

Produkt- und Installationsbeschreibung

Dynamische Blindstromkompensationsanlage für induktive Verbraucher



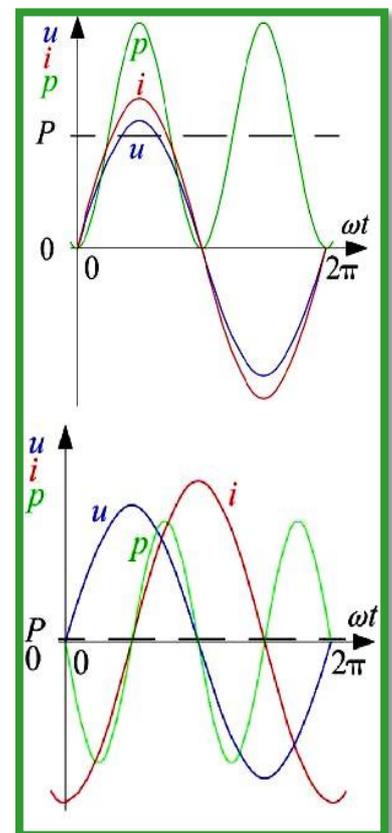
Geräteausführung Beispiel eines Wandgehäuses

Das europäische Versorgungsnetz

Das europäische Versorgungsnetz ist als Dreileiter-Dreiphasen-Drehstromnetz aufgebaut. Über das Verteilnetz wird die erzeugte Energie von den Kraftwerken zu den Verbrauchern transportiert. Dabei entstehen beim und durch den Verbraucher Störungen, die die Qualität der übertragenen Energie beeinflussen. Solche Störungen können andere Verbraucher, die Übertragung und die Stromerzeugung beeinträchtigen.

Qualitätsprobleme in der Stromversorgung

Spannung: Die Dreiphasenwechselspannung besteht aus drei einzelnen Wechselspannungen, welche zueinander in ihren Phasenwinkeln um 120° verschoben sind. Werden in einem Drehstromgenerator drei Spulen im Kreis um jeweils 120° versetzt angeordnet, entstehen im rotierenden Drehfeld drei zeitlich ebenso versetzte Wechselspannungen/ Außenleiterspannungen UL1, UL2 und UL3. In Europa ist die Netzspannung in der Norm IEC 60038 festgelegt. Im Niederspannungsnetz hat die verkettete Spannung, also die Spannung zwischen zwei beliebigen Außenleitern, den Nennwert 400 V, die Sternspannung, das ist die Spannung zwischen dem Neutraleiter und einem der drei Außenleiter, 230 V. Die konkreten Spannungswerte dürfen um $\pm 10\%$ von den Nennwerten abweichen (207 V min., 253 V max.).



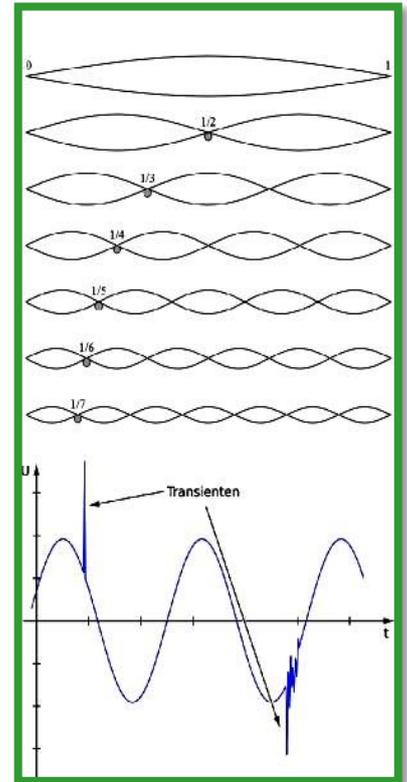
Strom-Spannungs-Verschiebungen durch

Blindströme ($\cos \phi$): Für den Aufbau el. und magn. Felder wird Blindstrom benötigt. Dabei kommt es zu Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung, je nachdem, ob die Belastung induktiv oder kapazitiv ist. Blindstrom belastet die Übertragungsleitungen zusätzlich, sie müssen größer dimensioniert werden.

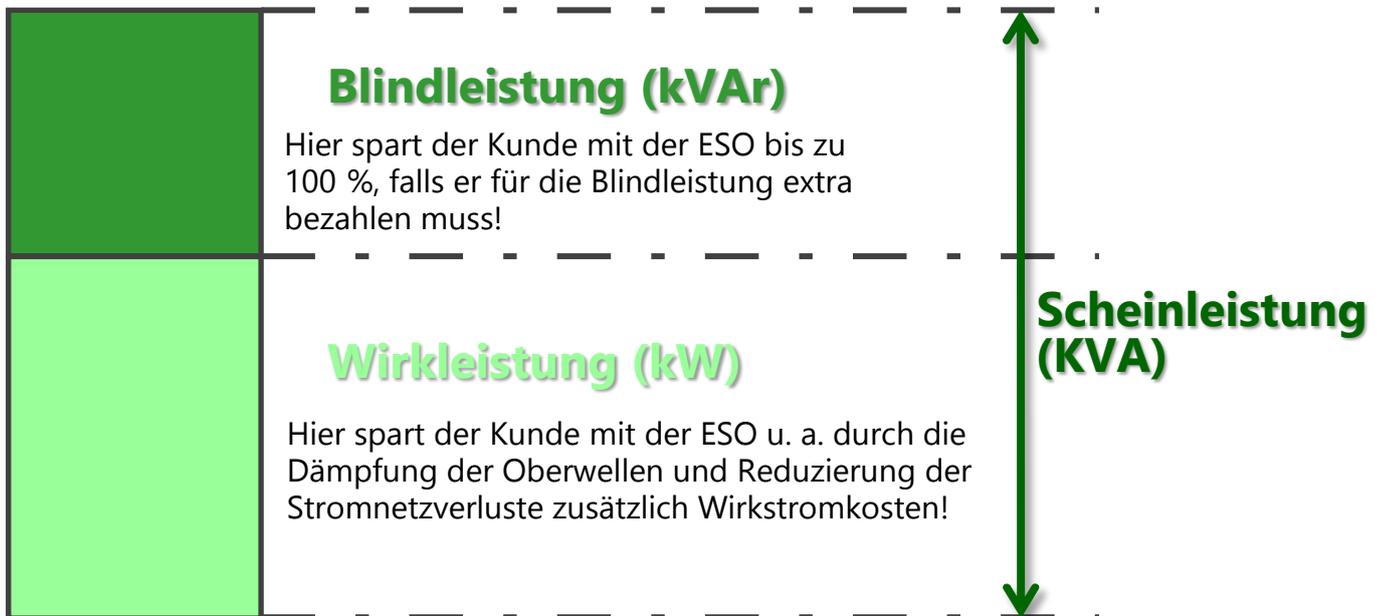
Die Verschiebung (Phasenverschiebung) zwischen Strom und Spannung wird als Leistungsfaktor ($\cos \phi$, Cosinus Phi) bezeichnet und hat einen Wert von 0 bis 1.

Oberschwingungen: Als Oberschwingungen werden Schwingungen der Spannung und des Stroms bezeichnet, die ein ganzzahliges Vielfaches der 50-Hz-Netzfrequenz sind und diese überlagern. Sie entstehen durch Betriebsmittel mit nichtlinearer Kennlinie wie etwa Transformatoren, Leuchtstofflampen sowie leistungselektronische Betriebsmittel wie Gleichrichter, Triacs, Thyristoren sowie in Schaltnetzteilen in Computern, Halogenleuchten usw.. Der mit Oberschwingungen belastete Strom hat einen höheren Energieinhalt im Vergleich zum überschwingungsfreien Strom.

Spannungsspitzen (Transienten): Als Transienten werden schnelle, kurzzeitige, energiereiche Störimpulse bezeichnet. Durch die Überspannungen solcher Störimpulse altern die angeschlossenen Verbraucher schneller.



Wie wird der Stromverbrauch vom Energieversorger gemessen?



Die aus dem elektrischen Netz entnommene **Leistung P** ist gleich dem Produkt aus der **Spannung U**, dem **Strom I** und dem **Phasenverschiebungswinkel ϕ (Phi)**.

$$P = U \times I \times \cos \phi$$

Der Energieversorger verrechnet Unternehmen ab einer Verbrauchsmenge von 100.000 kWh neben der Wirkleistung gesondert auch die Blindleistung.

Privat- und Kleinverbraucher unter 100.000 kWh verursachen geringe Blindleistungsbelastung und **werden „wegen des hohen Aufwandes für deren Erfassung von den Kosten freigestellt, bzw. es finden sich letztere im Preis der Wirkarbeit (angegeben in kWh) wieder.“**

- Zitat aus Wikipedia, Blindleistung, Folgen – Bei Geringverbrauchern wird also ganz offiziell der Blindleistungsbezug in den Preis der Wirkarbeit mit hineingerechnet.

Der die Stromübertragung belastende, und Zusatzkosten verursachende Blindanteil soll möglichst klein gehalten werden. Da aber Blindleistung für den Aufbau von Magnetfeldern benötigt wird, versucht man, sie auf einem anderen Weg als über das Versorgungsnetz zu bekommen.

Dabei hilft die Tatsache, dass Kondensatoren einen voreilenden Blindstrom haben, Induktivitäten dagegen einen nacheilenden. Ist ihr kapazitiver Widerstand genauso groß wie der der Induktivitäten, heben sich die Wirkungen auf. Auf diese Weise kann die vom Stromlieferanten bezogene (und zu bezahlende) Blindleistung verringert werden. Die Energieinhalte der elektrischen (in Kondensatoren) und der magnetischen Felder (in Induktivitäten) gleichen sich aus. Man nennt diesen Vorgang **Blindleistungskompensation**.

**...und genau das ist die Aufgabe des dynamischen
Blindstromkompensationsgerätes ESO**

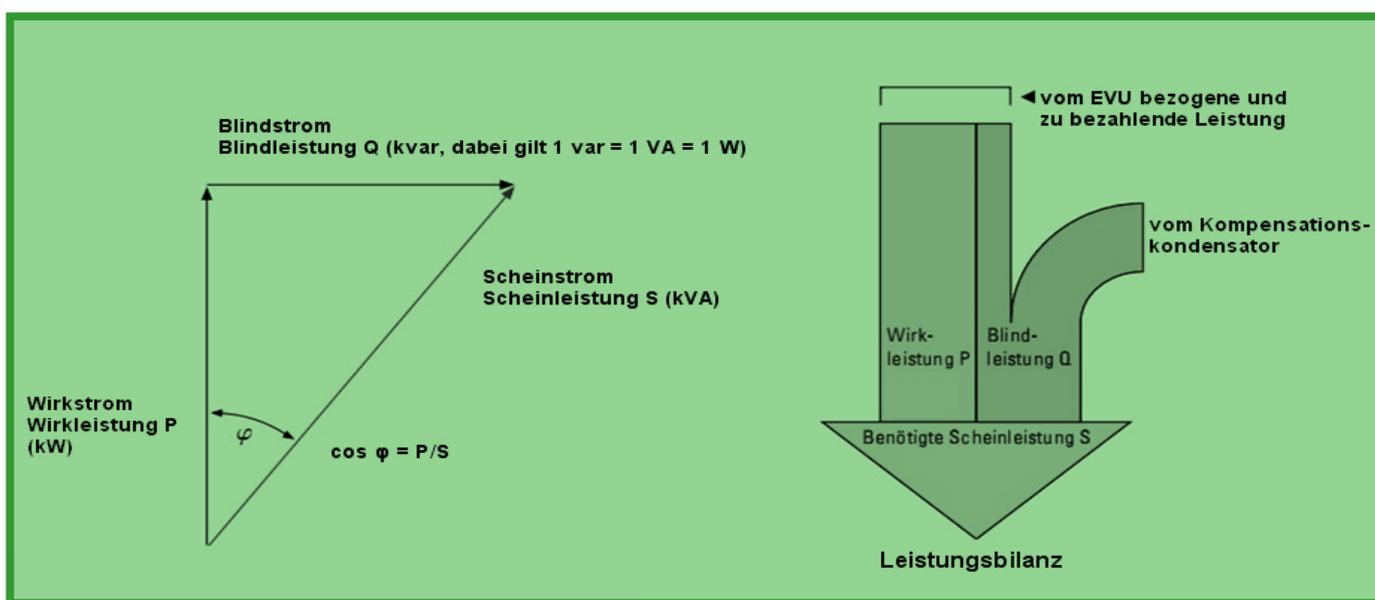
Reine Wirkleistung P ergibt sich bei sinusförmigen periodischen Wechselgrößen nur, wenn Strom und Spannung in Phase liegen, d. h. zur gleichen Zeit ihre Nulldurchgänge haben. Dies ist **bei ohmschen Verbrauchern**, wie z. B. Glühlampen und Elektroheizungen der Fall. Die zugeführte Leistung wird hier weitestgehend umgesetzt.

Der Betrieb von **induktiven Verbrauchern** mit eisenkernumwickelten Spulen, also z. B. Motoren, Transformatoren, Induktionsherden erfordert sowohl **Wirkleistung P** als auch **Blindleistung Q**.

Die Blindleistung ist der für den Aufbau von Magnetfeldern benötigte Energieanteil, der nicht in Wirkleistung umgesetzt werden kann. **Induktive Verbraucher** erzeugen eine positive Phasenverschiebung, d.h. der Strom eilt der Spannung hinterher.

Kapazitive Verbraucher, also Verbraucher, die Kondensatoren verwenden, wie Schaltnetzteile, Vorschaltgeräte von Leuchtstofflampen, usw.) erfordern neben der Wirkleistung ebenfalls Blindleistung, hier jedoch für den Aufbau von elektrischen Feldern. **Kapazitive Verbraucher** erzeugen eine negative Phasenverschiebung, d. h. der Strom eilt der Spannung voraus.

Mit dem **Phasenverschiebungswinkel $\cos \phi$** bezeichnet man das Verhältnis von **Wirkleistung P** zur **Scheinleistung S**. Bei ohmschen Verbrauchern ist $P = S$ mit einem $\cos \phi = 1$.





Blindstromreduzierung und $\cos \varphi$

Der Quotient aus Wirkleistung P und Scheinleistung $S = \cos \varphi$ ($\cos \text{Phi}$) wird auch als Leistungsfaktor bezeichnet. Sein Wert kann zwischen "0" und "1" liegen, z.B. 0,45 / 0,63 / 0,82 / 0,97. Bei einem Elektromotor ist er auf dem Typenschild angegeben.

Würde der Blindstrom, hellblauer Zeiger, vollständig durch **ESO** kompensiert, also aus dem Gerät heraus bereitgestellt, dann hätte der $\cos \varphi$ einen Wert von 1 und es würde gar kein Blindstrom aus dem Versorgungsnetz bezogen, die Blindstromkosten wären gleich Null.

ESO – Elektronischer Stromoptimierer

Viele elektrische Geräte, wie z. B. Motoren, verbrauchen Wirkleistung und Blindleistung. Wirkleistung wird in mechan. Leistung und Wärmeverluste umgesetzt. Blindleistung wird z. B. zum Aufbau der Magnetfelder in den Motoren benötigt. Wirkstrom und Blindstrom bewegen sich vom Erzeuger zum Verbraucher. Beide zusammen ergeben die Scheinleistung. Die Stromerzeugungsgeneratoren und das Netz müssen diese Scheinleistung zur Verfügung stellen und übertragen. Die Scheinleistung (S) errechnet sich aus der geometrischen Addition (Leistungsdreieck in Zeigerdarstellung mit dem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ (Cosinus Phi)) von Wirkleistung (P) und Blindleistung (Q). Beim Abbau des Magnetfeldes fließt Blindleistung zurück ins Netz.

ESO ist ein dynamisches Blindstromkompensationsgerät mit Oberwellen- und Spannungsspitzenfiltereigenschaften, das dazu antritt, Energieeffizienz und Spannungsqualität im Versorgungsnetz gravierend zu verbessern. Es senkt die Energiekosten, indem es den größten Teil des aus dem Netz bezogenen induktiven Blindstroms selbst bereitstellt und Störungen bereinigt, die über das öffentliche Versorgungsnetz übertragen werden oder im Verbrauchernetz selbst entstehen. Ein willkommener Nebeneffekt ist die Reduzierung des Wirkenergieverbrauchs.

ESO Arbeitsweise

Blindleistungskompensation: Wird parallel zu einem induktiven Verbraucher ein geeigneter Kondensator geschaltet, so speichert dieser die beim Abbau des Magnetfeldes zurückfließende Blindenergie, welche von nun an nur noch zwischen induktivem Verbraucher und dem Kondensator hin- und herpendelt. ESO beinhaltet drei Kondensatorengruppen, für jede der drei Netzphasen eine, die von einem elektronischen Steuerungssystem angesteuert werden. Nach Installation des Gerätes wird die Blindleistung nunmehr vom Gerät vor Ort bezogen und nicht mehr aus dem Netz. Durch die Blindleistungskompensation kann der Strom in den Leitungen des Verbrauchernetzes um einige Zehnerprozent reduziert werden.

Auch die Freileitungsübertragungsverluste der Energieversorger werden verringert – ein weiterer Vorteil beim Einsatz dynamischer Blindstromkompensationsgeräte, denn ein geringerer Energiebedarf, eine geringere Stromproduktion schont die Umwelt durch Reduzierung der Schadstoffemissionen.

Oberwellen- und Spannungsspitzenfilterung/-dämpfungen tragen ihren Anteil zur Stromverbrauchsreduzierung bei, denn beide Effekte senken den Wirkleistungsbezug aus dem Netz durch Reduzierung ihrer Energieinhalte. Gleichzeitig verringern sich die Wärmeverluste, und durch den Ausgleich von Spannungseinbrüchen verbessert sich die Spannungskonstanz.

Die Verringerung o. g. Spannungsstörungen trägt zu einem störungsfreieren Betrieb der angeschlossenen Maschinen und Geräte bei und verlängert deren Lebensdauer.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Oberwellenbereinigung ergibt sich aus der Verbesserung der Genauigkeit von Ferraris-Wirkenergiezählern auf Induktionsbasis, die dann den erhöhten Oberwellenenergiegehalt nicht mehr mit anzeigen. (Ferraris-Zähler sind die elektromechanischen Zähler mit Drehscheibe.)

Quelle: <http://www.energie.ch/harmonische-oberschwingungen-netzqualitaet> \ 1.2 Auswirkungen von Oberschwingungen, Punkt 8: „Bei Induktionszählern ist der Einfluss von Oberschwingungen auf die Genauigkeit erheblich.“

Sind Ferraris-Zähler installiert, erfolgt der Nachweis der Reduzierung des Wirkleistungsbezugs durch den Einsatz von Zählersensoren mit Digitaldisplay (Wattcher, twingz). Sind Digitalzähler installiert, ist die Wirkleistungsreduzierung über deren Display sofort ersichtlich.

Geräteauswahl

Die Geräteleistung wird nach der gezogenen durchschnittlichen Maximalleistung bestimmt.

Positionierung

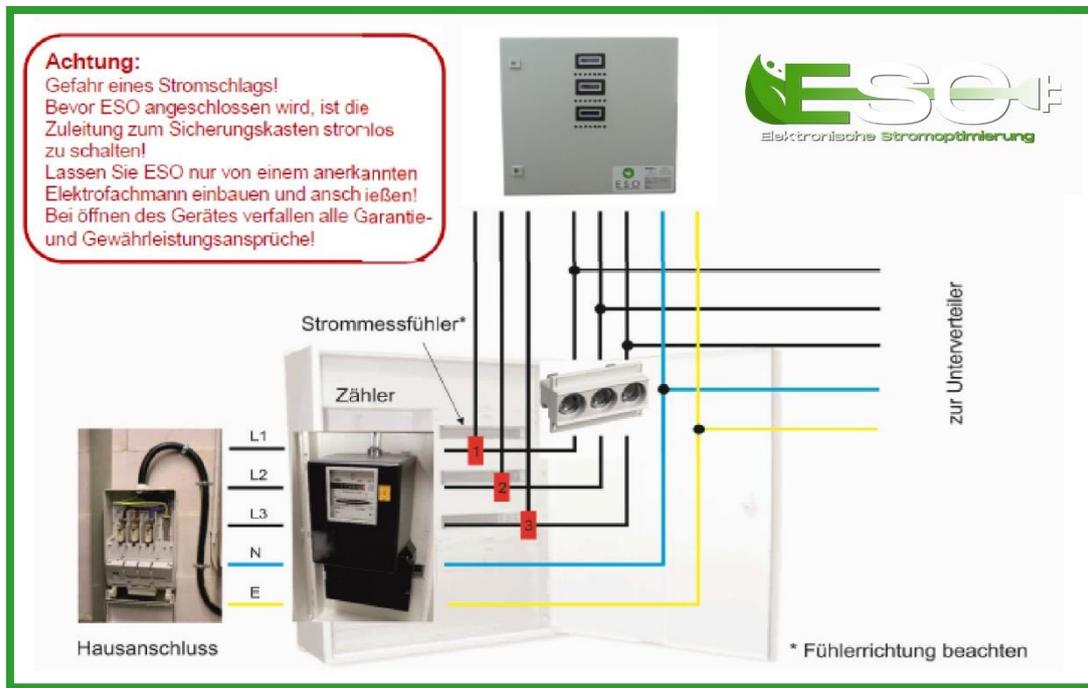
Eine optimale Blindleistungskompensation wird erreicht, indem Kompensationsanlagen möglichst nah an den Blindenergie beziehenden Lasten positioniert werden. In großen Betrieben sind zur Kompensationsoptimierung verteilte Installationen anzustreben, in kleinen Betrieben wird das Blindleistungskompensationsgerät zentral hinter dem Zähler neben der Verteilung installiert. ESO wird hinter dem Stromzähler entweder direkt an den Hauptsicherungen angeschlossen oder separat abgesichert an Vorsicherungen, die der Blindstromgröße angepasst sind.

Der Einfluss erstreckt sich auf sämtliche nachgeschaltete Stromkreise. Pro Zählerstromkreis ist ein eigenes Optimierungsgerät vorzusehen, da in jedem Verbraucherstromkreis andere Belastungen wirksam werden.

Montage

Zur Befestigung der Anlage, neben der Stromverteilung an der Wand, benützen Sie bitte passende Dübel und Schrauben.

Anschlussschema



Der Anschluss erfolgt punktuell, nicht seriell. So sind die Kondensatoren zwischen dem Leiter L und dem Neutraleiter N parallel zum angeschlossenen induktiven Verbraucher geschaltet, und dies für alle drei Phasen L1, L2 und L3. Kabelfarben der Zuleitungen

Nachdem die Sicherungen stromlos geschaltet wurden, werden die drei Leiter L1, L2 und L3 aufgelegt, dann der Neutraleiter N und der Erdungsleiter E kontaktiert. Hinweis: Es ist zu beachten, dass jeweils das richtige Display (L1 / L2 / L3) der Anlage angeht.

L1	Braun
L2	Schwarz
L3	Grau
N	Blau
E	Gelb-grün

Anschluss der Strommessfühler

Anschließend werden die drei ferromagnetischen Strommessfühler (Stromwandler) um die drei Leiter herum gelegt und geschlossen. Die Stromwandler sind mit 1, 2 und 3 bezeichnet. Für die stromflussrichtige Montage ist zu beachten, dass die mit Z gekennzeichnete Seite in Richtung Zähler weist, die mit L gekennzeichnete Seite in Richtung Last, andernfalls zeigt das Display falsche Strommesswerte an. Der PF-Wert der einzelnen Displays darf keine Minuswerte anzeigen. Sollte dies der Fall sein, drehen Sie den Messfühler bitte um 180°.

Anzeigen

An der Gehäusefront befinden sich drei Anzeigen für die aktuellen Messwerte der drei Phasen, und darunter eine Zeile mit LEDs, die die Nutzung von Gerät, Kondensatoren und Softwarefunktion anzeigen.



- V** = Effektivwert der Spannung U_{eff} in Volt
- A** = Fließender Strom I in Ampere
- PF** = Zeigt die momentane Verbesserung des Leistungsfaktors $\cos \phi$ an (englisch: power factor)
- F** = Frequenz in Hertz
- Save percent** = Reduzierung der momentanen Blindstromaufnahme (Ampere) in % (englisch: to save = einsparen)

LED 1 = Gerät eingeschaltet

LED 3 = zugeschalteter Kondensator 2

LED 2 = zugeschalteter Kondensator 1

LED 4 = zugeschalteter Kondensator 3

LED 5 = zugeschalteter Kondensator 4

LED 6 = zugeschalteter Kondensator 5

LED 7 = Datenmessung und -auswertung ist aktiv (blinkt beim Arbeiten)

Zusätzlicher wichtiger Hinweis:

Jedes einzelne Gerät wird vor Auslieferung an den Kunden nach VDE 0701 / 0702 geprüft und einem Funktionstest unterzogen.

Auszug Musterprotokoll:



Kunde:

Prüfbericht-Nr: 3-20200921

Prüfdatum: 21.09.2020

Nächste Prüfung: 21.09.2020

75210 Keltern

Prüfprotokoll nach DIN VDE 0701-0702

Inventar-Nr.:	3	Serien-Nr.:	-	Standort:	Produktion
Beschreibung:	Kompensationsanlage	Hersteller:			
Schutzklasse:	1	Sich./Leistung:	0	Prüfintervall:	0 Monate
Raum-ID:	-				
Prüfungsgruppe:	SK1-ALLG1	Beschreibung Prüfungsgruppe: Gerät (0,3Ω/200mA;1MΩ;Diff.:3,5mA) - mit Isolation und Schutzleiterstrom			
Prüfmittel:	PAT420	Serien-Nr.:	1005-019/101763153		
Prüfer:	Mirko Graeber	Prüfergebnis:	Bestanden		

Prüfergebnisse

Nr.	Prüfschritt	Parameter	Einheit	Kriterium	Ergebnis	i.O.
1	Sichtprüfung Gehäuse			Ja	Ja	✓
2	Sichtprüfung Netzstecker			Ja	Ja	✓
3	Sichtprüfung Netzkabel			Ja	Ja	✓
4	Sichtprüfung Schalter			Ja	Ja	✓
5	Sichtprüfung Steckdose			Ja	Ja	✓
6	Sichtprüfung Umgebung			Ja	Ja	✓
7	Sichtprüfung Eignung			Ja	Ja	✓
8	Sichtprüfung Andere			Ja	Ja	✓
9	Sichtprüfung Gesamtergebnis			Ja	Ja	✓
10	HS Schutzleiter-Messung (Ohm)	10A	Ohm	0,3	0,12	✓
11	Schutzleiter-Messung (Ohm)		Ohm	0,3	0,13	✓
12	Isolationswiderstand	500V	MOhm	1	99,9	✓
13	Schutzleiterstrom (Differenz)	Diff.	mA	3,5	0,46	✓
14	Funktionsprüfung (Leistung)		VA	3700	7	✓

Bemerkungen:

Unterschrift (Prüfer) Mirko Graeber

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

EG-Konformitätserklärung

Hiermit erkläre ich

Michael Grün (Inhaber Einzelfirma)

ESO | Elektronische Stromoptimierung

Büroanschrift: Merianstrasse 49, 76646 Bruchsal

als EU-Importeur

in alleiniger Verantwortung, dass das Produkt (Interne Bezeichnung)



Typen-Bezeichnung (Kompensationsanlagen):

ESO 30, ESO 35, ESO 40, ESO 45, ESO 50, ESO 55, ESO 60, ESO 70, ESO 80, ESO 90, ESO 100, ESO 110, ESO 120, ESO 130, ESO 140, ESO 150, ESO 160, ESO 170, ESO 180, ESO 190, ESO 200, ESO 210, ESO 220, ESO 230, ESO 240, ESO 250, (größere Geräte nach Bedarf)

mit der **CE-Konformitätserklärung** durch den Hersteller den Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der folgenden EG-Richtlinien entspricht:

- **Allgemeine Produktsicherheit gemäß der Richtlinie** 2001/95/EG

Erste Verordnung zum **Produktsicherheitsgesetz** (Verordnung über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt) vom 11. Juni 1979 (BGBl. I S. 629), die zuletzt durch Artikel 15 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178) geändert worden ist

- **Niederspannungsrichtlinie** 2006/95/EG

Richtlinie 2006/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen.

- **EMV-Richtlinie** 2004/108/EG: Elektromagnetische Verträglichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten; Die Europäische EMV-Richtlinie definiert **elektromagnetische Verträglichkeit** wie folgt: Die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufrieden stellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

Zusätzlich sind folgende Richtlinien eingehalten:

- RoHS-Richtlinie 2011/65/EU

- Messgeräte 2004/22/EG

Das Gerät wurde getestet nach:

- EN 55022: 2006 + A1: 2007; EN 61000-3-2: 2006 + A1: 2009;

- EN 61000-3-3: 2008; EN 55024: 1998 + A1: 2001 + A2: 2003

- IEC 61000-4-2: 2009; IEC 61000-4-3: 2006

- IEC 6100-4-4: 2004 + A1: 2010; IEC 61000-4-5: 2006

- IEC 61000-4-6: 2009; IEC 61000-4-8: 2005; IEC 61000-4-11: 2004

Jedes Gerät wird umgebaut / komplettiert und nach VDE 0701 / 0702 geprüft.

29.10.2020



Michael Grün Inhaber Einzelfirma (Zusatzbezeichnung ESO-Elektronische Stromoptimierung)

Technisches Datenblatt

Bezeichnung:	ESO Elektronische Stromoptimierung (Kompensationsanlage)
Funktion:	Dynamisches induktives Blindstromkompensationsgerät Dreiphasen-Leistungsoptimierer
Gerätetypen:	ESO 30 bis ESO 250 (nur für Innenräume geeignet)
Betriebsspannung:	120V/240V, 230V/380V, 240V/480V dreiphasig 50-60 Hz
Steuerung:	RTOS-Mikroprozessor
Anzeigen:	LCD-Display für Spannung, Strom, Leistungsfaktor $\cos \phi$ und Netzfrequenz LED Statusübersicht über die aktiven Kondensatoren und die Aktivität der Software
Eigenstrombedarf:	ca. Ø 25 Watt Stromaufnahme
Blindstrombelastbarkeit:	200 A reaktiv pro Phase beim leistungstärksten Gerät; Bei höheren Blindstromstärken sind mehrere Kompensationsgeräte parallel zu schalten.
Zertifikate:	RoHS, EG-Konformitätserklärung
Besonderheiten:	Jedes einzelne Gerät wird vor Auslieferung gemäß VDE 0701/0702 geprüft.
Gewicht:	bis zu ca. 38 kg, abhängig von der jeweiligen Leistungsgröße je Gerät
Abmessungen:	Standard: L= 60 cm, B= 60 cm, T= 22 cm Die Maße und Aussehen der Anlage können je nach Kundenansprüchen und Leistungsgröße variieren. Bei kleineren Leistungsgrößen oder Platzverhältnissen beim Endkunden können auch andere Gehäuse Anwendung finden. Diese können größer oder kleiner sein.
Farbe:	Grau