

Dynamik-Monitor für Stromnetze

Modell DMR-D

- ▶ im Wandaufbaugeschütz
- ▶ im Schalttafleinbaugeschütz
- ▶ als 19" Steckbaugruppe



1. Verwendung

An die wirtschaftliche Betriebsführung der Stromversorgungsnetze werden immer höhere Anforderungen gestellt. Die dadurch bedingte kontinuierlich steigende Auslastung der Betriebsmittel hat einen negativen Einfluss auf die Stabilitätsmargen der Netze.

Wie es tatsächlich um die Stabilität eines Netzes bestellt ist kann man beispielsweise am Auftreten schlecht gedämpfter niederfrequenter Schwingungsvorgänge ablesen. Durch alltägliche Anregungen wie Netzfehler oder Schaltvorgänge aller Art ausgelöst, spiegelt die Stärke solcher Schwingungen die Fähigkeit von Erzeugungsanlagen wider, ausreichend schnell einen neuen stabilen Arbeitspunkt zu finden.

In anderen Situationen führen fehlerhaft eingestellte Reglerparameter von Generatoren zu ungewollten Netzpendelungen führen. Auch große Lasten wie Industriebetriebe erzeugen durch fluktuierende Leistungsaufnahme Spannungsschwankungen im subharmonischen Bereich.

Durch die zunehmende Einbindung kleinerer verteilter Erzeuger in die unteren Ebenen des Verteilnetzes sind solche Phänomene nicht mehr alleine im Übertragungsnetz und im Bereich der klassischen Kraftwerke und großen Generatoren zu suchen. Vielmehr treten in heutigen Verteilnetzen immer wieder unerwartete Wechselwirkungseffekte zwischen individuellen Erzeugungsanlagen auf. Obwohl jede Anlage für sich gesehen stabil arbeitet, ist die Stabilität großer Gruppen auf engem Raum angeschlossener Erzeuger nicht automatisch gewährleistet.

Ganz allgemein gilt: wenn große Zahlen kleiner, fluktuierender Anlagen zunehmend klassische und vergleichsweise träge Großkraftwerke ersetzen, nimmt die Energiespeicherfähigkeit des Netzes ab und die Widerstandsfähigkeit gegen dynamische Störungen sinkt. Die Gefahr des Auftretens schlecht gedämpfter Netzpendelungen steigt.

Da Netzpendelungen in der Vergangenheit nachweislich nicht nur zum Ausfall einzelner Netzelemente

beitragen haben, sondern immer wieder auch eine Hauptrolle im Auftreten kaskadenartiger Netzzusammenbrüche gespielt haben, ist eine messtechnische Überwachung dieser Phänomene sinnvoller denn je.

Mit Hilfe des Dynamik-Monitors DMR-D können Schwachstellen im Netz identifiziert und eine neue Form der Netzanalyse angeboten werden. Eine kontinuierliche und hochempfindliche Auswertung der im Netz auftretenden Schwingungsvorgänge erlaubt schon früh die Identifikation von Stabilitätsproblemen.

Die Möglichkeiten reichen von der Beobachtung einzelner Netzelemente - wie z.B. rotierender Generatoren oder dem Netzanbindungspunkt von Windparks - bis hin zur Auswertung des Lyapunov-Stabilitätsindex der in kritischen Situationen eine Einschätzung der globalen Spannungsstabilität erlaubt.

Insbesondere die letztgenannte Funktionalität ist für die Betreiber großer Industrieanlagen oder kritischer Infrastrukturen interessant. Mit diesem Frühindikator für bestimmte Formen des Netzzusammenbruchs wird die Reaktionsfähigkeit in kritischen Netzzuständen verbessert. Der bei einem Netzausfall entstehende finanzielle Schaden kann somit verringert werden.

Bei Netzbetreibern finden die Informationen aus dem DMR-D z.B. Eingang in Szenarioplanungen und Szenariosteuerungen auf allen Netzebenen. Nach Ersteinbau des Geräts verschafft sich der Anwender Erfahrungswerte für den Normalzustand des Netzes. Finden Netzzustandsmaßnahmen statt, die die Netzstabilität belasten - z.B. Integration eines großen Windparks - wird dies an den veränderten Stabilitätsindikatoren sichtbar.

Interne Meßgrößen des DMR-D werden entweder per mA-Ausgang und Fernwirk Einrichtung in ein Leitsystem übertragen oder sie können über moderne Leittechnik-schnittstellen wie z.B. IEC 61850 oder IEEE C37.118 ausgelesen werden. Zu diesem Zwecke steht eine Vielzahl an Protokoll-Interfaces zur Verfügung.

Typische Einbauorte der Geräte richten sich nach der Netzebene und liegen idealerweise an kritischen Stel-

Wir regeln das.

len mit hoher Netzimpedanz oder nahe am Netzanschlußpunkt zu überwachender Netzelemente.

Die folgenden Messbeispiele geben einen kleinen Einblick in die Möglichkeiten der Stabilitätsanalyse mit dem DMR-D. Bild 1 zeigt einige Basis-Messwerte die während eines Störfalles in einem Übertragungsnetz aufgenommen wurden.

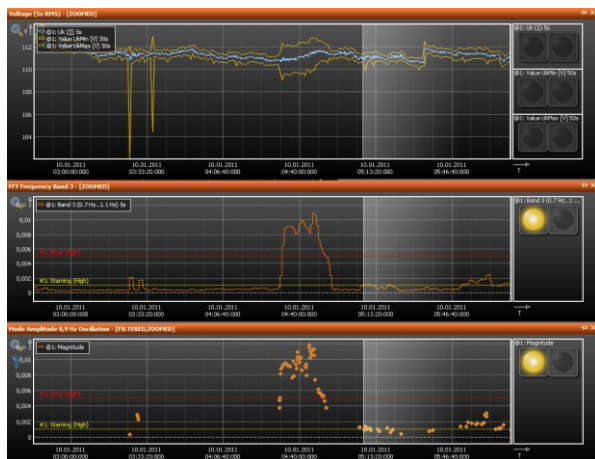


Bild 1: Spannungsverlauf an der Messtelle (oben).
FFT Frequenzband 3 sowie Schwingungs-
amplituden des Dämpfungsmonitors

In der oberen Tafel sind klar zwei kurze Spannungseinbrüche nach Fehlern und einem kraftwerksnahen Leitungsausfall zu erkennen. Die anderen gezeigten DMR-D spezifischen Messdaten weisen darauf hin, dass die in Fehlernähe angeschlossenen Generatoren durch die nach dem Leitungsausfall erhöhte Netzimpedanz instabil wurden. Die Erzeugungsmaschinen finden keinen stabilen Arbeitspunkt mehr und schwingen sich bis hin zu gefährlichen Amplituden auf, wie man an dem mittleren und unteren Panel sieht. Die dort gezeigte online FFT- bzw. Dämpfungsanalyse liefert dem Benutzer ständig eine genaue Quantifizierung auftretender Pendelungen und ermöglicht damit die Einschätzung der Gefährlichkeit.

Ein Beispiel aus einem Niederspannungs-Verteilnetz ist in Bild 2 gezeigt. Hier wurden Netzdynamikmessungen in einem Ortsnetzstrang mit mehreren angeschlossenen Photovoltaikanlagen durchgeführt. Ein PV-Betreiber hatte sich zuvor massiv über unerklärliche Netztrennungen seines Wechselrichters beschwert. Eine Power Quality Messung hatte zudem bereits überhöhte Flickerwerte angezeigt. In den Netzdynamikdaten (oberes Paneel) sieht man eine starke Anregung des FFT Bandes 4-14 Hz - ein sehr Flicker-sensibler Bereich.

Eine Darstellung der Frequenzen bzw. Amplituden als Spektrum (mittig bzw. unten) zeigt dass der Pegel einer 9 Hz Schwingung dominiert und direkt für die schlechten Flickerwerte verantwortlich ist. Eine zusätzliche Untersuchung zeigte zudem dass die 9 Hz

Schwingung vor allem während Lastflussumkehr - also Nettoeinspeisung ins Verteilnetz - auftauchte und dann die Einspeisung immer wieder einbrach.

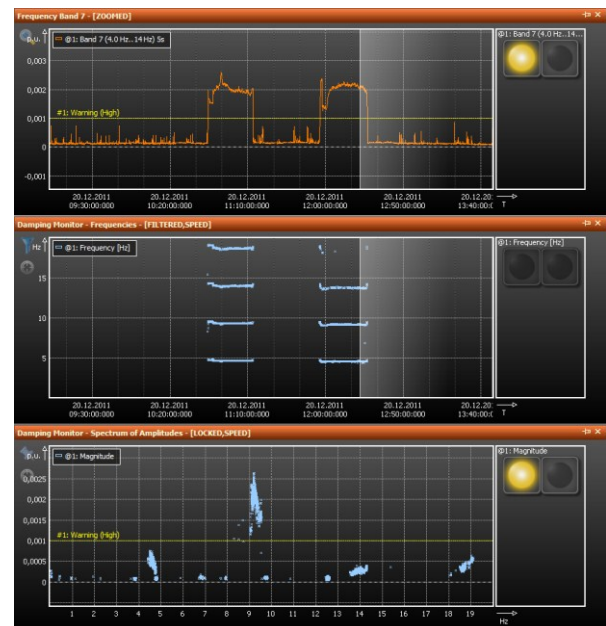


Bild 2: Schwingungsanalyse nach Einspeiseproblemen einer Photovoltaikanlage.

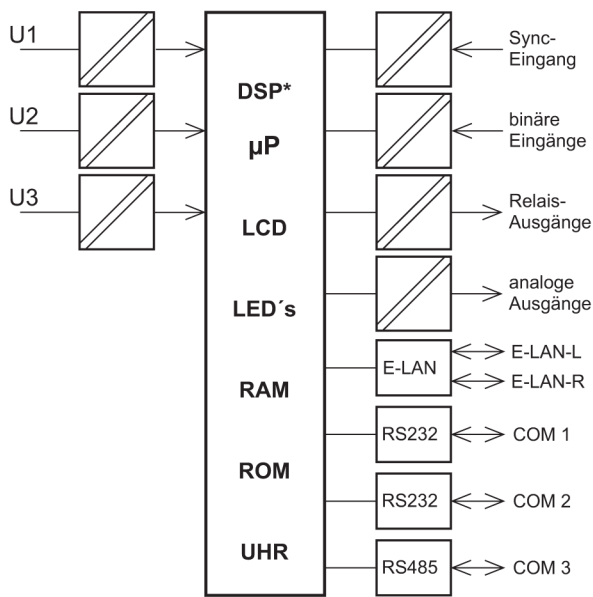
Das Aufschwingen bei 9Hz schien also auch für die Einspeiseprobleme verantwortlich. Der Netzbetreiber trennte schließlich das Netz zwischen zwei benachbarten PV-Anlagen auf - mit dem Ergebnis dass die 9 Hz Schwingung nicht wieder auftrat und die Einspeisung zufriedenstellend funktionierte.

1.1 Zusammenstellung der Eigenschaften des DMR-D:

- Spektralanalyse der Netzspannungen mit hoher Frequenzauflösung
- Zeitlich und spektral hochaufgelöste Überwachung der Netzfrequenz: f , df/dt , Pendelvorgänge
- Überwachung des Dämpfungsprofils des Netzes
- Online- Berechnung des Stabilitäts- Exponenten des Netzes
- Störschreiberfunktion
- Differenzierte Meldestrategie über mehrere parametrierbare Relaisausgänge möglich
- Generierung von Eingangsdaten, die für Assetmanagement und Netzplanung genutzt werden können

Kritische Netzveränderungen werden zudem in einem Ereignisrecorder mit Vor- und Nachgeschichte aufgezeichnet. Eine Synchronisierung der Ereignisse auf Absolutzeit (DCF 77, GPS, NTP) ist ebenfalls möglich.

1.2 Beschreibung



Funktion Dynamik-Monitor

2. Technische Kennwerte

Vorschriften und Normen

IEC 61010-1	/ DIN EN 61010-1
IEC 60255-22-1	/ DIN EN 60255-22-1
IEC 61326-1	/ DIN EN 61326-1
IEC 60529	/ DIN EN 60529
IEC 60068-1	/ DIN EN 60068-1
IEC 60688	/ DIN EN 60688
IEC 61000-6-2	/ DIN EN 61000-6-2
IEC 61000-6-4	/ DIN EN 61000-6-4
IEC 61000-6-5	/ DIN EN 61000-6-5



Spannungseingänge		
Option	E1	E2
Nennspannung	100 V	230 V
Spannungsendbereich	200 V	460 V
Eingangswiderstand	360 k Ω	810 k Ω
Messfehler	< $\pm 0.1\%$ von U_{din} Bereich 10% ... 150% von U_{din}	
Isolationskategorie	CAT III / 300 V	

Analogausgänge (AA)	
Anzahl	siehe Bestellangaben
Ausgangsbereich	-20 mA...0...20 mA
— Y1...Y2	-20 mA...0...20 mA
Potentialtrennung	Optokoppler
Bürdenbereich	$0 \leq R \leq 8 \text{ V} / Y2$
Wechselanteil	<0.5 % von Y2

Die Ausgänge können dauernd kurzgeschlossen oder offen betrieben werden. Alle Ausgangsanschlüsse sind von allen anderen Kreisen galvanisch getrennt.

Binäre Eingänge (BE)	
Steuersignale U_{st}	im Bereich AC/DC 48 V...230 V
Kurvenformen	Rechteck, Sinus
— H – Pegel	$\geq 48 \text{ V}$
— L – Pegel	< 10 V
Signalfrequenz	DC ... 50 Hz
Eingangswiderstand	108 k Ω
Potentialtrennung	Opto-Koppler

Binäre Ausgänge (BA)	
max. Schaltfrequenz	$\leq 1 \text{ Hz}$
Potentialtrennung	von allen geräteinternen Potentialen getrennt
Kontaktbelastung	AC: 250 V, 5 A ($\cos\varphi = 1,0$) AC: 250 V, 3 A ($\cos\varphi = 0,4$) DC: 220 V, 150 W Schaltleistung
Schaltzahl	$\geq 1 \cdot 10^4$ elektrisch

Grenzwertüberwachung	
Grenzwerte	programmierbar
Ansprechzeiten	programmierbar
Alarmanzeigen	LED programmierbar Relais programmierbar

Messgrößen (Basisauswahl)	
Spannungen TRMS	$U_{12}, U_{23}, (U_{31})$
Frequenz	f

Referenzbedingungen	
Referenztemperatur	$23^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ K}$
Eingangsgrößen	$U_E = 90 \dots 110\text{V}$
Hilfsspannung	$H = H_n \pm 1 \%$
Frequenz	50 Hz...60 Hz
Bürde (nur für Merkmal M92)	$R_n = 4 \text{ V} / Y_2 \pm 1 \%$

Übertragungsverhalten	
Fehlergrenze	
— Spannung:	0,1 %
— Frequenz:	0,01 % alle Fehlerangaben bezogen auf Y2
Messzykluszeiten	10 ms, 5 s, 50 s, 10 min
Abtastrate	2,048 kHz

Messwertspeicherung	
Speicher:	64 MB

Elektrische Sicherheit	
Schutzklasse	I
Verschmutzungsgrad	2
Überspannungskategorie	II, III

III	II
Spannungseingänge Hilfsspannung	Steuerkreise, Analogausgänge, COMs, E-LAN Analogausgänge COM's, E-LAN

Arbeitsspannungen		
50 V	120 V	230 V
E-LAN, COM1 ... COM3 Analogausgänge	Überspannungskategorie	Hilfsspannung binäre Eingänge Relaisausgänge

Elektromagnetische Verträglichkeit	
Störemissionen	Gruppe 1 Grenzwertklasse A nach EN 55011:1991
Störfestigkeit	Elektrostatische Entladungen nach EN 61000-4-2:1995 Luftentladung: 8 kV Kontaktentladung: 4 kV Elektromagnetische Felder nach EN 50140:1993 Bzw. ENV 50204:1995 80 - 1000 MHz: 10 V/m 900 ± 5 MHz: 10 V / m pulsmoduliert Schnelle transiente Störgrößen (Bursts) nach EN 61000-4-4:1995 Versorgungsspg. AC 230 V: 2 kV Datenleitungen: 1 kV Leitungsgeführte Störgrößen nach ENV 50141:1993 0.15 - 80 MHz: 10 Veff 50 Hz-Magnetfelder nach EN 61000-4-8:1993 30 A/m

Prüfspannungen	
Baugruppenträger / Gehäuse	2.5 kV
Hilfsspannung	3.1 kV
COM's, E-LAN, Time-/Trigger-BUS	0.35 kV
binäre Ausgänge	1.8 kV
binäre Eingänge (250 V)	1.8 kV
analoge Ausgänge	0.35 kV
Eingangsspannung (E1, E2)	1.4 kV
Eingangsströme	1.4 kV



Hinweis: Alle Prüfspannungen sind Wechselspannungen in kV, die für eine Minute angelegt werden dürfen.

Stromversorgung		
Merkmal	H1	H2
AC	85 ... 264 V	-
DC	88 ... 280 V	18 ... 72 V
Leistungsaufnahme	≤ 15 VA	≤ 15 Watt
Frequenz	45 ... 400Hz	-
Feinsicherung	T1 250 V	T2 250 V

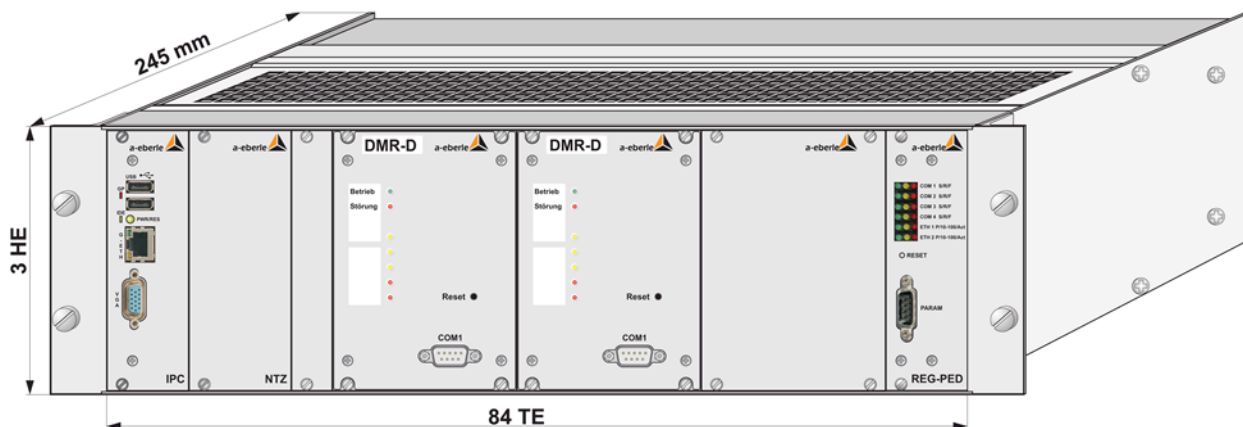
Für alle Merkmale gilt:

Spannungseinbrüche von ≤ 80 ms führen weder zu Datenverlust noch zu Fehlfunktionen.

Klimafestigkeit	
Temperaturbereich	
— Funktion (Gehäuse)	-10 °C ... +50 °
— Funktion (Steckbaugruppe)	-10 °C ... +60 °C
— Transport und Lagerung	-25 °C ... +65 °C

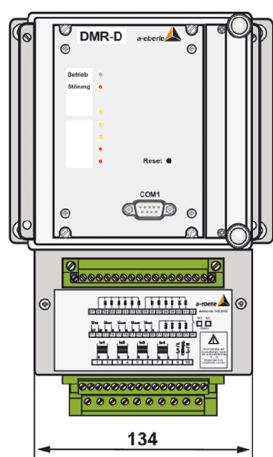
Speicherung	
Geräteparameter	serielles EEPROM mit ≥ 1000 k Schreib/Lesezyklen
RAM - Daten	Li - Batterie laserverschweißt

Wir regeln das.

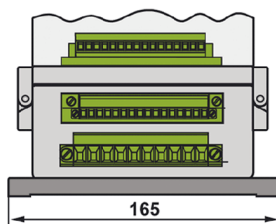


19"Steckbaugruppen im Einbaurahmen, 84 TE, Merkmal B92

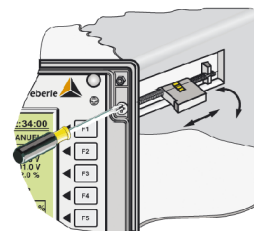
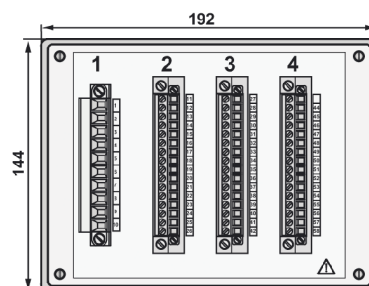
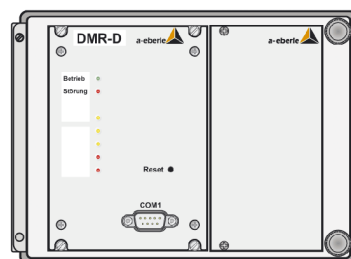
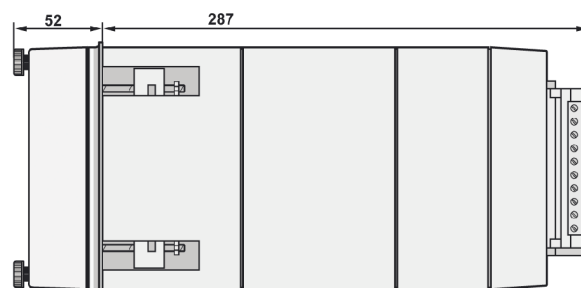
Frontansicht



Ansicht von unten



Seitenansicht



Ansicht Befestigung

Schalttafelausschnitt: 184,5 + 0,2 mm x 138,3 + 0,2 mm

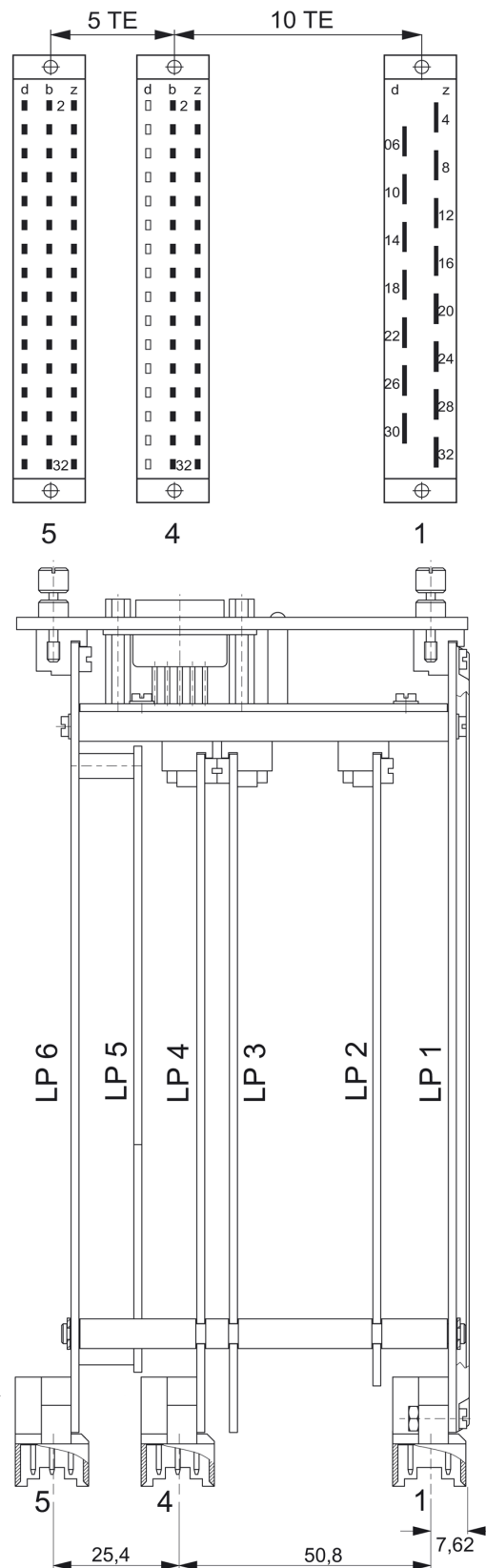
Wandaufbaugeschütz 20TE Merkmal B90

Schalttafelaufbaugeschütz 30TE Merkmal B91,
Klemmenbelegung beispielhaft

3. Mechanischer Aufbau

Steckbaugruppe	
Frontplatte	Aluminium, RAL 7035 grau
Höhe	3 U (132.5 mm)
Breite	18 TE (91.44 mm)
Leiterplatte	160 mm x 100 mm
Gewicht	≤ 1.0 kg
Schutzart	
— Steckbaugruppe	IP 00
— Federleiste	IP 00
Einbau	gemäß DIN 41494 Teil 5
Steckverbinder	DIN 41612

Gehäusetechnik	
Das DMR-D ist in Bezug auf die Gehäusetechnik sehr flexibel.	
Auf diesen Seiten werden einige mögliche Gehäuseausführungen vorgestellt.	
Als Standardgehäuse führen wir die beiden Bauformen, die unter Merkmal B90 und Merkmal B92 aufgeführt sind.	
Da die Anzahl der Eingänge, Ausgänge, COM's usw. einer 19" Steckbaugruppe sehr viel größer ist als die Zahl der verfügbaren Klemmen am Gehäuse, muss bei den Bauformen B90...B92 die Klemmenbelegung individuell festgelegt werden.	
Material	Kunststoff
Schutzart	Gehäuse IP 65
Gewicht	≤ 1.5 kg
Abmessungen	siehe Seite 5
Anschlüsselemente	Schraubklemmen



Lage der Messerleisten und LP's

Lage der Federleisten

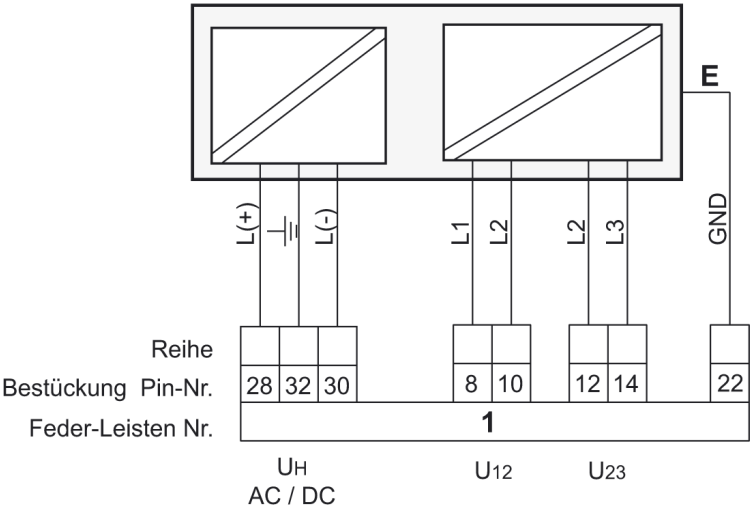
4. Belegung der Federleisten 1, 4 und 5



Hinweis:
Lage der Federleisten siehe Seite 7

Federleiste 1

Hilfsspannung, Spannungseingänge
Eingangsspannungen $U_{12} \dots U_{23}$ und Hilfsspannung



Bezeichnung		Funktion	Pin	Belegung
Spannung L1 – L2 (AC)	U_{12}	L1	8	
		L2	10	
Spannung L2 – L3 (AC)	U_{23}	L2	12	
		L3	14	
Funktionserdung	E		22	
Hilfsspannung	U_H	L (+)	28	
		L (-)	30	
		PE	32	

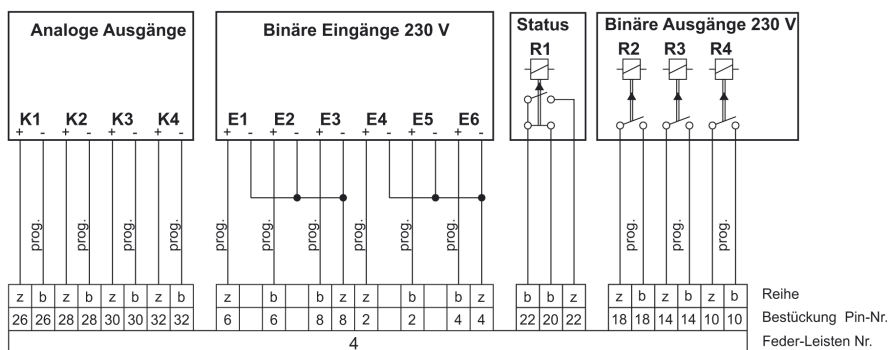
Die Spannungs-Eingänge $U_{12} \dots U_{23}$ können bis zu einem Bemessungswert von 110 V verwendet werden

Federleiste 4 - Merkmal M92 (Standard)

binäre Eingänge, Ausgänge, analoge Ausgänge

Ausführung mit:

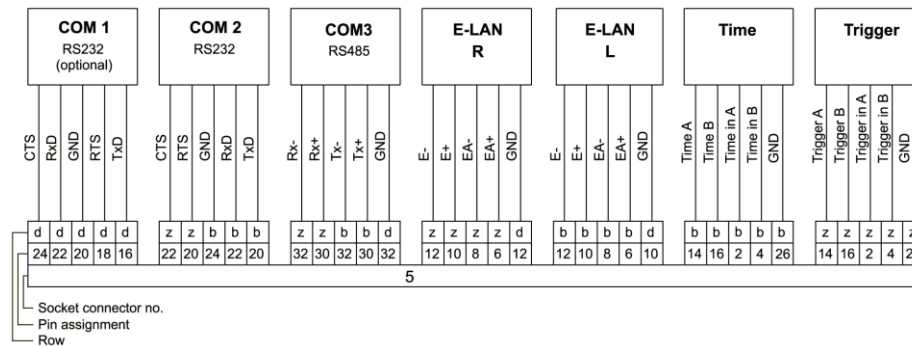
6	Binäreingängen
2	Binärausgängen (Schließer)
4	Analogausgängen
1	Status-Relais



Bezeichnung		Funktion	Pin	Belegung
Analoge Ausgänge	K1	+ -	z26 b26	frei programmierbar
	K2	+ -	z28 b28	frei programmierbar
	K3	+ -	z30 b30	frei programmierbar
	K4	+ -	z32 b32	frei programmierbar
Binäre Eingänge 230 V	E1	+	z6	frei programmierbar
	E2	+	b6	frei programmierbar
	E3	+	b8	frei programmierbar
	E1...E3	GND	z8	
	E4	+	z2	frei programmierbar
	E5	+	b2	frei programmierbar
	E6	+	b4	frei programmierbar
	E4...E6	GND	z4	
Binäre Ausgänge 230 V	Status R1	Öffner Schließer Pol	z20 z22 b22	
	R2	Schließer Pol	b18 z18	frei programmierbar
Binäre Ausgänge 230 V	R3	Schließer Pol	b14 z14	frei programmierbar
	R4	Schließer Pol	b10 z10	frei programmierbar

Federleiste 5 Schnittstellen

Kommunikation COM2, COM3, E-LAN, Time- / Trigger-BUS



Bezeichnung	Funktion	Pin
COM 1 RS 232	CTS	d24
	RxD	d22
	GND	d20
	RTS	d18
	TxD	d16
COM 2 RS 232	CTS	z22
	RTS	z20
	GND	b24
	RxD	b22
	TxD	b20
COM 3 RS 485	Rx -	z32
	Rx +	z30
	Tx -	b32
	Tx +	b30
	GND	d32
E-LAN R (rechts)	E-	z12
	E+	z10
	EA-	z8
	EA+	z6
	GND	d12
E-LAN L (links)	E-	b12
	E+	b10
	EA-	b8
	EA+	b6
	GND	d10
Time	Time A	b14
	Time B	b16
	Time in A	b2
	Time in B	b4
	GND	b26

Bezeichnung	Funktion	Pin
Trigger	Trigger A	z14
	Trigger B	z16
	Trigger in A	z2
	Trigger in B	z4
	GND	z26

5. Serielle Schnittstellen

Schnittstellen RS232

Das DMR-D verfügt über zwei serielle Schnittstellen RS232 (COM1, COM2). COM1 ist über die Gerätefront, COM2 über die Steckerleiste zugänglich.

COM2 dient zur Ankopplung des Regelsystems an übergeordnete Leitsysteme oder Modems

Anschlusselemente

COM1	Stiftleiste, Sub Min D an der Gerätefront, Pinbelegung wie PC
COM2	Steckerleiste 5
Anschlussmöglichkeiten	PC, Terminal, Modem
Protokoll der Datenbits / Protokoll	Parity 8, even, no
Übertragungsrate bit/s	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 76800, 115200
Handshake	RTS / CTS oder X_{ON} / X_{OFF}

Schnittstellen RS485

Jedes DMR-D verfügt standardmäßig über die Doppelschnittstelle E-LAN. Sie dient zur busmäßigen Verbindung mit PQI-Ds, mit Spannungsreglern REG-Ds, Petersenspulen-Reglern REG-DPs oder mit dem Erdschlussortungssystem EORSys.

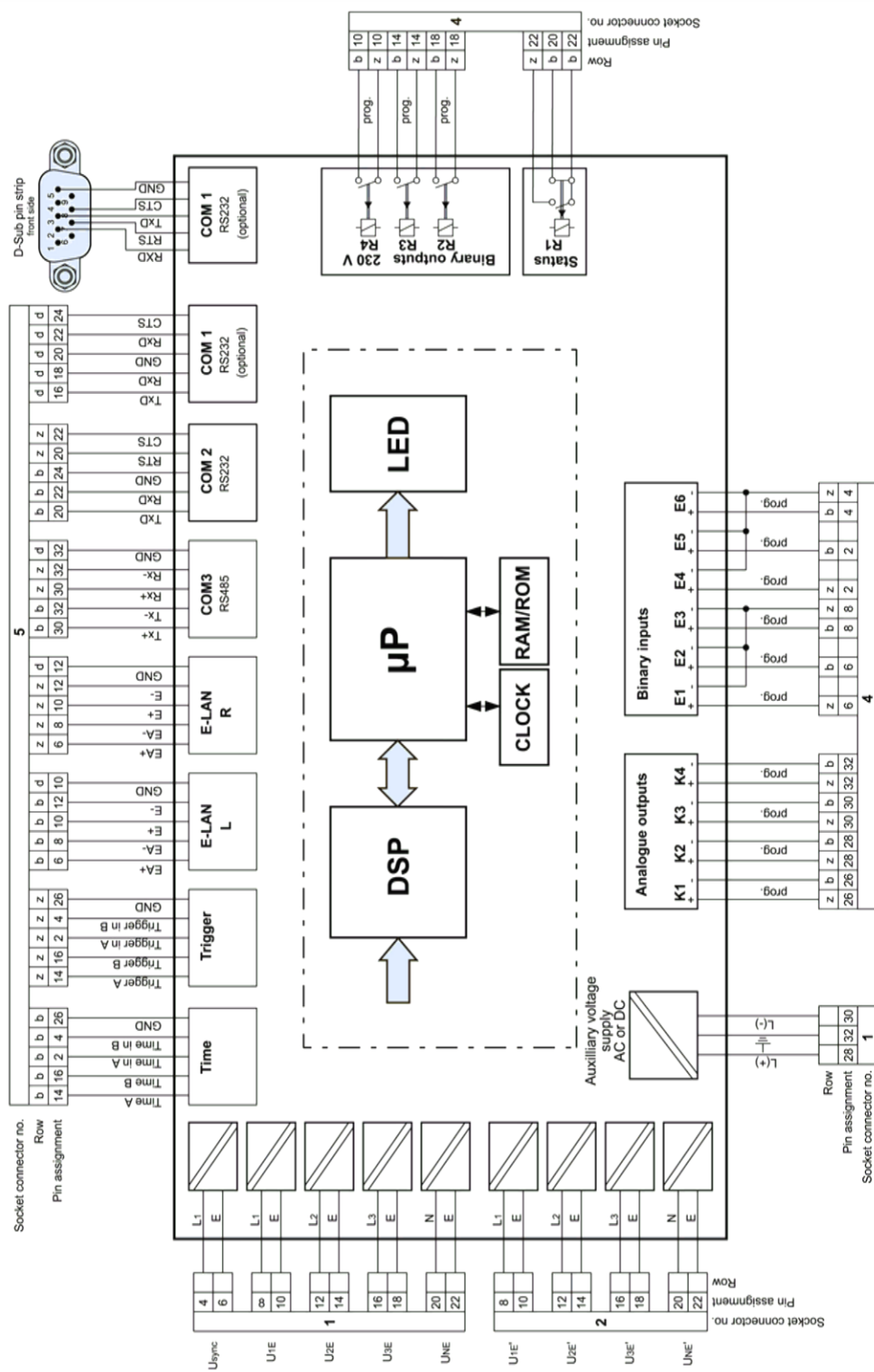
E-LAN (Energy- Local Area Network)

Merkmale

- 255 Teilnehmer adressierbar
- Multimaster-Struktur
- Repeaterfunktion integriert
- Offener Ring, Bus oder Mischung aus Bus und Ring
- Protokoll basiert auf SDLC/HDLC-Rahmen
- Übertragungsrate 62,5 oder 125 kbit / s
- Telegrammlänge 10... 30 Bytes
- mittlerer Durchsatz etwa 100 Telegramme / s

COM3

Zur Anschaltung von ≤ 8 Interfacebausteinen (BIN-D, ANA-D) in beliebiger Mischung an jedes DMR-D.



Blockdiagramm -Kennung M92

6. Bestellangaben

Für die Festlegung der Bestellangaben gilt:

- Von den Kennungen mit gleichem Großbuchstaben darf nur eine gewählt werden
- Wenn den Großbuchstaben der Kennung die Ziffer 9 folgen, ist eine Zusatzangabe im Klartext erforderlich
- Wenn den Großbuchstaben der Kennung nur Nullen folgen, kann diese Kennung in der Bestellangabe entfallen.

MERKMAL	KENNUNG
Dynamik-Monitor (18 TE, 3 HE) <ul style="list-style-type: none"> • für Übertragungs-, Verteil- und Industrienetze • mit zwei E-LAN Schnittstellen zur Kommunikation mit den REGSys-Komponenten • ausgerüstet mit COM1, COM2 und COM 3, • mit 3 progr. Relais-Ausgängen plus Life Kontakt • mit 6 progr. Binären Eingängen, 4 progr. analogen mA-Ausgängen 	DMR-D M92
Bemessungswert der Eingangsspannung <ul style="list-style-type: none"> • 100/110V • 230/400V 	E1 E2
Netzebene (Algorithmenbeschränkung) <ul style="list-style-type: none"> • Niederspannung <1kV (wie W3 ohne Fingerprint- und Driftbewertung) • Mittelspannung, z.B. Verteilnetz bis 100kV (wie W3 ohne Fingerprint) • Hoch- und Höchstspannung, z.B. Übertragungsnetz >100kV (alle Algorithmen enthalten) 	W1 W2 W3
Bauform <ul style="list-style-type: none"> • 19" Steckkarte • Wandaufbaugeschäuse 20TE (Verdrahtung nach Absprache) • Schaltschrankbaugeschäuse 30TE (Verdrahtung nach Absprache) • eingebaut in 19" - Rahmen oder Gehäuse (Bauform und Verdrahtung nach Absprache) • 19"-Baugruppenträger in Backplane Ausführung 	B00 B90 B91 B92 B95
Versorgungsspannung <ul style="list-style-type: none"> • AC 85V..110V..264V oder DC 88V..<u>220V</u>..280V • DC 18V...<u>60V</u>...72V 	H1 H2
Anlagenspezifische Projektierung und Dokumentation <ul style="list-style-type: none"> • ohne • mit 	L0 L1
Betriebsanleitung <ul style="list-style-type: none"> • deutsch • englisch 	G1 G2

[illegible]

A. Eberle GmbH & Co. KG

Frankenstr. 160
D-90461 Nürnberg

Tel.: +49 (0) 911 / 62 81 08-0

Fax: +49 (0) 911 / 62 81 08 96

E-Mail: info@a-eberle.de

<http://www.a-eberle.de>

Software - Version:

Copyright 2014 by A. Eberle GmbH & Co. KG

Änderungen vorbehalten.

Dynamik-Monitor für Stromnetze - DMR-D