Dem trägt die CISPR16-1-2 in der Form Rechnung, dass nur sehr geringe Entkopplungswerte gefordert werden. Leider wurde dies nicht auf die Phasengrenzwerte übertragen.

The 5 μ H+1 Ω LISN

CISPR16-1-2:2014 section 4.5 defines the impedance of the LISN according to figure 1. Because of the high DC resistance, it cannot be put in series with the load, as the resulting voltage drop would be unacceptable.

Therefore, it is required to modify the circuit to approximate the given impedance without putting a DC resistance in series with the equipment under test. CISPR16-1-2/Fig. 5 shows a possible solution. It is shown in simplified form in figure 2.

The resistive part of the low-frequency impedance is connected in parallel with the power supply (via a decoupling capacitor) assuming that the power supply impedance will always be greater than 1 Ω . Even when the power supply impedance is low there is nearly no impact on the magnitude of the LISN impedance. This does not hold true for the phase (see figure 3).

Phase difference with AE shorted

Shorting the AE port of the LISN shorts the 1 Ω -resistor. The LISN has become a 5 μ H || 50 Ω LISN. This results in a theoretical phase error of 11.88° in case of a perfect short and exceeds the error budget of 11.5°. Because of losses in the inductor and associated components the quality factor of the inductor is reduced, reducing the phase error in the process. This makes the practical LISN barely pass the tests.

Solving this issue would require an extra filter choke at the input, which – while possible – would increase the complexity and is not described in CISPR16-1-2. This choke would need to be of larger value – as in the 50 μ H mains LISN – causing additional cost, size and heat issues. It would also require a different LISN (without filter choke) for ISO7637-2.

CISPR16-1-2 accounts for this by requiring very low decoupling at low frequencies. Unfortunately, this has not been applied to phase limits.

Lösungsansätze

Die grundlegende Problematik kann nur durch die Normungskommission ausgeräumt werden. Dennoch ist die Nutzung der Netznachbildung auch dann möglich, wenn die Phasengrenzwerte gemäß CISPR16-1-2 nicht eingehalten werden:

Denn für die meisten Anwendungsfälle dürfte CISPR25 die relevantere Norm sein. Hier gelten andere Impedanzgrenzwerte, so dass in diesem Fall auch eine Kalibrierung nach CISPR25 durchzuführen ist. Eine Tauglichkeit nach CISPR16-1-2 ist nicht auf CISPR25 übertragbar, da die obere Impedanzgrenze für CISPR25 niedriger ist. Die CISPR25 sieht keine Phasengrenzwerte vor, somit ist der Tauglichkeitsnachweis in der Regel mit großer Reserve zu erbringen.

Wenn tatsächlich eine Netznachbildung nach CISPR16-1-2 benötigt wird und der Tauglichkeitsnachweis nicht mit der erforderlichen Sicherheit erbracht werden kann bietet CISPR16-1-2 Abschnitt 4.2 die Möglichkeit, größere Phasenfehler zuzulassen insofern man diese in die Unsicherheitsbilanz mit aufnimmt. Auf diesem Weg können die fehlenden ca. 2° auf Kosten von wenigen zehntel dB Messunsicherheit zugelassen werden.

Possible solutions

It is up to the CISPR committee to resolve the normative issue.

But it is still possible to use the LISN, even when the phase response is out of the CISPR16-1-2 limits:

In most cases the relevant standard is CISPR25. CISPR25 has different limits, so a calibration according to CISPR16-1-2 is not valid for CISPR25. Because CISPR25 does not include phase limits, a calibration according to this standard is easily passed.

If compliance to CISPR16-1-2 is really required and the suitability of the LISN cannot be confirmed with the appropriate certainty CISPR16-1-2 section 4.2 allows to increase the phase margin by including the increased phase margin into the uncertainty budget. This way the missing approx. 2° phase can be accounted by additional tenths of dB uncertainty.

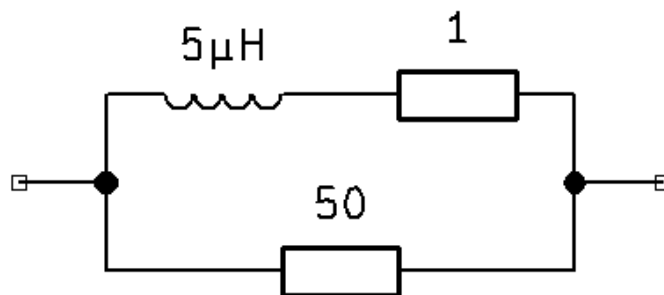


Bild 1: Nachbildeimpedanz gemäß CISPR16-1-2 Abschnitt 4.5
Fig. 1: LISN impedance as defined in CISPR16-1-2 section 4.5

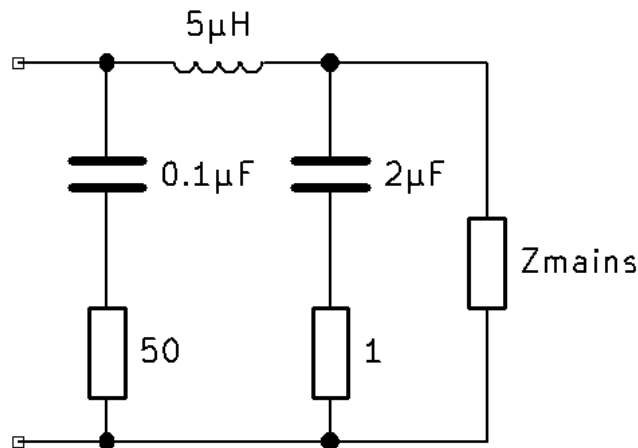


Bild 2: Reale Netznachbildung gemäß CISPR16-1-2 Bild 6 bzw. Bild A.1 mit Netzimpedanz
Fig. 2: real LISN according to CISPR16-1-2 Fig.6 / Fig. A1 with mains impedance added

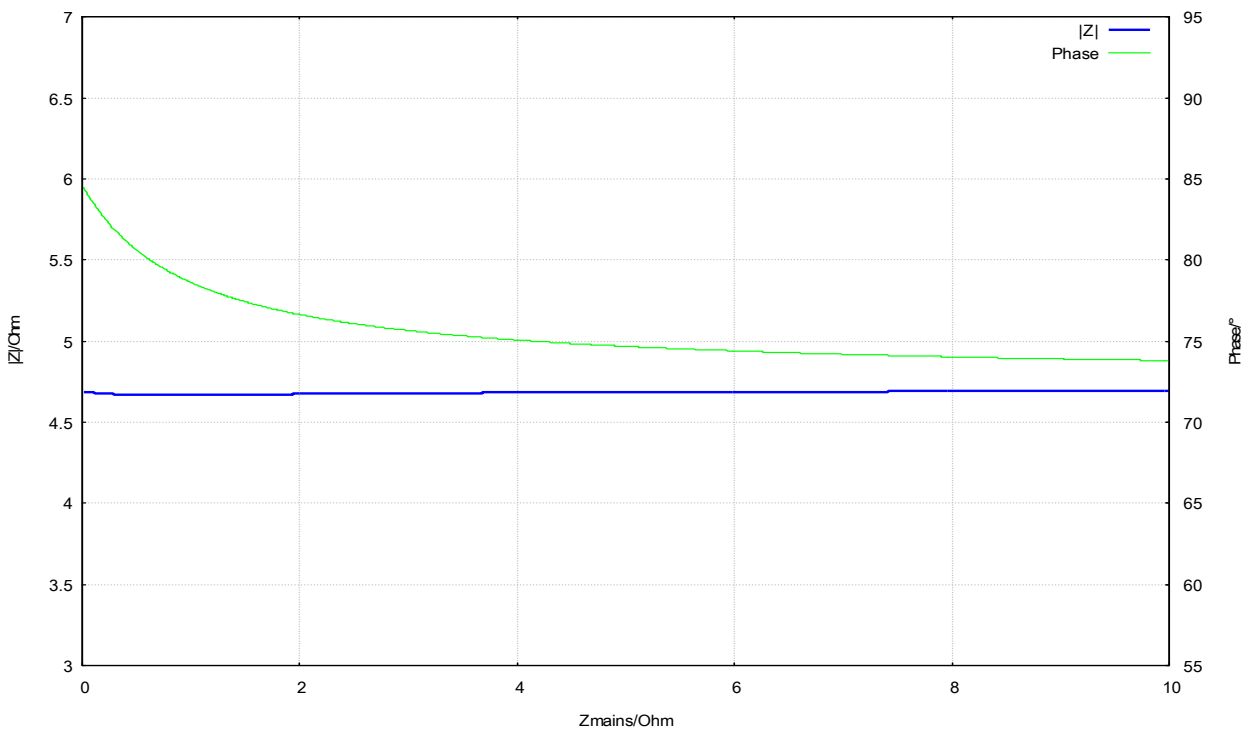


Bild 3: Nachbildeimpedanz in Abhängigkeit von der Netzimpedanz bei 150 kHz
Fig. 3: LISN impedance over mains impedance at 150 kHz