

EMI - Netznachbildungen, EMV-Koppelnetzwerke, Tastköpfe

Bei *Störspannungsmessungen auf Leitungen* werden Netznachbildungen benötigt, um stets gleiche, standardisierte Quellimpedanzen für die Netzspeisung des Prüflings sicherzustellen, ferner Fremdstörungen aus dem Speisernetz abzuschwächen und die Störspannung ab 9 kHz dem Meßempfänger zuzuführen. Nicht zur Messung vorgesehene niederfrequente Störsignale und Netzharmonische werden bei unseren Netznachbildungen durch *Hochpaß-Filter* stark reduziert; gleichzeitig sorgt dieses Sperrfilter dafür, daß bereits die Meßfrequenz 9 kHz praktisch ungeschwächt übertragen wird, während der in einem CISPR-Beispiel vorgesehene 0,25 μ F-Koppelkondensator für diese tiefste Frequenz ca. 5 dB Abschwächung bewirkt. Außerdem besteht beim Koppelkondensator die Gefahr einer Beschädigung von Empfängereingängen durch starke Impulse durch Zu- und Abschaltung von Prüflingen. In kritischen Fällen können Pulsbegrenzer und Sicherungen vor den Empfängereingang gelegt werden (Typ VTSD 9561).

Die ersten Netznachbildungen Ende der vierziger Jahre stammten von Schwarzbeck, gefolgt von Quante und Siemens. Damals war die Impedanznorm 150 Ohm von 0,15 MHz - 30 MHz mit dem Ziel, einen mittleren Wert zwischen Freileitungsnetz-Wellenwiderständen und typischen Kabel-Wellenwiderständen als Referenzimpedanz anzubieten. Daher mußten die Scheinwiderstände der Längsdrosseln für die Prüflingspeisung *groß gegen 150 Ohm* sein, also im Millihenry-Bereich liegen. Dies war nur mit Eisenkernen realisierbar, die bei tiefen Frequenzen eine hohe wirksame Permeabilität besaßen. Daß dies zu Problemen führen kann, zeigte eine Vergleichsmessung beim damaligen Fernmeldetechnischen Zentralamt. Mit den Phasenanschnittsteuerungen (z.B. "Dimmer") war eine neue Generation von Prüflingen mit außergewöhnlich starken Störspektren im VLF- und Langwellenbereich auf dem Markt erschienen, die an die Störmeßempfänger und selbst an die *Netznachbildungen* neue, sehr hohe Anforderungen stellten: Wird durch ein Funkentstörfilter das sehr starke 100-Hz-Triac-Spektrum unter die 150-kHz-Grenze "verdrängt", besteht durch *Intermodulation an der beschränkten Linearität von Eisenkerndrosseln die Gefahr einer "Neubildung" sonst nicht vorhandener Spektrumanteile oberhalb 150 kHz*. So könnte ein Prüfling den Grenzwert scheinbar überschreiten, obwohl bei korrekter Meßtechnik dies nicht der Fall ist. Der Vergleich beim FTZ ergab gegenüber dem Ergebnis mit der damaligen 150-Ohm-Netznachbildung Typ NNBM von Schwarzbeck mit einer anderen "soliden" Nachbildung eine Mehranzeige von 1 dB, mit einer weiteren, mit Ferritstabkerndrosseln aufgebauten fremden Netznachbildung eine *Mehranzeige von 6 dB* und damit eine Grenzwertüberschreitung. Ursache war die vor allem in Ferrit-Drosseln entstehende Nicht-Linearität bei stärkerem Stromfluß, die zu dem Intermodulationsbeitrag ab 150 kHz führte. Dies wurde durch eine hier speziell angefertigte Netznachbildung mit Luftspulen, die durch Parallelkapazitäten auf 150 kHz eine hohe (Resonanz-) Impedanz ohne Linearitätsprobleme anbot, nachgewiesen.

Dies wurde in den Beratungsgremien über die VDE-Bestimmungen 0875 und 0876, an denen Schwarzbeck von Anbeginn mitarbeitete, eingehend erörtert und führte zu dem Vorschlag, von den bisherigen 150-Ohm-Netznachbildungen abzugehen, zumal etwa zur gleichen Zeit erste Überlegungen über eine Meßtechnik im "Längstwellenbereich" (damals 10 kHz - 150 kHz) stattfanden. Nachdem die frühere Betrachtungsweise des *mittleren Wellenwiderstandes* von Freileitungen und Kabeln physikalisch nicht ganz haltbar erschien, da Wellenwiderstandsbetrachtungen nur sinnvoll sind, wenn die Wellenlängen der Meßfrequenzen *klein gegen die Leitungslängen* sind, wurden statistische Untersuchungen über typische *Scheinwiderstände* von Lichtnetzen angestellt. Die Ergebnisse führten zu den heute gültigen Netznachbildungs-Normen, die in VDE 0876 und CISPR-Publikation 16-1 festgehalten sind: für Ströme unter 100 A eine Parallelschaltung von 50 Ohm mit einer Reihenschaltung von 50 μ H und 5 Ohm (CISPR Bild 7a). Zur Verminderung von Fremdstörungen und der Rückwirkung zufälliger Lichtnetzimpedanzen wurden netzseitig je eine weitere Längsdrossel mit 250 μ H und Ableitkapazitäten am Netzeingang und am Fußpunkt des 5-Ohm-Widerstandes vorgesehen. *Diese erzeugen einen kapazitiven Ableitstrom zum Schutzleiter / Gehäuse. Daher können solche normgerechte Netznachbildungen nicht an Stromversorgungen mit Ableitstrom-Schutzschaltern angeschlossen werden. Entweder muß ein Netz-Trenntransformator benutzt werden, oder der FI-Schalter muß mit einem Sicherheitshinweis entfernt werden.*

Fortsetzung NETZNACHBILDUNGEN

Die am weitesten verbreiteten Netznachbildungen dienen der Störspannungsmessung auf den Netzanschlußleitungen der Prüflinge. Dabei wird jeweils die *unsymmetrische HF-Spannung* der Phase(n) und des neutralen (MP) Leiters ausgewählt und zum Meßempfänger übertragen. Unter "unsymmetrisch" wird die Messung eines Leiters gegen Bezugsmasse (Netznachbildungsgehäuse, verbunden mit der Schirmwand des Raums) verstanden. Die übrigen Leiter werden mit 50-Ohm-Widerständen abgeschlossen. Diese Konfiguration wird auch als *V-Netznachbildung* bezeichnet.

Beispiele sind die 2polige V-Netznachbildung NSLK 8127 für 2 x 10 A mit festmontierter Schuko-Netzanschlußleitung und einer herkömmlichen Schukosteckdose mit integrierten 10A-Sicherungen. Für 4 x 16 / 25 Amp. an einer CEKON-Drehstromdose und 2 x 10 Amp. an einer Einphasen-Schukodose ist der Nachbildungstyp NSLK 8126 bestimmt. Mit der nächstgrößeren CEKON-Dose ist die Ausführung NSLK 8128 bestückt für 4 x 32 A / 50 A sowie Schukodose mit 2 x 10 A. Der Schutzleiterkontakt jeweils beider Dosen dieser Netznachbildungsreihe liegt normalerweise an Masse. In den VDE-Bestimmungen gibt es Anweisungen, in bestimmten Fällen auch den Schutzleiter für HF entweder "hochzulegen" (ältere Postverfügung über 1,6 mH), oder wie die übrigen Kabelanschlüsse mit 50 Ohm parallel zu 50 µH mit der Normimpedanz zu belasten. Hierfür ist jeweils dicht neben der Schukodose ein Kippschalter angebracht. Sicherheitstechnisch ist der Schutzkontakt immer (für 50 Hz) niederohmig mit Masse verbunden.

Diese 3 Netznachbildungstypen besitzen serienmäßig einen handbedienten Drehschalter, mit dem ein Pfad von 2 oder 4 ausgewählt werden kann. Falls eine Fernbedienung oder Rechnersteuerung gewünscht wird, kann eine externe Steuerung bestellt werden, für allgemeine Anwendung mit unterschiedlichen Empfängern "Option rcps" (remote control w. power supply) oder für Funkstörmeßempfänger von Schwarzbeck "Option rcfm" (remote control FMLK / FCKL), wobei die Betriebsstromversorgung der Fernschaltung aus dem Empfänger erfolgt.

Die bisher beschriebenen Netznachbildungen zeigen ein Impedanzverhalten nach Fig. 7a der CISPR-Publikation 16-1 (50 Ohm // 50 µH + 5 Ohm mit 250 µH Vordrossel). Sie können innerhalb des Gehäuses umgestellt werden auf die "Hochstromversion" mit geringem Spannungsabfall. Dann entsprechen diese Netznachbildungen dem Impedanzverhalten nach Fig. 7b (50 Ohm // 50 µH), das erst ab 150 kHz definiert ist. Dennoch können die Geräte auch bis 9 kHz herab eingesetzt werden, wobei lediglich unter 25 kHz die Speisetzimpedanz stärker "durchgreift".

Für höhere Ströme sind die vierpoligen Netznachbildungen NNLK 8121, 8129 und 8130 mit 4x100 A, 4 x 200 A und 4 x 300/500 A mit *Flügelklemmen-Anschlüssen* bestimmt. Für alle 3 Versionen ist als Option 2 eine Hochvoltausführung 400 V / 700 V AC lieferbar. Die 4 x 100 A Netznachbildung NNLK 8121 ist die leistungsfähigste Nachbildung, die in einer Option 1 ("Hochstrom") an der rückwärtigen Netzeinspeiseseite 2 x 4 Flügelklemmen 100 A besitzt und damit sowohl die Version (Fig. 7a v. CISPR 16) mit 50 Ohm // 50 µH + 5 Ohm mit 250 µH Vordrossel, definiert von 9 kHz bis 30 MHz einzustellen erlaubt als auch - mit den weiteren 4 Flügelklemmen - die Hochstromversion 50 Ohm // 50 µH, definiert von 150 kHz bis 30 MHz nach Fig. 7b v. CISPR 16-1.

Die 4 x 200 Amp.-Netznachbildung NNLK 8129 ist prinzipiell als Hochstromausführung 50 Ohm // 50 µH (Impedanzverlauf Fig. 7b) ausgestattet, da sich 250 µH-Vordrosseln bei derart hohen Strömen schon wegen ihres unvermeidlichen Wechselstromblindwiderstands verbieten; der Spannungsabfall wäre bei hoher Last zu groß. Falls in Sonderfällen ein Impedanzverlauf nach Fig. 7a, definiert ab 9 kHz, auch bei einer 200 A-Netznachbildung benötigt wird, kann eine hier entwickelte Sonderschaltung mit mäßigem Spannungsabfall und einem speziellen Impedanz-Korrekturnetzwerk eingesetzt werden, die allerdings in Gewicht und Größe die normale Netznachbildung deutlich übertrifft (Anfrage erbeten).

Die Netznachbildung für höchste Ströme, NNLK 8130, ist mit zusätzlichen Lüftern ausgestattet und kann bis 4 x 300 A / 500 A, für kurze Zeit auch bis 4 x 1000 A, eingesetzt werden. Maßgebend ist die Temperatur der Hochstromdoppeldrosseln, die kurzzeitig bis über 150°C erreichen darf.