



Thema: Mobil einsetzbares Leistungs- und Energie- Messgerät mit Merkmalen einer Referenzklasse

Datum: 28.04.2020
Date:

1. Aufgabenstellung

Im Verlauf von Servicetätigkeiten an Energieerzeugungsanlagen besteht häufig die Notwendigkeit, neben der vorhandenen Betriebsmesstechnik, die erzeugten elektrische Leistungen, Ströme und Spannungen hinreichend genau messen zu können. Beispielsweise bestand diese Forderung vor kurzer Zeit auf einer Bestandsanlage, wo während der Wiederinbetriebnahme eines Dieselgenerators, Zweifel über die von der Diesel- Antriebsmaschine erzeugte Wellenleistung zu der vom Generator umgewandelten, von der installierten Betriebsmesstechnik angezeigten und in das Netz eingespeisten Wirkleistung bestand. Daraus resultierte die Anfrage an das Service- Unternehmen, die aktuellen Betriebsdaten des Dieselgenerators temporär durch eine alternative Messtechnik zu überprüfen.

Dabei sollte eine mobile Messtechnik zum Einsatz kommen, deren Klassengenauigkeit mindestens ein bis zwei Klassen genauer ist, als die installierte und zu kontrollierende Betriebsmesstechnik. Gleichzeitig sollte diese Messtechnik von ihren Abmessungen und Gewicht relativ gut zu transportieren und von den Anschaffungskosten her dem Aufwand angemessen sein. Da eine entsprechende Messtechnik mit den vorstehenden Spezifikationen bei dem betreffenden Service- Unternehmen nicht im Messmittelbestand war, wurde das Ingenieurbüro John um Unterstützung gebeten.

Zunächst wurde damit begonnen, die Produktpaletten der einzelnen Messtechnik- Hersteller nach geeigneten Fertiggeräten zu durchsuchen, was leider erfolglos verlief. Das Angebot an mobiler Leistungs- und Energiemesstechnik, die zum einen eine hinreichende Klassengenauigkeit aufweist und zum anderen bei einer relativ geringe Einsatzhäufigkeit auch noch bezahlbar erscheint, war praktisch nicht vorhanden.

Alternativ dazu wurde der Messmittel- Markt nach Leistungs- und Energie- Anzeigegeräten durchsucht, deren Klassengenauigkeiten zwar für die Messaufgabe ausreichend, aber auf Grund der Gehäuseausführung nicht direkt als mobiles Gerät einsetzbar waren. *(Im nächsten Abschnitt werden drei typische Vertreter dieser Instrumentengattung dargestellt.)*

Um diese Einbauminstrumente nun zu autarken mobilen Messgeräten zu vervollständigen, wurde dieses vom Ingenieurbüro John in ein handliches Gehäuse mit internem Netzteil zur Hilfsspannungserzeugung, einem Lüfter zur Zwangskühlung und seitlichem Anschlussboard integriert.

Die Strom- und Spannungs- Messpfade der Instrumente sind über 4 mm Sicherheitsmessbuchsen am Anschlussboard zugänglich.

Die nachfolgenden Bilder zeigen drei aufgebaute mobile Energie- Analytoren, die mit der Messtechnik unterschiedlicher Hersteller bestückt wurden.



Leistungsmessgerät mit Siemens PAC4200



Leistungsmessgerät mit Janitza UMG 96-PA



Leistungsmessgerät mit Metrawatt AM1000



Seitlichen Anschlussboard

Bei bestehendem Interesse können die vorstehend abgebildeten Geräte mit Anzeigeeinsätzen Ihrer Wahl in geringen Stückzahlen gefertigt werden.

Optional kann ein Satz von 2 m Messleitungen in den VDE- gerechten Farben gelb / grün / violett und blau sowie rot und schwarz, entsprechend den Farben der Anschlussboard- Messbuchsen, angeboten werden.

2. Ergebnisse der Marktanalyse nach möglichen Anzeigeeinstrumenten

Wie das wirkungsgradorientierte technische Design der Messobjekte, hat auch die Messtechnik selbst in den letzten 50 Jahren eine enorme Entwicklung durchlaufen. Beginnend mit den elektromechanischen Drehspul-, Dreheisen- und Kreuzspul-Zeigermesswerken mit spiegelhinterlegten Skalen, wurden diese schrittweise von elektronischen Messwerken und im weiteren Verlauf durch rein digital arbeitende Systeme abgelöst.

Mitte der 80er Jahre standen digitale Leistungsmesser zur Verfügung, deren Genauigkeiten 0,2% oder besser betragen. Dabei behauptete sich die Firma Yokogawa mit dem Präzisions- Leistungsmesser WT1030 als Referenzklasse. Große Elektrokonzerne, wie beispielsweise die Siemens AG, ermittelten die Betriebsparameter von Generatoren während der Performance- Tests ausschließlich mit diesem, aber sehr kostenintensiven und mit einem Gewicht von 10 kg nicht gerade leichtem Gerätetyp.

Mit zunehmender Leistungsdichte der elektronischen Schaltkreise sind im Verlauf der letzten 10 Jahre so genannte Leistungs- und Energie- Analysatoren, in der Größe eines Panelmeters, auf den Markt gekommen. Die Anzeigegenauigkeiten dieser Geräte unterschieden sich nicht wesentlich von denen der so genannten Referenz- Wattmeter.

Als typische Vertreter dieser Instrumentenklasse sind das SENTRON PAC4200 von Siemens, das UMG 96-PA von Janitza und das AM1000 bzw. AM3000 von der Camille Bauer Metrawatt AG zu nennen. Die nachfolgenden Bilder zeigen die typischen Vertreter dieser Instrumenten- Klasse. Die ersten drei Geräte benötigen Einbauöffnungen von 92 x 92 mm. Das AM3000 benötigt eine Einbauöffnung von 138 x 138 mm.



(Die vorstehenden Bilder wurden den jeweiligen Gerätebeschreibungen der Hersteller entnommen)

Zum übersichtlichen Vergleich der vorstehenden Panelmeter mit der Yokogawa Referenzklasse WT1030 sind die Messungenauigkeiten in der nachfolgenden Tabelle gegenübergestellt.

Messgröße	WT1030	PAC4200	UMG 96-PA	AM1000	AM3000
Spannung	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Strom	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Wirkleistung	0,1	0,2	0,5	0,5	0,2
Blindleistung	0,1	1,0	1,0	0,5	0,2
Netto- Richtpreis [€]	Keine Angabe	ca. 780,-	ca.360,-	ca. 400,-	ca. 550,-

(Die in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Messungenauigkeiten und Richtpreise wurden den Geräte- Dokumentationen, Preislisten, Angeboten und Rechnungen der einzelnen Geräte- Hersteller entnommen.)

Wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich, sind die Panelmeter PAC4200, UMG 96-PA und AM1000 hinsichtlich der Anzeigegenauigkeit von Strom, Spannung und Wirkleistung in etwa gleich. Damit sollten diese Instrumente zur Leistungsbestimmung in älteren Bestandsanlagen kleiner und mittlerer Leistungsgrößen ohne weiteres ausreichend sein. Allerdings zeigt diese Tabelle auch, dass die jeweiligen Geräte in der Grundausführung bezüglich der Beschaffungskosten deutlich voneinander abweichen.

Obwohl die Spezifikationen der Geräte ähnlich sind, ist das PAC4200 von Siemens fast doppelt so teuer, wie die Geräte der Fa. Janitza und der Fa. Camille Bauer Metrawatt AG. Woraus auch immer diese Preisdifferenz resultiert, aus den Unterschieden der Messgenauigkeit allein kann dies nicht begründet werden.

Für Referenzmessungen oder Performance- Tests in größeren Anlagen, bei denen höhere Genauigkeiten gefordert werden, sollten besser so genannte Referenz- Instrumente wie das WT1030 oder das moderne Panelmeter AM3000, welches ebenfalls in die Referenzklasse einzustufen ist, eingesetzt werden.

Dabei ist jedoch stets zu bedenken, dass die gesamte Ungenauigkeit einer Mess- Strecke immer von der größten Ungenauigkeit der Einzelkomponente dieser Kette bestimmt wird. Beispielsweise sind zur Leistungsmessung an Hochspannungsmaschinen, außer dem Wattmeter selbst, noch Spannungs- und Stromwandler in der Messkette vorhanden.

Dabei macht es wenig Sinn, ein Wattmeter mit hoher Klassengenauigkeit in Verbindung mit Wandlern einzusetzen, deren Klassengenauigkeiten deutlich geringer sind als die des Messgerätes selbst. Grund dafür ist, dass die einzelnen Messungenauigkeiten einer Messkette nicht arithmetisch, sondern geometrisch addiert werden.

Das nachfolgende Beispiele soll die vorstehende Aussage verdeutlichen.

1. Beispiel: P- Messung, Klasse 0.1 Spannungswandler, Klasse 0.2 Stromwandler, Klasse 0.2

$$\text{Gesamte Messunsicherheit} = \sqrt{0,1^2 + 0,2^2 + 0,2^2} = \mathbf{0,30}$$

2. Beispiel: P- Messung, Klasse 0.2 Spannungswandler, Klasse 0.2 Stromwandler, Klasse 0.2

$$\text{Gesamte Messunsicherheit} = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2 + 0,2^2} = \mathbf{0,35}$$

Die vorstehenden Beispiele zeigen, dass bei einer Verdopplung der Messunsicherheit des verwendeten Instrumentes, sich die Messunsicherheit der gesamten Messkette nur um 6,6% erhöht. Noch deutlicher wird die Gegenüberstellung, wenn ein Wandler eine höhere Messunsicherheit aufweist.

3. Beispiel: P- Messung, Klasse 0.1 Spannungswandler, Klasse 0.2 Stromwandler, Klasse 0.5

$$\text{Gesamte Messunsicherheit} = \sqrt{0,1^2 + 0,2^2 + 0,5^2} = \mathbf{0,55}$$

4. Beispiel: P- Messung, Klasse 0.2 Spannungswandler, Klasse 0.2 Stromwandler, Klasse 0.5

$$\text{Gesamte Messunsicherheit} = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2 + 0,5^2} = \mathbf{0,57}$$

Die Beispiele 3 und 4 belegen zum einen die Aussage, dass die größte Einzel- Messunsicherheit prinzipiell die, der gesamten Messkette bestimmt. Eine Verdopplung der Messunsicherheit des verwendeten Instruments erhöht das Gesamtergebnis der Messstrecke nur um 3,6%, was im praktischen Messergebnis kaum noch eine Bedeutung haben dürfte.

Die Vorteile beim Einsatz der moderneren Panelmeter liegen nicht nur in dem deutlich niedrigeren Anschaffungspreis gegenüber den hochpreisigen Referenzklasse Leistungsmessern, sondern auch in der Vielzahl von Werkzeugen, die in der Geräte- Software integriert sind. Mit Hilfe dieser Werkzeuge können beispielsweise der phasen- und polaritätsrichtige Anschluss der Strom- und Spannungs- Pfade des Energie- Analysators auf einfache Weise kontrolliert werden. Anschlussfehler können somit bereits vor Beginn der Messungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden, denn nur wenn das Messgerät korrekt angeschlossen ist, sind auch die angezeigten Messwerte real und plausibel.

Den größten Funktionsumfang zur Anschlusskontrolle bieten die Panelmeter AM1000 und AM3000. Diese sind:

- Getrennte Drehfeldrichtungsanzeige für die Mess- Spannung und den Mess- Strom.
- Grafische Darstellung der drei Messspannungen und der drei Messströme in einem Bild über der Zeit (Oszi- Funktion).
- Grafische Darstellung der drei Spannungs- und der drei Stromvektoren in einem Bild (Vektor- Diagramm).
- Umschalten der angezeigten Energiefluss- Richtung per Software (*auch im PAC4200 vorhanden*).

3. Anschlussvarianten und Beispiele der vorstehenden Geräte

Vor dem Einzug der digitalen Informationsverarbeitung in die elektrische Messtechnik beinhalteten sogenannte dreiphasige „Leistungsmesskoffer“ ein, über alle drei Phasen umschaltbares Dreheisen- Voltmeter, pro Phase ein Dreheisen- Strommesser, und zur Messung der Wirk- oder Blindleistung ein Doppel- Kreuzspul- Messwerk. Die beiden einzelnen Kreuzspulmesswerke waren dabei in einer so genannten ARON- Schaltung mit dem Drehstromnetz verbunden.

Mit der heutigen, reinen digitalen Messwertverarbeitung, dienen als Schnittstellen zwischen der analogen Welt des Drehstromsystems und der digitalen Messwertverarbeitung so genannte Analog-/ Digital- Wandler, (ADU).

Diese wandeln die anstehenden analogen Strom- und Spannungswerte, mit einer möglichst hohen Abtastrate, in digitale Werte um, die dann im weiteren Verlauf von einer so genannten CPU nach einem programmierten Algorithmus weiter berechnet und als Anzeigewerte numerisch dargestellt werden.

Bezogen auf die vorstehenden Panelmeter, sind also in einem Instrument drei ADU's zur Digitalisierung der 3 Strang- oder Phasen- Spannungen und drei weitere ADU's zur Digitalisierung der 3 Strangströme enthalten.
Bei den größeren Präzisions- Instrumenten, wie z.B. dem WT1030 von Yokogawa, sind die Eingänge der einzelnen Strom- und Spannungspfade galvanisch voneinander getrennt ausgeführt.
Bei den Panelmetern sind zwar die drei Strompfade ebenfalls galvanisch voneinander isoliert ausgeführt, aber die drei Spannungspfade sind bereits geräteintern in Sternschaltung verbunden, woraus bestimmte Einschränkungen möglicher Anschlussvarianten resultieren.
Damit der im Gerät hinterlegte Algorithmus die gewünschten Anzeige Größen richtig berechnen kann, müssen die Ströme und Spannungen des Drehstromsystems für bestimmte Messkonfigurationen nach den Vorgaben des jeweiligen Instrumenten- Herstellers an das Messgerät angeschlossen werden.

Die in den Bedienungsanleitungen der Geräte Siemens PAC4200 und Sentron AM1000 angegebenen Anschlussbeispiele zeigen wie die Strom- und Spannungs- Eingänge an das Ein- und Dreiphasen- System, mit Null- Leiter (3P4W) oder ohne Null- Leiter (3P3W) anzuschließen sind, damit die anzuzeigenden Werte korrekt dargestellt werden.

Leider enthält die Bedienungsanleitung des UMG 96-PA der Fa. Janitza auf den Seiten 24 und 25 keine Anschlussbeispiele für ein 3P3W- Drehstromsystem ohne vorhandenen Null- Leiter.
Daher wurde die Fa. Janitza mehrfach angeschrieben und gebeten, auch entsprechende Anschlussbeispiele für ein Dreileiter- System, insbesondere für die Spannungsmessung mit Wandlern in so genannter V- Schaltung bzw. der ARON- Schaltung zu nennen.
Zu meinem Bedauern verhielt sich die Fa. Janitza diesbezüglich sehr unkooperativ, denn zu den vorgenannten Sonderfällen ist bisher beim Ingenieurbüro John keine Stellungnahme von der Fa. Janitza eingegangen.
Aus diesem Grund können wir das UMG 96-PA für den geplanten Einsatzzweck zunächst nicht weiterempfehlen.

Für die im folgenden Abschnitt beschriebenen Vergleichsmessungen zwischen den drei Panelmetern und dem Präzisions- Energie- Analysator WT 1030, wurde die für alle Instrumente gleichermaßen geltenden Anschluss- Schaltung mit 3 Phasen und Null- Leiter angewendet.

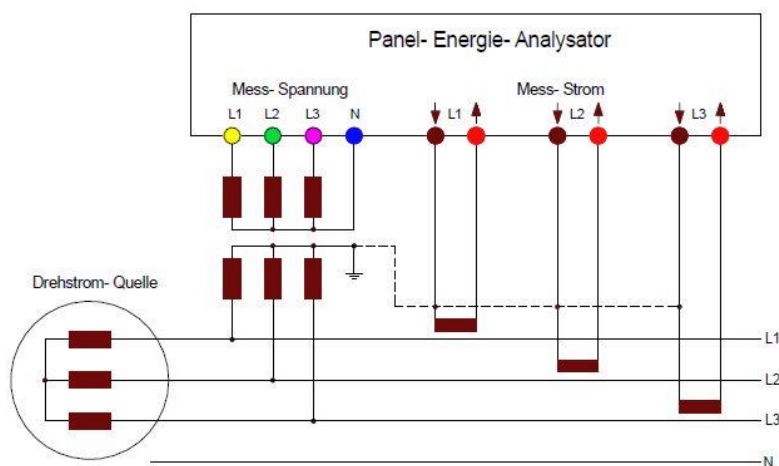
Dazu sind in den Geräten folgende Mess- Systeme bzw. Anschlussarten zu parametrieren:

WT 1030: 3 Φ 4W

PAC4200: 3P4W

UMG 96-PA: keine Angabe

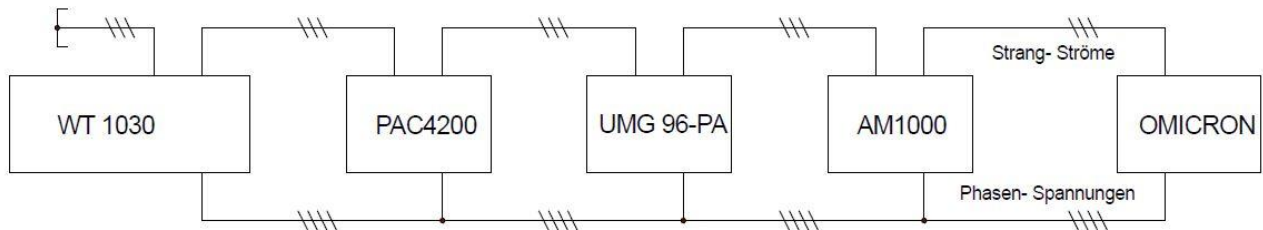
AM1000: 4Lu



4. Direkter Vergleich der simultan an allen Geräten angezeigten Messwerte

Zur Durchführung dieses Versuches wurden die drei Messkoffer mit den Panelmetern von Siemens, Janitza, Metrawatt und das Referenzgerät WT1030 von Yokogawa miteinander verbunden und somit in alle Instrumente die gleichen Strom- und Spannungswerte aus einem OMICRON- Prüfgerät eingespeist.

Verbindungs- Schema der einzelnen Analysatoren



Damit die angezeigten Spannungen, Ströme und Leistungen einen direkten Kraftwerksbezug ergeben, wurde in allen Geräten eine Messung über Strom- und Spannungswandler, mit den Übersetzungsverhältnissen 10000 V / 100 V und 1000 A / 1 A parametrieret.

Die Vergleichsmessungen erfolgten jeweils bei unterschiedlichen Phasenwinkeln zwischen Strom und Spannung, um damit evtl. vorhandene Anzeige- Differenzen im über- und untererregten Quadranten des Leistungsdiagramms zu erkennen. Insgesamt wurden damit fünf Messreihen mit folgenden Phasenwinkeln durchgeführt:

- Messreihe 1: Phasenwinkel = -90,00° entspricht einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 0,00$ ind.
- Messreihe 2: Phasenwinkel = -36,87° entspricht einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 0,80$ ind.
- Messreihe 3: Phasenwinkel = 0,00° entspricht einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 1,00$
- Messreihe 4: Phasenwinkel = +36,87° entspricht einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 0,80$ kap.
- Messreihe 5: Phasenwinkel = +90,00° entspricht einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 0,00$ kap.

Während dieser Messreihen wurden vom OMICRON immer die gleichen Ausgangsgrößen

Leiter- Erdspannung: 3 x 57,74 V Leiter- Leiter- Spannung: 3 x 100 V Phasenstrom: 1,00 A

in die Messanordnung eingespeist.

In den nachfolgenden Tabellen sind die von den vier Instrumenten angezeigten Messwerte sowie die jeweilige Abweichung vom gleichnamigen Messwert des WT 1030 aufgeführt:

Messreihe 1

Messgröße	WT 1030	PAC4200		UMG 96-PA		AM1000	
	Anzeigewert	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung
U _{L1-N} [kV]	5,770	5,77	0,00%	5,775	0,09%	5,773	0,05%
U _{L2-N} [kV]	5,771	5,77	-0,02%	5,772	0,02%	5,773	0,03%
U _{L3-N} [kV]	5,773	5,77	-0,05%	5,776	0,05%	5,773	0,00%
U _{L1-L2} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L2-L3} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L3-L1} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
I _{L1} [A]	994,3	995	0,07%	995,2	0,09%	995	-0,04%
I _{L2} [A]	995,3	995	-0,03%	994,9	-0,04%	995	-0,07%
I _{L3} [A]	998,3	998	-0,03%	997,8	-0,05%	997	-0,10%
ΣS [MVA]	17,248	17,25	0,01%	17,25	0,01%	17,246	-0,04%
ΣP [MW]	-0,259	-0,261	0,77%	-0,26	0,39%	-0,258	-0,39%
ΣQ [Mvar]	17,246	17,23	-0,09%	17,23	-0,09%	17,244	-0,01%
ΣPF [---]	0,018	0,017	-5,56%	0,02	11,11%	0,017	-5,56%
f [Hz]	49,999	50,00	0,00%	50,00	0,00%	49,999	0,00%

Messreihe 2

Messgröße	WT 1030	PAC4200		UMG 96-PA		AM1000	
	Anzeigewert	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung
U _{L1-N} [kV]	5,775	5,78	0,09%	5,777	0,03%	5,773	-0,03%
U _{L2-N} [kV]	5,774	5,78	0,10%	5,772	0,02%	5,773	-0,02%
U _{L3-N} [kV]	5,776	5,78	0,07%	5,773	0,00%	5,773	-0,05%
U _{L1-L2} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L2-L3} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	10,000	-100,00%
U _{L3-L1} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
I _{L1} [A]	995,6	996	0,04%	995,6	0,00%	995	-0,06%
I _{L2} [A]	995,7	996	0,03%	995,4	-0,03%	995	-0,07%
I _{L3} [A]	998,6	998	-0,06%	997,8	-0,08%	998	-0,10%
ΣS [MVA]	17,264	17,26	-0,02%	17,26	-0,02%	17,249	-0,12%
ΣP [MW]	13,641	13,62	-0,15%	13,63	-0,08%	13,638	-0,05%
ΣQ [Mvar]	10,581	10,57	-0,10%	10,57	-0,10%	10,569	-0,11%
ΣPF [---]	0,790	0,79	0,00%	0,79	0,00%	0,791	0,13%
f [Hz]	49,999	50,00	0,00%	50,00	0,00%	49,999	0,00%

Messreihe 3

Messgröße	WT 1030	PAC4200		UMG 96-PA		AM1000	
	Anzeigewert	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung
U _{L1-N} [kV]	5,774	5,78	0,10%	5,778	0,07%	5,773	-0,02%
U _{L2-N} [kV]	5,771	5,77	-0,02%	5,772	0,02%	5,773	0,03%
U _{L3-N} [kV]	5,773	5,77	-0,05%	5,774	0,02%	5,773	0,00%
U _{L1-L2} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L2-L3} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	10,000	-100,00%
U _{L3-L1} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
I _{L1} [A]	995,5	996	0,05%	995,4	-0,01%	996	0,05%
I _{L2} [A]	995,8	996	0,02%	995,5	-0,03%	995	-0,08%
I _{L3} [A]	998,6	998	-0,06%	998,0	-0,06%	998	-0,06%
ΣS [MVA]	17,246	17,26	0,08%	17,26	0,08%	17,250	0,02%
ΣP [MW]	17,233	17,24	0,04%	17,24	0,04%	17,228	-0,03%
ΣQ [Mvar]	0,250	0,251	0,40%	0,25	0,00%	0,249	-0,40%
ΣPF [---]	0,999	1,00	0,10%	1,00	0,10%	0,999	0,00%
f [Hz]	49,999	50,00	0,00%	50,00	0,00%	49,999	0,00%

Messreihe 4

Messgröße	WT 1030	PAC4200		UMG 96-PA		AM1000	
	Anzeigewert	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung
U _{L1-N} [kV]	5,770	5,78	0,17%	5,773	0,05%	5,773	0,05%
U _{L2-N} [kV]	5,771	5,77	-0,02%	5,774	0,05%	5,773	0,03%
U _{L3-N} [kV]	5,773	5,78	0,12%	5,775	0,03%	5,773	0,00%
U _{L1-L2} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L2-L3} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,000	-100,00%	10,000	-100,00%
U _{L3-L1} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,002	-100,00%	9,999	-100,00%
I _{L1} [A]	995,7	996	0,03%	995,2	-0,05%	995	-0,07%
I _{L2} [A]	995,5	995	-0,05%	995,0	-0,05%	995	-0,05%
I _{L3} [A]	997,9	998	0,01%	997,7	-0,02%	997	-0,09%
ΣS [MVA]	17,253	17,26	0,04%	17,25	-0,02%	17,245	-0,05%
ΣP [MW]	13,939	13,95	0,08%	13,94	0,01%	13,928	-0,08%
ΣQ [Mvar]	-10,168	-10,15	-0,18%	-10,16	-0,08%	-10,176	0,08%
ΣPF [---]	0,8092	0,81	0,10%	0,81	0,10%	0,808	-0,15%
f [Hz]	49,999	50,00	0,00%	50,00	0,00%	49,999	0,00%

Messreihe 5

Messgröße	WT 1030	PAC4200		UMG 96-PA		AM1000	
	Anzeigewert	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung	Anzeigewert	Abweichung
U _{L1-N} [kV]	5,778	5,78	0,03%	5,775	-0,05%	5,773	-0,09%
U _{L2-N} [kV]	5,771	5,77	-0,02%	5,775	0,07%	5,773	0,03%
U _{L3-N} [kV]	5,773	5,78	0,12%	5,773	0,00%	5,773	0,00%
U _{L1-L2} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,001	-100,00%	9,999	-100,00%
U _{L2-L3} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,000	-100,00%	10,001	-100,00%
U _{L3-L1} [kV]	---	10,0	-100,00%	10,002	-100,00%	10,000	-100,00%
I _{L1} [A]	995,7	996	0,03%	995,3	-0,04%	995	-0,07%
I _{L2} [A]	995,5	995	-0,05%	994,8	-0,07%	995	-0,05%
I _{L3} [A]	998,4	998	-0,04%	997,7	-0,07%	998	-0,04%
ΣS [MVA]	17,254	17,26	0,03%	17,25	-0,02%	17,245	-0,05%
ΣP [MW]	0,259	0,260	0,39%	0,26	0,39%	0,258	-0,39%
ΣQ [Mvar]	-17,243	-17,23	-0,08%	-17,23	-0,08%	-17,242	-0,01%
ΣPF [---]	0,02	0,02	0,00%	0,02	0,00%	0,019	-5,00%
f [Hz]	50,00	50,00	0,00%	50,00	0,00%	49,999	0,00%

Zunächst muss an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die in den vorstehenden Tabellen aufgeführten Abweichungen der einzelnen Panelmeter relativ und nicht absolut zu bewerten sind.

Zur Berechnung der angegebenen Abweichungen wurden die angezeigten Messwerte der Panelmeter an den jeweils gleichnamigen Messwerten des Referenzinstrumentes WT 1030 der Fa. Yokogawa, welches ebenfalls eine eigene, wenn auch nur geringe Messunsicherheit aufweist, relativiert.

Weiterhin weisen die Anzeigen der verschiedenen Panelmeter für die gleichen Anzeigewerte unterschiedliche Nachkommastellen auf, so dass in den berechneten Abweichungen auch noch gewisse Rundungsfehler enthalten sind.

Ungeachtet aller, im gewählten Messaufbau enthaltenen Messunsicherheiten belegen die in den vorstehenden Tabellen aufgeführten Messergebnisse, dass alle in der Messkette enthaltenen Panelmeter erstaunlich exakte Messwerte liefern. Die Messwertabweichungen gegenüber dem Referenzinstrument WT 1030 betragen bis auf wenige Ausnahmen, $\leq 0,1\%$. Damit erreichen auch diese Panelmeter prinzipiell Referenzeigenschaften und können auf jeden Fall zur Überprüfung der Betriebsmesstechnik auf den Anlagen vor Ort eingesetzt werden.

Obwohl das Panelmeter AM3000 aus Kostengründen nicht mit in die vorstehenden Messungen einbezogen war, könnte bei Einsatz dieses Gerätes an Stelle des AM1000, vermutlich dadurch eine weitere Verbesserung der Anzeigegenauigkeit erreicht werden.

Auf Grund des farbigen Displays sowie des vorhandenen Funktionsumfangs zur Kontrolle des phasen- und polaritätsrichtigen Anschlusses der einzelnen Strom- und Spannungspfade, unterscheidet sich das Panelmeter AM1000 der Camille Bauer Metrawatt AG deutlich von dem Siemens- Sentron- und dem Janitza- Gerät.

Weiterhin bietet das AM1000 die Möglichkeit, die angezeigten Polaritäten der Energieflussrichtungen von Wirk- und Blindleistung unter dem Menüpunkt „Einstellungen“ tauschen zu können, ohne dabei die sekundären Stromwandlerkreise öffnen zu müssen.

Allerdings muss bei dem Panelmeter AM1000 der Camille Bauer Metrawatt AG auch ein deutlich negativ zu bewertender Punkt genannt werden.

In deutschen Kraftwerksanlagen ist es seit Jahrzehnten gängige Praxis den VDE- Farbcode für Sammelschienensysteme anzuwenden. Danach sind die Phasen U / L1 = gelb, V / L2 = grün und W / L3 = violett gekennzeichnet.

Für die Anwendungspraxis ist es daher äußerst ungewöhnlich und eigentlich auch nicht akzeptabel, wenn in einem Anzeigegerät die Variablen in den grafischen Darstellungen nicht an diesen Farbcode angleichbar sind.

Im Panelmeter AM1000 und sicher auch im AM3000 sind die Darstellungsfarben der AnzeigevARIABLEN mit rot / gelb und blau fest eingestellt und können nicht geändert werden.

Dieser Nachteil im visuellen Gesamteindruck der AM- Geräte sollte vom Hersteller möglichst kurzfristig durch ein Firmwareupdate korrigiert werden.

Beispielsweise sind die Darstellungsfarben der grafischen Variablen im UMG 96-PA der Fa. Janitza beliebig änderbar.

5. Wann sollten die installierten Anzeigen der Generator- Betriebsdaten überprüft werden?

Am Ende dieser Themenschrift möchte ich, basierend auf meiner Erfahrung, noch einige Empfehlungen dazu geben, wann es sinnvoll erscheint, die installierte Betriebsmesstechnik durch eine Kontrollmessung überprüfen zu lassen.

Besonders bei älteren Bestandsanlagen, deren installierte Messtechnik teilweise noch aus analogen Anzeigeinstrumenten bzw. Messwertumformern älteren Herstellerdatums besteht, sollte die Anzeigegenauigkeit der vorhandenen Betriebsmesstechnik in größeren Zeitabständen überprüft werden.

Auch nach Beendigung von Reparaturmaßnahmen und Modernisierungen an Funktions- Komponenten der Energieerzeuger, wie Austausch von Strom- und Spannungswandlern, Teilerneuerung der installierten Betriebsmesstechnik oder auch Austausch oder Justage von Reglungsbaugruppen der Turbinensteuerung, sollte im Rahmen der Wiederinbetriebnahme des Energieerzeugers, die Plausibilität der Betriebsanzeigen kontrolliert werden.

Gleichzeitig dient eine Kontrollmessung als Nachweis darüber, ob zum einen die Reparaturmaßnahmen grundsätzlich einen stabilen Last- Betrieb ermöglichen und zum anderen, die ursprünglich, von den Herstellern projektierten und auch garantierten originalen Leistungswerte der Maschinenkomponenten, wieder erreicht werden.

Weiterhin werden die Wirkungsgrade insbesondere von Gas-, Dampf- und Wasserturbinen stark von der Oberflächenbeschaffenheit der Leit- und Radschaufeln sowie von den Zuständen der Dichtelemente zwischen den stehenden und rotierenden Baugruppen beeinflusst.

Beschädigungen oder Verunreinigungen in diesen Bereichen führen dazu, dass bei gleichen Parametern des antreibenden Mediums, wie Abgas, Dampf oder Wasser, sich das an der Turbinenwelle zur Verfügung stehende Drehmoment und damit die Antriebsleistung der Turbine bzw. die elektrische Leistung des angetriebenen Generators verringert.

Mit einer Leistungsmesstechnik hinreichender Genauigkeit können derartige Veränderungen der Wirkungsgrade erkannt werden.

Als letztes Beispiel für den Einsatz einer Leistungsmesstechnik mit Referenzgenauigkeit ist an dieser Stelle noch der so genannte Performance- Test im Rahmen der Inbetriebnahme eines neu installierten Turbosatzes zu nennen.

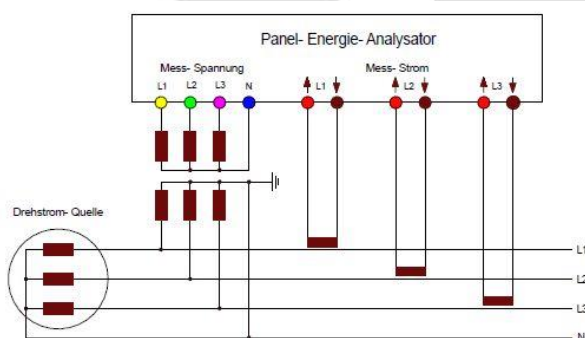
Die Hersteller der Turbinen- und Generatorkomponenten sind ständig darauf bedacht, dass die Wirkungsgrade ihrer Komponenten eine hohe Effizienz bei der Energieumsetzung aufweisen, was letztlich auch ein entscheidendes Kaufkriterium für einen potenziellen Kunden darstellt.

Demzufolge wird von den Herstellern dieser Komponenten sowie auch vom späteren Betreiber, ein Nachweis der garantierten Wirkungsgrade im praktischen Betrieb gefordert, was einen besonderen Anspruch hinsichtlich der Genauigkeit an die dabei benutzte Messtechnik stellt.

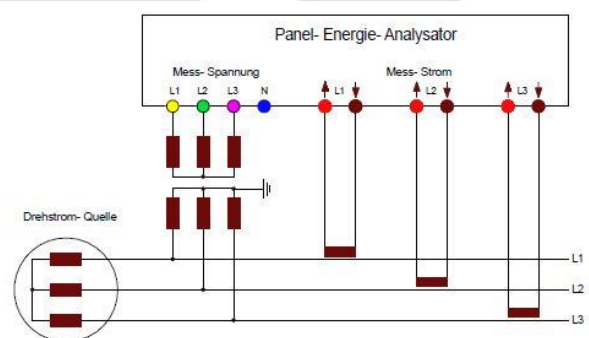
6. Anschlussbeispiele

Die nachfolgend skizzierten Anschlussbeispiele beschränken sich nur auf ein Drehstromnetz mit beliebigen Belastungen.

Siemens Sentron PAC4200, Anschlussart: 3P4W; Janitza UMG 96-PA, Anschlussart: Gerätebeschreibung



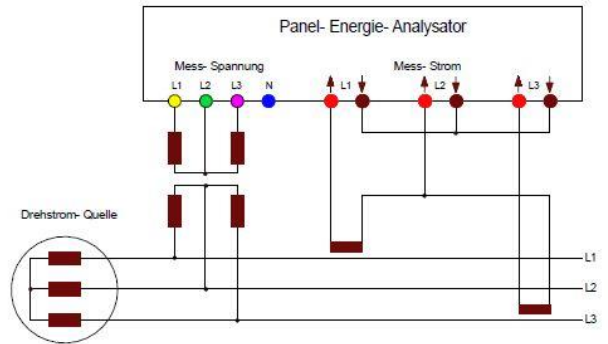
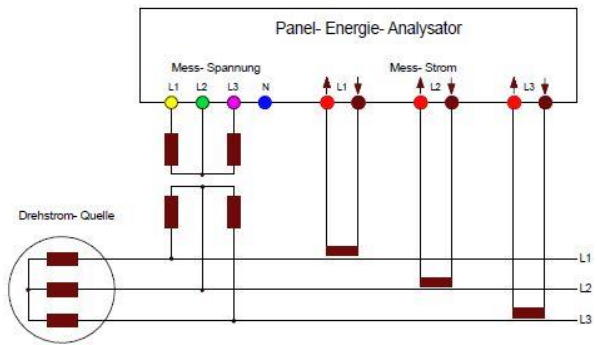
Siemens Sentron PAC4200, Anschlussart: 3P3W; Janitza UMG 96-PA, Anschlussart: von Janitza nicht bestätigt



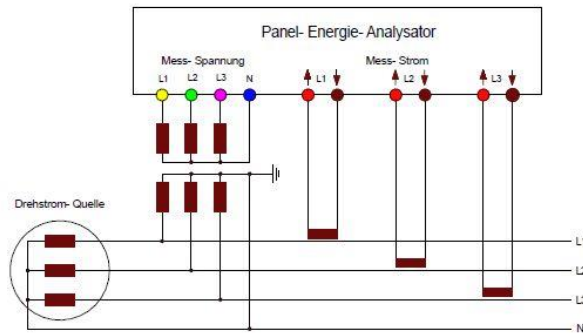
Thema: Mobil einsetzbares Leistungs- und Energie- Messgerät mit Merkmalen einer Referenzklasse
 Subject:

Siemens Sentron PAC4200, Anschlussart: **3P3W**, Janitza UMG 96-PA, Anschlussart von Janitza nicht bestätigt

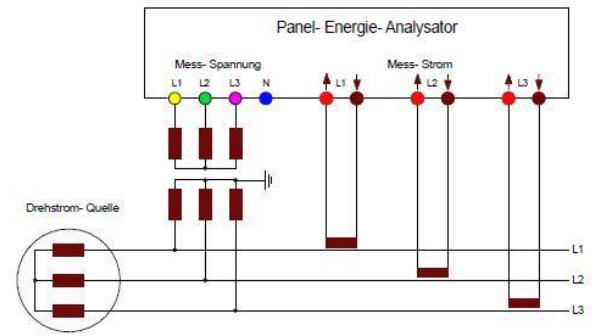
Siemens Sentron PAC4200, Anschlussart: **3P3W**, Janitza UMG 96-PA, Anschlussart von Janitza nicht bestätigt



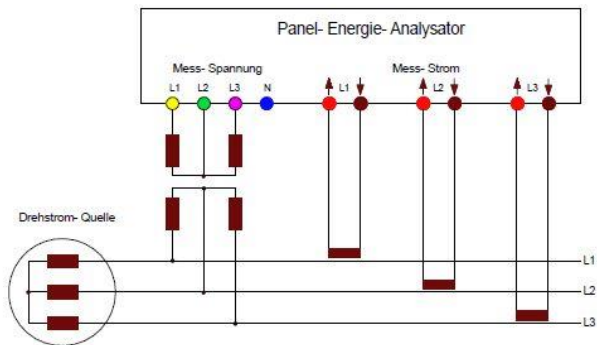
Metrawatt A1000, Anschlussart: **4Lu**



Metrawatt A1000, Anschlussart: **3Lu**



Metrawatt A1000, Anschlussart: **3Lu**



Metrawatt A1000, Anschlussart: **3LuA (Aronschaltung)**

