

Sprachalarmanlagen

ELEKTRISCHE PRÜFUNG MIT DEM MR-PRO



Die Funktionstüchtigkeit einer Sprachalarmanlage kann für die Sicherheit einzelner bis tausender Personen entscheidend sein. Aus diesem Grund ist die korrekte Installation, Überprüfung und Instandhaltung solcher Anlagen von zentraler Bedeutung.

Sprachalarmanlagen in öffentlichen Räumen wie Flughäfen, Bahnhöfen, Kreuzfahrtschiffen, Konferenzzentren oder Schulen dienen z.B. dazu, das Publikum im Notfall mittels einer Durchsage zu informieren. Um die korrekte Funktion des Gesamtsystems bzw. der darin verbauten Komponenten sicherzustellen, sind diese regelmässig zu überprüfen.

Minirator MR-PRO



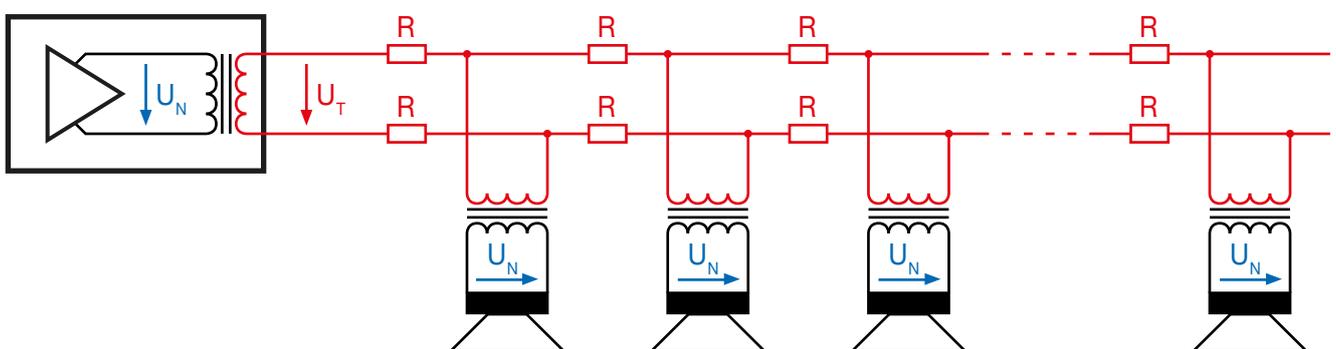
Index

Einleitung	2	Prüfprozeduren	6
— Vor- und Nachteile	3	— Anwendungen	6
— Systemprüfung	3	— Schutzmassnahmen	6
Technische Grundlagen	3	— Arbeitsschritte	6
— Phase	3	— Darstellung der Messergebnisse	7
— Komplexe Impedanz	3	— Interpretation der Messergebnisse	7
— Leistung, Leistungsfaktor	4	Anwendungsbeispiel	8
— Lautstärkeregelung	4	Messresultat	8
Messtechnik	5	Häufig gestellte Fragen	9
— Frequenzabhängigkeit	5		
— Tabellarische Übersicht	5		

EINLEITUNG

Im Prinzip besteht eine Sprachalarmanlage aus einem Mikrofon und einem Verstärker, der eine Lautsprecher-Linie ansteuert (d.h. mehrere Lautsprecher, die miteinander verbunden sind). Wegen der Impedanz der Verbindungsdrähte treten dabei jedoch Verluste auf, welche die Leistungsfähigkeit der Anlage besonders bei grossen Distanzen beeinträchtigen können.

Daher sind Sprachalarmanlagen (auch "100 V Systeme" genannt) in der Regel so aufgebaut, dass ein Transformator den Verstärker-Ausgangspegel U_N in eine höhere Spannung U_T umwandelt (z.B. 70.7 V, 100 V oder 140 V bei Nennleistung), während individuelle Transformatoren an den Lautsprechern diese Spannung wieder auf den Normpegel U_N absenken. Dank der höheren Übertragungsspannung U_T sinkt der Strom durch der Zuleitungsdrähte, wodurch sich die Verlustleistung $P_V = I^2 \cdot R$ erheblich reduziert.



Grundkonzept einer Sprachalarmanlage

Vor- und Nachteile

Die Vorteile von 100 V Systemen liegen auf der Hand:

- Einfacher Parallelbetrieb mehrerer Lautsprecher (auch bei unterschiedlichen Lastimpedanzen)
- Geringe Verlustleistung
- Die Anlage lässt sich ohne Einschränkung über grosse Distanzen betreiben.

Dem gegenüber stehen nur wenige Nachteile:

- Höhere Kosten aufgrund der benötigten Transformatoren
- Eine höhere Betriebsspannung erfordert besondere Vorsichtsmassnahmen bei der Installation und Wartung

Systemprüfung

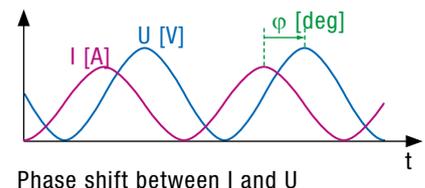
Die vollständige Überprüfung von Sprachalarmanlagen umfasst sowohl elektrische Parameter (z.B. Systemimpedanz, Leistungsaufnahme), als auch akustische Eigenschaften (z.B. Schallpegel, Sprachverständlichkeit).

Hinweis Diese Anwendungsschrift beschränkt sich auf die Aspekte der elektrischen Prüfung von Sprachalarmanlagen.

TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Phase

In einem System, das mit Wechselstrom betrieben wird, ist der Strom I typischerweise gegenüber der Spannung V um die Phase φ verschoben. Diese Phasenverschiebung wird z.B. durch die Induktivität des angeschlossenen Lautsprechers verursacht und hat einen Einfluss sowohl auf die gemessene Impedanz als auch auf die Leistungsaufnahme des Systems.



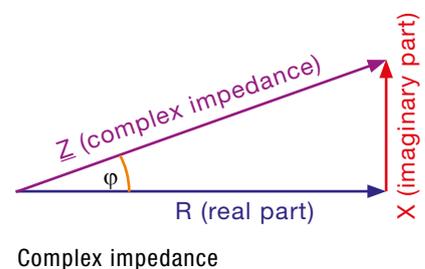
Komplexe Impedanz

Die Messung der Impedanz des Gesamtsystems bzw. einzelner Lautsprecher ist für Erkennung von Montagefehlern und Defekten von zentraler Bedeutung. Dabei wird die komplexe Impedanz Z benötigt, die sich in der Vektordarstellung aus dem Realteil R und dem Imaginärteil X zusammensetzt:

$$Z = R + jX$$

In der Praxis wird jedoch meistens die Polardarstellung mit dem Betrag der komplexen Impedanz $|Z|$ [Ω], der Phase φ [deg] und dem Realteil R [Ω] gewählt:

$$R = |Z| \cdot \cos(\varphi)$$



Für die Bestimmung der komplexen Impedanz sind somit zwei Werte notwendig, der Betrag der Impedanz $|Z|$ und die Phase φ .

Zudem lässt sich aus dem Resultat der Phasenmessung die Art der Last ablesen:

$\varphi > 0$ -> induktive Last

$\varphi < 0$ -> kapazitive Last

Leistung, Leistungsfaktor

Grundsätzlich berechnet sich die elektrische Leistung aus dem Produkt von Strom I [A] und Spannung U [V]. Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, spielt in einem Wechselstromsystem auch die Phase φ eine entscheidende Rolle. Daher wird in der Praxis die Leistung in drei Komponenten aufgeteilt: die Scheinleistung S [VA], die Wirkleistung P [W] und die Blindleistung Q [var]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Aus der nebenstehenden Skizze lässt sich erkennen, dass einzig die Schein- bzw. Wirkleistung (S und P) einen positiven Betrag haben, während derjenige der Blindleistung bei Null liegt ($Q = 0$). In Analogie zur komplexen Impedanz können wir die drei Komponenten der Leistung auch vektoriell darstellen:

$$S = P + jQ$$

Die Scheinleistung S ist darin der entscheidende Wert, da diese u.a. die Leistung definiert, die der Verstärker abgeben muss. Folglich ist diese Grösse zu messen, um eine relevante Aussage über den Prüfling treffen zu können. In der Praxis wird neben der Scheinleistung oft auch der Leistungsfaktor λ angegeben. Dieser definiert das Verhältnis von Wirk- zu Scheinleistung:

$$\lambda = |P| / S$$

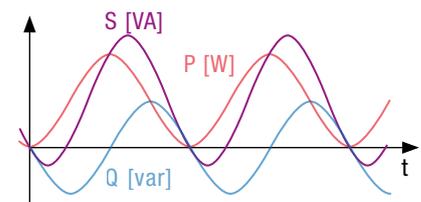
Im Falle eines sinusförmigen Prüfsignals lässt sich der Leistungsfaktor λ auch mit Hilfe der Phase φ bestimmen:

$$\lambda = \cos(\varphi)$$

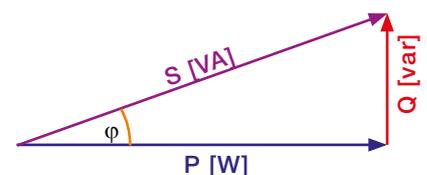
Dies illustriert, dass der Leistungsfaktor λ und die Phase φ direkt miteinander verbunden sind.

Lautstärkeregelung

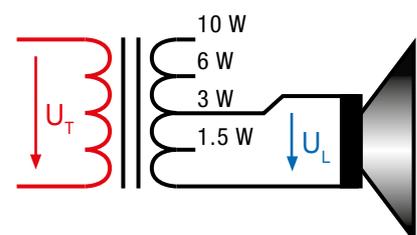
Ein besonderer Aspekt von Sprachalarmanlagen betrifft die Lautstärkeregelung. Diese erfolgt einerseits für die gesamte Linie über den Verstärker, sowie individuell an den Lautsprechern. Letztere verfügen dafür normalerweise über einen Transformator mit mehreren Abgriffen, womit sich die Spann-



Schein-, Wirk- und Blindleistung



Vektordarstellung von S



Transformator-Abgriffe für Lautstärkeregelung

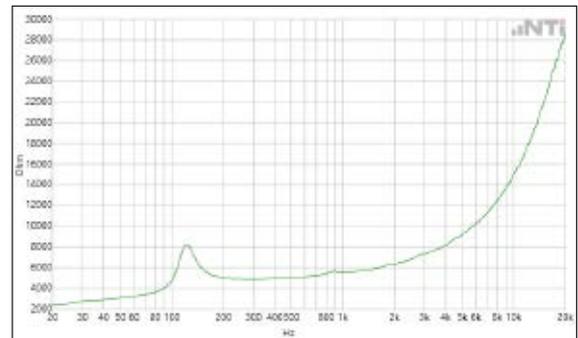
ung U_L (und damit die Leistung) gegenüber der Nominalspannung U_N in mehreren Schritten reduzieren lässt.

MESSTECHNIK

Frequenzabhängigkeit

Bei der Messung von Impedanz und Leistung muss berücksichtigt werden, dass diese beiden Parameter frequenzabhängig sind.

Das nebenstehende Bild illustriert diesen Sachverhalt anhand des Impedanzgangs eines 100 V Lautsprechers.



Impedanzgang eines 100V Lautsprechers

Für die Durchführung der Messung hat dies zwei Konsequenzen:

1. Es werden ein AC-Signalgenerator und ein AC-Voltmeter benötigt.
2. Die erhaltenen Ergebnisse müssen mit der Information über die aktuelle Frequenz versehen werden.

Tabellarische Übersicht

Die drei Parameter Übertragungsspannung U , Systemimpedanz Z und Verstärkerleistung P stehen in einem festen Verhältnis zueinander:

$$U^2 = Z \cdot P$$

Dieser Zusammenhang wird oft tabellarisch dargestellt:

Übertragungsspannung				
Leistung	25 V	70.7 V	100 V	140 V
1 W	625 Ω	5 k Ω	10 k Ω	19.6 k Ω
2 W	312.5 Ω	2.5 k Ω	5 k Ω	9.8 k Ω
4 W	156.3 Ω	1.25 k Ω	2.5 k Ω	4.9 k Ω
10 W	62.5 Ω	500 Ω	1 k Ω	2 k Ω
25 W	25 Ω	200 Ω	400 Ω	784 Ω
75 W	8.3 Ω	66.6 Ω	133.3 Ω	261.3 Ω
150 W	4.2 Ω	33.3 Ω	66.7 Ω	130.7 Ω
500 W	1.3 Ω	10 Ω	20 Ω	39.2 Ω

Impedanz Z [Ω] in Abhängigkeit von P [W] und U [V]

Die Tabelle lässt sich in verschiedener Weise nutzen:

1. Aus einer bekannten Übertragungsspannung (z.B. 100 V) und Verstärkerleistung (z.B. 25 W) ergibt sich die Mindest-Systemimpedanz (400 W).
2. Aus einer bestimmten Übertragungsspannung (z.B. 70.7 V) und Systemimpedanz (z.B. 33 W) lässt sich die Mindest-Verstärkerleistung errechnen (150 W).
3. Bei einer tiefen Übertragungsspannung (z.B. 25 V) und einer hohen Leistung (> 100 W) sinkt die Systemimpedanz. Damit steigt jedoch der Anteil der Verbindungsdrähte an der System-impedanz und damit die unerwünschten Spannungsverluste.

PRÜFPROZEDUREN

Anwendungen

Üblicherweise erfolgt die Abnahme einer Sprachalarmanlage im Zuge ihrer Inbetriebnahme. Danach sind regelmässige Prüfungen auszuführen, die typischerweise folgende Aspekte umfassen:

- Konformität der kompletten Anlage gegenüber den Vorgaben.
- Vorher-Nachher Vergleich der Anlage nach bestimmten Ereignissen bzw. in definierten Intervallen.
- Individueller Status der installierten Module & Komponenten.

Schutzmassnahmen

Beim Umgang mit elektrischen Installationen, die mit einer Wechselspannung von 50 V oder mehr betrieben werden, sind angemessene Vorsichtsmassnahmen zu ergreifen. Konkret heisst das:

1. Vor jeglichen Arbeiten am Netz zuerst immer den Verstärker trennen.
2. Nur Messgeräte verwenden, die für diesen Einsatzzweck vorgesehen sind.
3. Der Minirator MR-PRO lässt sich mit dem externen Schutzadapter gegen Überspannungen und Kurzschlüsse schützen um sicherzustellen, dass keine Schäden am Gerät bzw. Benutzer entstehen.

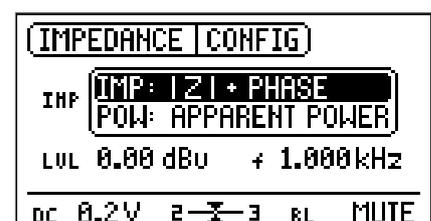
Arbeitsschritte

Der typische Ablauf der elektrischen Prüfung einer Sprachalarmanlage sieht folgendermassen aus:

1. Verstärker ausschalten und von der Lautsprecherlinie trennen.



MR-PRO mit 70/100 V Schutzadapter



Wahl der Messfunktion

2. 70/100 V Schutzadapter am MR-PRO einstecken und mit der Lautsprecher-Linie verbinden.
3. MR-PRO einschalten, MUTE aktivieren (d.h. stummschalten) und den Modus 'IMPEDANCE' wählen.
4. Messfunktion 'IMP' oder 'POW' aktivieren; im letzteren Fall die aktuelle Referenzspannung wählen.
5. Prüfpegel/-frequenz einstellen (Empfehlung: -20 dBu/1 kHz).
6. MUTE-Knopf drücken, um Messung zu starten; bei Bedarf den Pegel des MR-PRO erhöhen oder reduzieren.
7. Beachten Sie die numerischen Messergebnisse sowie die graphischen Informationen (-> vgl. nächstes Kapitel)
8. Bewegen Sie den Cursor auf 'RL', um die individuellen Impedanzen von Pin2 und Pin3 auszulesen.

Hinweis Dokumentieren Sie Ihre Messergebnisse manuell oder mit einem Screenshot ¹⁾

Darstellung der Messergebnisse

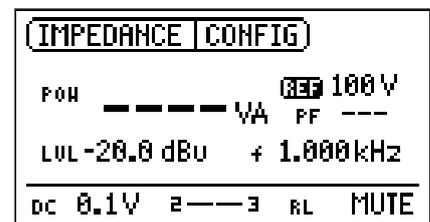
Das MR-PRO Display zeigt die Messdaten sowie weitere Informationen als numerisches Ergebnis sowie in graphischer Form.

- a) Spezifische Ergebnisse der 'IMP' Messung:
 - Komplexe Impedanz [Ω]
 - Phase [deg]
- b) Spezifische Ergebnisse der 'POW' Messung:
 - Scheinleistung [VA]
 - Systemspannung [V] (*ist vom Benutzer einzustellen*)
 - Leistungsfaktor
- c) Allgemeine Informationen
 - Typ der Last: induktiv oder kapazitiv
 - Pegel des Prüfsignals (einstellbar)
 - Frequenz des Prüfsignals (einstellbar)
 - Gemessener Gleichspannungspegel
 - Signalsymmetrie
 - Gemessene Impedanz der angeschlossenen Last

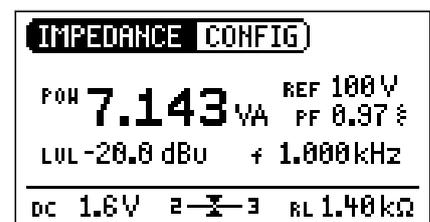
Interpretation der Messergebnisse

Die Ergebnisse einer Impedanz-, Phasen- oder Leistungsmessung lassen sich qualitativ oder quan-

¹⁾ Ordner 'screen' im Stammverzeichnis des MR-PRO anlegen; gleichzeitig Ein/Aus- & Enter-Taste drücken.



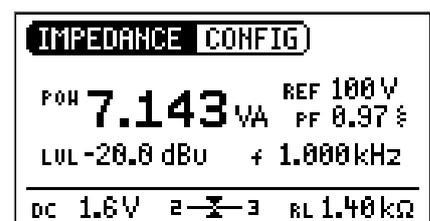
Referenzspannung einstellen



Messung (Beispiel)



MR-PRO Display bei <IMP> Messung



MR-PRO Display bei <IMP> Messung

titativ analysieren. Die individuelle Interpretation hängt dabei von der jeweiligen Anwendung ab.

- Differenz zum spezifizierten Nominalwert -> liegt das Ergebnis innerhalb der Toleranz?
- Abweichung gegenüber dem Ergebnis der letzten Prüfung -> hat sich der Prüfling über die Zeit verändert?
- Art der Last -> induktiv ($\varphi > 0$) oder kapazitiv ($\varphi < 0$)?
- Leistungsaufnahme der Anlage -> kompatibel zum Verstärker?

Generell wird empfohlen, die einzelnen Komponenten eines 100 V Systems vor dessen Installation individuell auf korrekte Funktionsweise hin zu überprüfen. Danach sollten die Eckdaten der kompletten Anlage ausgemessen und protokolliert¹⁾ werden, um eine spätere, rasche Überprüfung bzw. Problemerkennung zu ermöglichen.

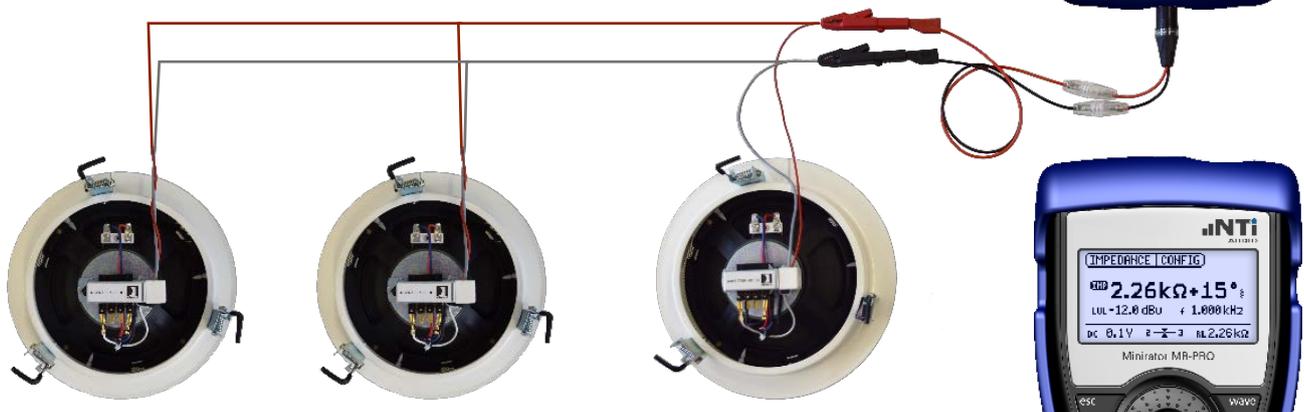
Anwendungsbeispiel: Leistungs- / Impedanzmessung

Die untenstehende Abbildung zeigt ein typisches Beispiel für die Überprüfung einer Lautsprecherlinie.

- Der Verstärker wurde abgetrennt.
- Das MR-PRO Messgerät ist mit der Linie verbunden.
- Die drei Lautsprecher haben eine Nennimpedanz von 6.8 k Ω und eine Nennleistung von 8 W @ 1 kHz.
- Die berechnete Leistung der Linie beträgt 3 x 8 W = 24 W und die berechnete Impedanz 2.27 k Ω .

Messresultat:

- Im Messmodus “Power” misst der MR-PRO eine Gesamtleistung von 23.15 VA, was in etwa der Summe der drei Lautsprecher entspricht.
- Im Messmodus “Impedance” liegt das Ergebnis bei 2.26 k Ω , d.h. rund 1/3 der einzelnen Lautsprecher-Impedanz.
- Folglich sind die drei Lautsprecher funktionstüchtig und die Linie wurde korrekt verdrahtet.



Beispiel einer Leistungs-/Impedanzüberprüfung mit dem MR-PRO

HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN

F: Lässt sich der Impedanzgang einer Lautsprecher-Linie aufzeichnen?

A: Ja! Z.B. mit dem MR-PRO eine Reihe von Impedanzen bei verschiedenen Frequenzen messen, die Daten notieren und graphisch darstellen. Oder: den Impedanzgang mit Hilfe des Audio Analyzers FX100 mit einem Sweep aufzeichnen.

F: In welchem Bereich kann der MR-PRO die Lautsprecher-Impedanz messen?

A: Von 4 Ω to 50 k Ω .

F: Welche Rolle spielt die Qualität der installierten Kabel?

A: Je besser – d.h. niederohmiger – die Kabel bzw. Verbindungsstecker, desto tiefer sind die Leistungsverluste.

F: Wie wird der notwendige Leitungsquerschnitt für die Übertragung verschiedener Leistungen ermittelt?

A: Aus der Gesamtleistung der Lautsprecherlinie und der Übertragungsspannung ergibt sich der zu erwartende Strom.

F: Wie kann ich die Gesamtleistung einer Sprachalarmanlage messen?

A: Direkt mit dem MR-PRO. Sofern alle Lautsprecher die gleiche Impedanz haben, kann man auch als Alternative die individuelle Leistung P_S eines einzelnen Lautsprechers messen und notieren, und dann die Gesamtleistung P_G der Lautsprecher-Linie errechnen: $P_G = P_S \times \text{Anzahl gleicher Lautsprecher}$.

F: Welche Leistung sollte der Verstärker bringen?

A: Um genügend Reserve zu haben, sollte die Verstärkerleistung um ca. 10..20 % über der gemessenen bzw. errechneten Leistungsaufnahme der Lautsprecher-Linie liegen.

F: Wie viele Lautsprecher sollen typischerweise in einer Sprachalarmanlage verbaut werden?

A: Das hängt von der zu beschallenden Fläche und den örtlichen Gegebenheiten ab (Hintergrundlärm, Reflexionen usw.). Das Ziel besteht darin, eine möglichst gleichmässige Verteilung des Schallpegels zu erreichen. Dies lässt sich einfacher mit mehreren, dafür weniger lauten Lautsprecher erreichen, als mit einer geringen Anzahl sehr lauter Lautsprecher.

F: Die mir vorliegenden Lautsprecher weisen Abgriffe auf der Primärseite auf (d.h. nicht auf der Sekundärseite) – hat das besondere Konsequenzen?

A: Nein, beide Bauformen sind gleichwertig.