

EXCEL-Programme; Ausgabe: 12-2006 / 03

Ergänzungen zum Buch „messen + regeln in Starkstromnetzen“

verfügbar im Internet unter: <http://www.a-eberle.de/download/EXCEL-Programme>

Anmerkung

Für die im Buch „messen + regeln in Starkstromnetzen“ angeführten Zahlenbeispiele wurden die nachfolgend genannten EXCEL-Dateien verwendet. Dabei werden stationäre Netzzustände, sinusförmige Größen sowie Betriebsmittel mit linearen Beziehungen zwischen Spannung und Strom vorausgesetzt. Die Kurzschlussimpedanzen der Energiequelle und die Leitungsimpedanzen zwischen Energiequelle und Verbraucher können im Drei- und Vierleitersystem entweder eingegeben oder auf null gesetzt werden. Bei Nullsetzung sind die Klemmenspannungen der Energiequelle und die Spannungen am Messort identisch.

Die ermittelten Ergebnisse (basierend auf der jeweiligen Ersatzschaltung) sind zwar rechnerisch genau. In Bezug auf die tatsächlichen Gegebenheiten sind es trotzdem lediglich Richtwerte, die jedoch durch Variation der eingegebenen Werte die quantitativen Einflüsseffekte der relevanten Größen unmittelbar erkennen lassen.

E-1.3.1 Einphasen-Wechselstromnetz Stand: 10-2006 / 02	Betriebswerte im Einphasen-Wechselstrom-System; (Energiequelle und Verbraucherschaltung).
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Amplitude und Winkel der Grundschnwingungen von Spannung und Strom ➤ Amplitude und Winkel von Spannung und Strom von je zwei Oberschnwingungen mit wählbarer Ordnungszahl 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effektivwert und Gleichrichtwert von Spannung und Strom ➤ Werte der Wirk-, Blind- und Scheinleistungen sowie Einflüsseffekte der Oberschnwingungen ➤ Winkelwerte aus Leistungswerten / Differenz der Nulldurchgänge ➤ Grafik: Verlauf der Spannungen und Ströme ➤ Einflüsseffekt der Abtastrate auf die Genauigkeit der Werte der Messgrößen
E-1.3.3 Einphasen-Wechselstromnetz Stand: 10-2006 / 02	Phasenanschnittsteuerung im Einphasen-Wechselstromnetz.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Amplitude und Winkel der Grundschnwingungen von Spannung und Strom ➤ Amplitude und Winkel von Spannung und Strom von je zwei Oberschnwingungen mit wählbarer Ordnungszahl 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effektivwert und Gleichrichtwert von Spannung und Strom ➤ Werte der Wirk-, Blind- und Scheinleistungen sowie Einflüsseffekte der Oberschnwingungen ➤ Winkelwerte aus Leistungswerten und Differenz der Nulldurchgänge ➤ Grafik: Verlauf der Spannungen und Ströme ➤ Einflüsseffekt der Abtastrate auf die Genauigkeit der Werte der Messgrößen
E-1.4.1 Drehstrom-Dreileiternetz Stand: 10-2006 / 02	Betriebswerte im Drehstrom-Dreileitersystem ; auch für unsymmetrische Werte; (Energiequelle, Zuleitungen und Verbraucherschaltung)
E-1.4.2 Drehstrom-Vierleiternetz Stand: 10-2006 / 02	Betriebswerte im Drehstrom-Vierleitersystem ; auch für unsymmetrische Werte;
Eingabe	Berechnete Werte
Messwerte und Daten aus dem Netz: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Effektivwerte der Leiter-Leiter-Spannungen (Leerlaufspannungen der Energiequelle) ➤ Kurzschlussimpedanzen der Energiequelle ➤ Impedanzen der Zuleitungen ➤ Impedanzen der Verbraucherschaltung ➤ Übersetzungsverhältnis Spannungswandler, Stromwandler ➤ Unterbrechung Nulleiter ➤ Unterbrechung Zuleitung 	Betrag und Winkel von: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Stromstärken in den Leitern ➤ Leiter-Leiter-Spannungen ➤ Leiter-Sternpunkt-Spannungen ➤ Leiter-Neutralleiter-Spannungen ➤ Nullkomponente der Spannungen ➤ Werte der Wirk-, Blind- und Scheinleistung sowie Leistungsfaktor (Netzseite, Wandlerseite) bei unterschiedlichen Messverfahren und/oder bei Unterbrechung von Nulleiter oder Zuleitung ➤ Werte der Wirk- und Blindleistung bei einsystemiger Messung ➤ Stern-Dreieck-Umwandlung der Lastimpedanzen ➤ Unsymmetrie der Spannungen, Ströme und Impedanzen

E-1.4.3 Kalibrierung von Messmitteln Stand: 10-2006 / 02	Ermittlung der Einstellwerte am Kalibrator für ein Drehstrom-Dreileitersystem und ein Drehstrom-Vierleitersystem.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Messwerte aus dem Netz ➤ Effektivwerte der Leiter-Leiter-Spannungen ➤ Effektivwerte der Leiterströme ➤ Verschiebungsfaktor $\cos\varphi$ im Strang 1 ➤ Übersetzungsverhältnis: Spannungswandler, Stromwandler 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Betrag und Winkel: <ul style="list-style-type: none"> a) der Spannungen b) der Ströme ➤ Wert der Wirkleistung ➤ Wert der Blindleistung
E-1.4.4 Mittelwerte; Unsymmetrie Stand: 10-2006 / 02	Mittelwerte der drei Größen eines Drehstromsystems; Unsymmetriegrad.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Messwerte aus dem Netz ➤ Effektivwerte der drei Spannungen ➤ Effektivwerte der drei Ströme 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Unsymmetriegrad (drei Berechnungsmethoden) ➤ Mittelwerte: arithmetisch, geometrisch, harmonisch, quadratisch
E-1.4.6 Symmetrische Komponenten Stand: 10-2006 / 02	Symmetrische Komponenten von U, I, P für ein Drehstrom-Dreileitersystem und für ein Drehstrom-Vierleitersystem.
Eingabe	Berechnete Werte
<p>Messwerte aus dem Netz</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Effektivwerte der Leiter-Leiter-Spannungen ➤ Effektivwerte der Leiterströme ➤ Verschiebungsfaktor $\cos\varphi$ im Strang 1 	<p>Mitsystem, Gegensystem, Nullsystem Werte und Grafik</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ a) der Spannungen ➤ b) der Ströme ➤ c) der Wirkleistung
E-1.4.7 Stern-Dreieckumwandlung Stand: 10-2006 / 02	Umwandlung der Verbraucherschaltung; in beiden Richtungen.
Eingabe	Berechnete Werte
<p>Impedanzen (wahlweise)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ der Sternschaltung ➤ der Dreieckschaltung 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Betrag und Winkel der Impedanzen
E-1.6.1 Anschluss der Zuleitungen Stand: 10-2006 / 02	Einflusseffekt auf die Messung bei Vertauschung oder Unterbrechung (Phasenausfall) von Zuleitungen im Drehstrom-Dreileiter- und - Vierleitersystem.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effektivwerte der Leiter-Leiter-Spannungen ➤ Impedanzen der Verbraucherschaltung <p>(Werte von E-1.4.1 und E-1.4.2 übernehmen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stromstärke in den Leitern und Spannungen am Messort ➤ Wirk- und Blindleistungswerte bei falschem Anschluss oder bei Unterbrechung der Zuleitungen am Messmittel ➤ Winkelwerte zwischen der jeweiligen Leiter-Leiter-Spannung und den drei Strömen
E-1.7.2 Dreileiternetz mit E-Spule ➤ Stand: 10-2006 / 02	➤ Werte bei erdschlussfreiem Betrieb und bei einpoligem Erdschluss.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Betrag der Spannungen (siehe E-1.4.1) ➤ Betrag und Winkel der Ströme (siehe E-1.4.1) ➤ Leiter-Erde-Kapazitäten ➤ Leiter-Erde-Widerstände ➤ Widerstand der Fehlerstelle ➤ Impedanz der E-Spule (X und R) 	<p>Betrag und Winkel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ der Verlagerungsspannung ➤ der Leiter-Erde-Spannungen ➤ der Leiter-Erde-Ströme ➤ des Erdstromes <p>➤ Leistungswerte für Betrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> a) ohne Erdschluss b) mit Erdschluss

E-1.7.3 Messwandler im Drehstromnetz ➤ Stand: 12-2006 / 02 (Ersatz für E-1.7.1)	➤ Einflusseffekt der Messwandlerfehler auf Betrag und Winkel der Übertragung und Summierung
Eingabe	Berechnete Werte
➤ Betrag und Winkel: der Spannungen der Ströme (siehe E-1.4.1) ➤ Fehlergrenze der Messwandler (Betrag, Winkel)	Betrag und Winkel ➤ der Spannungen ➤ Summe der Spannungen ➤ der Leiterströme ➤ Summe der Ströme ➤ Fehler bei der Wirkleistungsmessung
E-1.7.4 Leiter-Erde-Spannungen ➤ Stand: 10-2006 / 02	➤ Werte der Leiter-Erde-Spannungen bei erdschlussfreiem Betrieb und bei einpoligem Erdschluss.
Eingabe	Berechnete Werte
➤ Betrag der Leiter-Leiter-Spannungen (siehe E-1.4.1) ➤ Betrag der Leiter-Erde-Spannungen (siehe E-1.4.1)	➤ Betrag und Winkel der Verlagerungsspannung ➤ Leiter-Erde-Spannungen ➤ Leiter-Leiter-Spannungen ➤ Grafik: Verlauf der Spannungen
E-2.5.1 Spannungsfall Stand: 10-2006 / 02	Spannungsfall auf Drehstromleitungen.
Eingabe	Berechnete Werte
➤ Stromstärke am Leitungsende ➤ Spannung Leitungsanfang / Leitungsende ➤ Wirkleistung am Leitungsende ➤ Leitungsimpedanz (R und X) oder Z ➤ $\cos\varphi$ am Leitungsende	➤ Betrag und Winkel des Spannungsfalls a) nach Leitungsgleichung b) nach Näherungsformel ➤ Spannung am Leitungsende bei Vorgabe der Spannung am Anfang ➤ Spannung am Leitungsanfang bei Vorgabe der Spannung am Ende ➤ Längsspannungsfall
E-2.6.0 Transformator im Einzelbetrieb Stand: 10-2006 / 02	Stufentransformator im Einzelbetrieb mit Spannungsregler.
Eingabe	Berechnete Werte
➤ Bemessungswert der Leistung und Spannung ➤ Kurzschlussimpedanz in % ➤ Verlustleistung in kW ➤ Stufenspannung und Stufenzahl ➤ Impedanz der Last pro Strang ➤ Stellbereich des Transformators ➤ Aktuelle und zulässige Regelabweichung	Betrag und Winkel von: ➤ Kurzschlussimpedanz ➤ Spannung am Ausgang ➤ Laststromstärke ➤ Belastung (VA) / Stromstärke ➤ Spannungsfall am Transformator/ auf der Zuleitung ➤ Reaktionszeit bei Spannungsregelung
E-2.6.1 Transformatoren im Parallelbetrieb Stand: 10-2006 / 02 E-2.6.2 Transformatoren im Parallelbetrieb Stand: 10-2006 / 02	2 Stufentransformatoren im Parallelbetrieb mit Spannungsreglern 3 Stufentransformatoren im Parallelbetrieb mit Spannungsreglern
Eingabe	Berechnete Werte
Für jeden Transformator: ➤ Bemessungswert der Leistung und der Spannung ➤ Kurzschlussimpedanz in % ➤ Impedanzen der Zuleitungen bis zum Summenpunkt (Sammelschiene) ➤ Verlustleistung in kW ➤ Stufenspannung und Stufenstellung (Leerlaufspannungen) ➤ Impedanz der Last pro Strang	Für jeden Transformator (Betrag und Winkel) ➤ Kurzschlussimpedanz ➤ Spannung am Ausgang ➤ Laststromstärke ➤ Kreisstromstärke ➤ Belastung (VA) / Stromstärke ➤ Spannungsfall am Transformator/auf der Zuleitung ➤ Summenwerte bei Parallelbetrieb

E-2.6.4 Längs- / Querregelung Stand: 10-2006 / 02	Minimierung der thermischen Verluste bei parallelen Übertragungsleitungen.
Eingabe	Berechnete Werte
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Spannung Leitungsanfang ➤ Leitungsimpedanzen (R und X) oder Z ➤ Impedanz der Last pro Strang ➤ $\cos\phi$ am Leitungsende ➤ Verhältnis Wirkstrom / Blindstrom 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Betrag und Winkel des Laststromes ➤ Stromverteilung auf den Leitungen ➤ Optimale Stromverteilung auf den Leitungen ➤ Erforderlicher Kreisstrom ➤ Erforderliche Zusatzspannung (Längs- und Querspannung) ➤ Reduzierung der thermischen Verluste

E-2.6.6 Transformatoren an Sammelschienen Stand: 11-2006 / 02	Parallelbetrieb von 3 Transformatoren; Zu- und Abschaltung von 1 oder 2 Transformatoren und/oder Änderung der Stufenstellungen
Eingabe	Berechnete Werte
<p>Für jeden Transformator:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bemessungswert der Leistung S_r und der Spannung U_r ➤ Kurzschlussimpedanz in % ➤ Verlustleistung in kW ➤ Stufenspannung und Stufenstellung (Leerlaufspannungen) ➤ Impedanz der Last pro Strang 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Änderung der Leistungen, Ströme, Spannungen bei Zu- oder Abschaltung von einem oder zwei Transformatoren ➤ Änderung der Leistungen, Ströme, Spannungen bei Änderung der Stufenstellung an ein, zwei oder drei Transformatoren