



Messung von:

- Leistungsaufnahme
- Energiekosten
- Netzspannung
- Stromaufnahme
- Netzfrequenz
- Betriebszeit
- Einschaltzeit
- Min- und Max-Werte
- Automatische Meßbereichswahl

Leistung und Energiekosten
exakt bestimmen

Energie-Monitor EM 94

Endlich hat das Herumrätselfn, wieviel Strom bzw. Energie ein Gerät verbraucht, wirklich ein Ende. Mit dem neuen ELV Energie-Monitor EM 94 messen Sie spielend einfach die Leistungsaufnahme und den Energieverbrauch eines jeden Gerätes. Im Gegensatz zu manch anderen Geräten wird beim ELV Energie-Monitor EM 94 u. a. die Wirkleistung gemessen, und das bereits ab 0,2 W (!).

Allgemeines

Dieser neue von ELV entwickelte und in modernster Technik ausgeführte Universal-Leistungsmesser und Energiezähler stellt sogar manch teure professionelle Leistungsmesser in den Schatten, und das zu einem außergewöhnlichen Preis-Leistungsverhältnis.

Durch besonders innovative Meßverfahren ist die große Meßvielfalt des EM 94 möglich geworden. In Tabelle 1 sind die technischen Daten zusammengestellt.

Um die Leistungsaufnahme von Ver-

brauchern richtig zu beurteilen, reicht es meist nicht aus, nur die Spannung und den Strom zu messen, um daraus die Leistung zu berechnen. Vielmehr ist es wichtig, auch die Phasenbeziehung von Strom und Spannung mit in die Berechnung der Leistung und des Energieverbrauchs einfließen zu lassen. Dies ist wichtig, um auch kapazitive und induktive Lasten (Motoren, Leuchtstofflampen usw.) in ihrer Wirkleistung zu erfassen, denn im privaten Haushalt berechnet das E-Werk die zu bezahlenden Kosten üblicherweise nicht aus der Multiplikation von Spannung, Strom und Zeit, sondern zusätzlich unter Berücksichtigung des Phasenwinkels.

Im ELV Energie-Monitor wird deshalb sowohl die Spannung und der Strom als auch die Phasenbeziehung zwischen beiden gemessen. Daraus berechnet dann der integrierte Mikroprozessor die verschiedenen Leistungsarten (Schein-, Blind- und die besonders interessante Wirkleistung) sowie den Energieverbrauch in dem riesigen Bereich von 1 mWh bis zu 20 MWh (Megawatt-Stunden!).

Bemerkenswert ist auch die hohe Auflösung im Leistungs-Meßbereich des ELV-Energie-Monitors EM 94, die bei 0,2 W liegt. So können denn auch sehr kleine Leistungen bis hinunter zu 1 W zuverlässig angezeigt werden. Dies ist besonders wichtig, denn die Leistungsaufnahme von Geräten die im Stand-by-Betrieb arbeiten, liegt üblicherweise im Bereich von 5 W bis 20 W. Aber gerade dies sind Energiefresser, die Jahr ein Jahr aus unbeachtet ohne Unterbrechung laufen und deren Energiebedarf 24 h am Tag, 365 Tage im Jahr gedeckt werden will.

Da die Anzahl entsprechender Geräte ständig steigt, ist es von erheblichem Interesse wieviel Energie so ein Gerät für den Vorteil eines sofortigen ferngesteuerten Einsatzes benötigt.

Ausgehend von nur 10 W Stand-by-Verbrauch ergibt sich bei 5 Geräten über ein Jahr bereits ein Energieverbrauch von 438 kWh. Bei diesen Energiemengen ist es sicherlich interessant, die Leistungsaufnahme zu kennen und ggf. zu optimieren.

Und genau hier ist ein wesentliches Einsatzgebiet des Energie-Monitors zu sehen, denn er mißt Wirkleistungen im Bereich von 0,2 W bis zu 4000 W.

Zusätzlich wird die durchschnittliche Leistungsaufnahme (Energieverbrauch/Gesamteinschaltzeit) angezeigt und der Prozessor berechnet die angefallenen Kosten unter Berücksichtigung des individuellen Gebührensatzes.

Aber auch andere Betrachtungen sind mit dem Energie-Monitor möglich. Z. B. wird die Einschaltdauer, d. h. die Zeitspanne die ein Gerät in Betrieb war gemessen. Vergleicht man diese Zeit mit der gesamten Meßzeit, so können Geräte, die eigentlich zuviel in Betrieb sind (z. B. defekte oder veraltete Kühlschränke oder Kühltruhen) leicht erkannt werden, zur Erleichterung der Entscheidung für einen Austausch dieser Geräte.

Doch der ELV-Energie-Monitor bietet noch mehr. Da die Berechnung der Leistung ein Mikroprozessor vornimmt, werden im Gerät die Netzspannung, der Laststrom, die Phasenverschiebung und die Netzfrequenz gemessen. Diese Werte sind natürlich alle auch einzeln per Tastendruck verfügbar, wodurch sich der Griff zu einem Multimeter meistens schon erübrigt. Zu allen gemessenen Werten speichert der

EM 94 die Minimal- und Maximal-Werte ab, die ebenfalls auf Tastendruck zur Anzeige kommen.

Aus den gemessenen Werten berechnet der Prozessor dann die Schein-, Wirk- und die Blindleistung und summiert dies im internen Speicher auf, mit einer Auflösung von 10 mWh. Dies entspricht dem Energieverbrauch einer 40 W-Glühlampe in einer Sekunde. Der Energieverbrauch kann zusätzlich mit einem Kostenfaktor versehen werden, so daß die Beträge in Mark und Pfennigen jederzeit abrufbar sind.

Zusätzlich kann noch die gesamte Dauer der Energiezählung oder auch die Zeit, die ein Verbraucher in Betrieb war (Laststrom größer als der vorgegebene Schwellenstrom) sowie die kürzeste und die längste

Einschaltzeit des angeschlossenen Verbrauchers angezeigt werden.

Bei Stromausfall werden alle relevanten Werte in einem EEPROM gespeichert, und der ELV-Energie-Monitor fährt bei Spannungswiederkehr ohne Datenverlust mit seiner Messung fort. Batterien zur Pufferung sind bei diesem Gerät nicht mehr erforderlich.

Um die Bedienung und Übersichtlichkeit zu optimieren, wurde bewußt auf ein umfangreiches Display verzichtet und jeweils nur der gewählte Wert angezeigt, jeweils mit der gültigen Einheit.

Durch die Verwendung eines Stecker/Steckdosengehäuses ist der Energie-Monitor denkbar einfach in der Handhabung und wird einfach in die Netzsteckdose ge-

steckt, während der Verbraucher wiederum an der im EM 94 integrierten Steckdose angeschlossen wird.

Nach diesen einleitenden Erläuterungen wollen wir uns nun der Funktionsbeschreibung im Detail zuwenden.

Funktion

Die umfangreichen Meßmöglichkeiten des ELV-Energie-Monitors EM 94 werden zur besseren Übersicht nachfolgend im einzelnen beschrieben:

Strommessung:

Der durch die Last fließende Strom wird gemessen und angezeigt.

Spannungsmessung:

Die an der Last anliegende Spannung wird gemessen und angezeigt.

Phasenmessung:

Aus dem zeitlichen Versatz der Nulldurchgänge von Spannung und Strom ermittelt der Mikroprozessor die Phasenverschiebung und zeigt diese in Grad an. Zusätzlich ermittelt der Mikroprozessor die Art der Phasenverschiebung und zwar kapazitiv (angezeigt durch ein C vor der Gradzahl) oder induktiv (angezeigt durch ein L vor der Gradzahl).

Frequenzmessung:

Aus dem zeitlichen Abstand der Nulldurchgänge der Spannung ermittelt der Mikroprozessor die momentane Netzfrequenz.

Meßzeit:

Solange der ELV-Energie-Monitor mit Spannung versorgt wird, läuft eine interne Uhr und mißt die bisher vergangene Zeit. Die Uhr kann durch einen Reset zurückgesetzt werden. Nach einem Netzausfall fährt die Uhr ohne Beeinträchtigung mit der Zeitmessung fort.

Einschaltzeit:

Hier wird die gesamte Einschaltdauer des Verbrauchers gemessen, bei welcher der Laststrom größer als ein vorgegebener Schwellenstrom ist. Die Zeit kann durch einen Reset gelöscht werden.

Maximale Einschaltzeit:

Hier ermittelt der Mikroprozessor die längste Zeitspanne, die der angeschlossene Verbraucher ohne Unterbrechung in Betrieb war. Interessant ist dieser Meßwert z. B. beim Betrieb eines Kühlschranks, um die längste Einschaltdauer eines Zyklus festzustellen.

Minimale Einschaltzeit:

Dies ist die bisher kürzeste Zeit die ein angeschlossener Verbraucher in Betrieb war.

Scheinleistung:

Die Multiplikation der Effektivwerte von Spannung und Strom, ohne Berücksichtigung des Phasenwinkels, ergibt die Scheinleistung (VA).

Tabelle 1: Technische Daten ELV Energie-Monitor EM 94

Meßart	Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit	
Strom	0,000 A - 1,600 A	1 mA	±1 %	
	1,60 A - 16,00 A	10 mA	±1 %	
Spannung	180 V - 250 V	1 V	±1 %	
	Phase	0° - 90° Induktiv	1°	±1 %
0° - 90° Kapazitiv		1°	±1 %	
Frequenz	10,0 Hz - 199,9 Hz	0,1 Hz	±0,1 %	
Meßzeit	0:00 min - 19:59 min	1 sek	±0,1 %	
	0:20 h - 19:59 h	1 min	±0,1 %	
	20 h - 1999 h	1 h	±0,1 %	
	2,00 kh - 19,99 kh	10 h	±0,1 %	
	20,0 kh - 65,5 kh	100 h	±0,1 %	
	Einschaltzeit	0:00 min - 19:59 min	1 sek	±0,1 %
		0:20 h - 19:59 h	1 min	±0,1 %
		20 h - 1999 h	1 h	±0,1 %
		2,00 kh - 19,99 kh	10 h	±0,1 %
	Scheinleistung	20,0 kh - 65,5 kh	100 h	±0,1 %
0,0 VA - 199,9 VA		100 mA	±3 %	
200 VA - 1999 VA		1 VA	±3 %	
Wirkleistung	2,00 kVA - 4,00 kVA	10 VA	±3 %	
	0,0 W - 199,9 W	100 mW	±3 %	
	200 W - 1999 W	1 W	±3 %	
Blindleistung	2,00 kW - 4,00 kW	10 W	±3 %	
	0,0 var - 199,9 var	100 mvar	±3 %	
	200 var - 1999 var	1 var	±3 %	
	2,00 kvar - 4,00 kvar	10 var	±3 %	
Energieverbrauch	0,00 Wh - 19,99 Wh	10 mWh	±3 %	
	20,0 Wh - 199,9 Wh	100 mWh	±3 %	
	200 Wh - 1999 Wh	1 Wh	±3 %	
	2,00 kWh - 19,99 kWh	10 Wh	±3 %	
	20,0 kWh - 199,9 kWh	100 Wh	±3 %	
	200 kWh - 1999 kWh	2 kWh	±3 %	
Energiekosten	2,00 MWh - 19,99 MWh	10 kWh	±3 %	
	0,00 - 19,99	0,01		
	20,0 - 199,9	0,1		
Durchschnittliche Wirkleistung	200 - 1999	1		
	0,000 W - 1,999 W	1 mW	±3 %	
	2,00 W - 19,99 W	10 mW	±3 %	
	20,0 W - 199,9 W	100 mW	±3 %	
	200 W - 1999 W	1 W	±3 %	
	2,00 kW - 4,00 kW	10 W	±3 %	

Zusätzlich Anzeige der Minimal- und Maximalwerte von: Spannung, Strom, Phase, Frequenz, Einschaltzeit, Scheinleistung, Wirkleistung, Blindleistung

Tabelle 2: Die Gruppen und ihre Unterfunktionen

Energie	Zeit	Messen	Max	Leistung
Energie Kosten	Meßzeit Einschaltzeit	Strom Spannung Phase Frequenz	Minimal Maximal Aktuell	Wirkleistung Scheinleistung Blindleistung Durchschnittl. Wirkleistung

Wirkleistung:

Wird die Scheinleistung mit dem Cosinus des Phasenwinkels multipliziert, so ergibt sich die Wirkleistung (W). Das ist diejenige Leistung, die in entsprechende Wirkung (Arbeit) umgesetzt wird und z. B. einen Heizstrahler erwärmt oder eine Glühlampe zum Leuchten bringt. Im privaten Haushalt dient die Wirkleistung üblicherweise dem E-Werk als Grundlage für die Berechnung der Gebühren.

Blindleistung:

Die Blindleistung (var) ergibt sich aus der Scheinleistung, multipliziert mit dem Sinus des Phasenwinkels.

Energieverbrauch:

Integriert man die Wirkleistung über die Zeit, ergibt sich daraus der Energieverbrauch in kWh. Dies entspricht genau dem vom Energiezähler im Haushalt gemessenen Wert.

Energiekosten:

Der Energieverbrauch multipliziert mit dem Kostenfaktor ergibt die Energiekosten.

Durchschnittliche Wirkleistung:

Dividiert man den Energieverbrauch durch die entsprechende Zeitspanne, so erhält man die durchschnittliche Wirkleistung.

Bedienung

Trotz der umfangreichen Anzeigemöglichkeiten des ELV-Energie-Monitors ist die Bedienung sehr übersichtlich. Sämtliche Funktionen sind in 5 Gruppen aufgeteilt und mit den zugeordneten Tastern aktivierbar, wie dies auch aus Tabelle 2 ersichtlich ist.

Mehrfaches Betätigen einer Taste führt zum jeweils nächsten Meßwert der aktuellen Gruppe, wobei am Ende der Liste wieder der erste Gruppenwert auf dem Display erscheint.

So führt z. B. die erste Betätigung der Taste „Energie“ zur Anzeige der bisher verbrauchten Energie. Ein weiterer Druck auf diese Taste zeigt die zugehörigen Kosten an, während beim nächsten Druck wieder der Energiewert auf dem Display erscheint.

Die Betätigung der Taste einer anderen

Gruppe läßt den entsprechenden Meßwert der neuen Gruppe auf dem Display erscheinen, der das letzte Mal in dieser Gruppe aktiv war. Wurde z. B. in der Gruppe „Messen“ die Spannung und anschließend in der Gruppe „Leistung“ die Wirkleistung angezeigt, so führt ein Druck der Taste „Messen“ jetzt wieder zur Anzeige der Spannung und nicht zur Stromanzeige mit der die Gruppe startet.

Eine Ausnahme bildet dabei die Taste „Max“. Die erste Betätigung dieser Taste führt grundsätzlich zur Anzeige des Minimalwertes, während die zweite Betätigung den Maximalwert und die dritte wieder den aktuellen Wert auf dem Display ausgibt.

Durch Betätigen mehrerer Tasten sind noch spezielle Sonderfunktionen gemäß Tabelle 3 verfügbar. Um eine dieser Funktionen aufzurufen wird zuerst die betreffende Taste (z. B. „Max“) gedrückt und festgehalten. Anschließend ist die Taste „Leistung“ zusätzlich zu betätigen und beide Tasten für mindestens 2 Sekunden zu halten. Erst dann wird die jeweilige Funktion ausgeführt.

Nachfolgend kommen wir zur ausführlichen Erläuterung dieser Möglichkeiten.

Max + Leistung:

Der momentan angezeigte Maximal- oder Minimal-Wert wird gelöscht. Ist kein entsprechender Wert aktiv, so wird die Funktion nicht ausgeführt.

Messen + Leistung:

Diese Funktion dient zur Einstellung des Schwellenstromes. Es wird der bisherige Schwellenstrom mit 10 mA-Auflösung auf dem Display angezeigt. Mit Hilfe der Tasten „Energie Zeit, Messen, Max“ kann nun jede Ziffer geändert werden, wobei die Taste „Energie“ die erste Ziffer (links), die Taste „Zeit“ die zweite Ziffer, die Taste „Messen“ die dritte Ziffer und die Taste „Max“ die vierte Ziffer (rechts) jeweils um „1“ erhöht. In Abbildung 1 ist die Zuordnung grafisch dargestellt. Beim Überlauf von „9“ auf „0“ wird die nächste Stelle nicht beeinflusst. Mit der Taste „Leistung“ wird die Eingabe bestätigt und der neue Schwellenstrom ist gesetzt.

Zeit + Leistung:

Die gleichzeitige Betätigung dieser bei-

den Tasten länger als 3 Sekunden löscht alle Speicherwerte des Energie-Monitors, d. h. alle Maximal- und Minimal-Werte, die durchschnittliche Leistung, der Energiezähler, der Kostenzähler, die Einschaltzeit und die Meßzeit. Es beginnt somit ein neuer Meßzyklus.

Energie + Leistung:

Mit dieser Tastenkombination wird die Einstellung des Kostenfaktors (Kosten pro kWh) aufgerufen. Zunächst erscheint der bisherige Kostenfaktor auf der Anzeige. Mit Hilfe der Tasten „Energie, Zeit, Messen, Max“ sind die einzelnen Ziffern einstellbar, wobei die Taste „Energie“ die erste Ziffer (links), die Taste „Zeit“ die zweite Ziffer, die Taste „Messen“ die dritte Ziffer und die Taste „Max“ die vierte Ziffer (rechts) jeweils um „1“ erhöht. Beim Überlauf von „9“ auf „0“ wird die nächste Stelle nicht beeinflusst. Mit der Taste „Leistung“ wird die Eingabe bestätigt und der neue Kostenfaktor gesetzt. Die Gesamtenergiekosten berechnen sich immer nach dem aktuellen Kostenfaktor.

Energie + Leistung beim Einschalten:

Werden während des Einschaltens des Gerätes die Tasten „Energie + Leistung“ gedrückt gehalten, geht der EM 94 in den Kalibriermodus. Werksseitig sind die Fer-

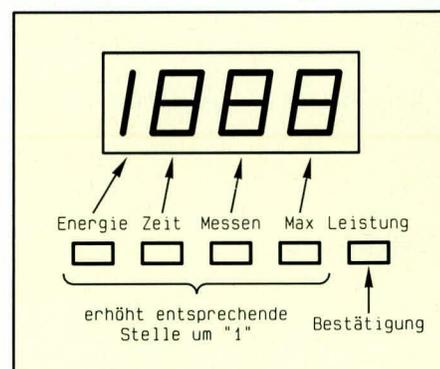


Bild 1: Tastenzuordnung

tigergeräte selbstverständlich komplett abgeglichen, so daß eine Neukalibrierung nicht erforderlich ist. Der Kalibriermodus wurde speziell für den Abgleich der selbst aufgebauten Geräte vorgesehen und darüber hinaus um dem professionellen Anwender die Möglichkeit zu geben, nach einigen Jahren Betriebszeit altersbedingten Abweichungen durch eine Neukalibrierung entgegenzuwirken. Dabei ist unbedingt zu berücksichtigen, daß die mit den Kalibrierarbeiten zusammenhängenden Arbeiten ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden dürfen, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind.

Zur Kalibrierung muß eine reine ohmsche Last in der Größenordnung von 200 W bis 350 W vorhanden sein (z. B. 300 W-Halogenleuchte).

Die Kalibrierung erfolgt in 3 Schritten, und zwar einmal ohne Last und zweimal

Tabelle 3: Sonderfunktionen

1. Max + Leistung	: Maximal oder Minimalwert löschen
2. Messen + Leistung	: Einstellung des Schwellstromes
3. Zeit + Leistung	: Alles löschen
4. Energie + Leistung	: Kosten pro kWh eingeben
5. Energie beim Einschalten + Leistung	: Kalibrierung

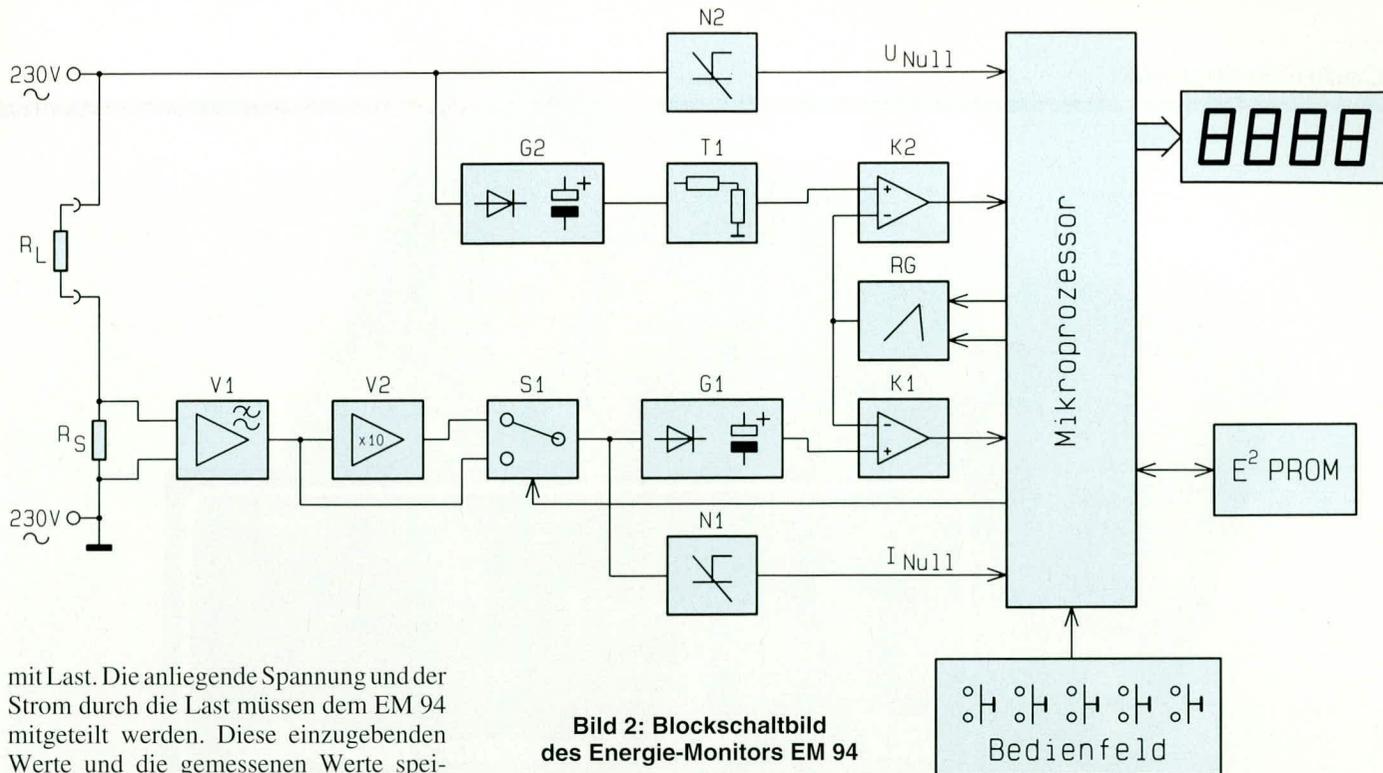


Bild 2: Blockschaltbild des Energie-Monitors EM 94

mit Last. Die anliegende Spannung und der Strom durch die Last müssen dem EM 94 mitgeteilt werden. Diese einzugebenden Werte und die gemessenen Werte speichert der Energie-Monitor als Referenz im integrierten EEPROM ab. Es ist daher wichtig, daß die eingegebenen Werte mit den realen, tatsächlichen Werten exakt übereinstimmen.

Nach dem Aktivieren des Kalibriermodus erscheint auf der Anzeige „CAL“. Es folgen die 3 Kalibriervorgänge, wobei die Reihenfolge unerheblich ist. Sobald ein Kalibriervorgang gestartet ist, (erster Wert gesetzt) erscheint nur noch ein „C“ in der Anzeige und zu jedem Wert ein waagrechttes Segment in der rechten Ziffer zur Signalisierung der Übernahme dieses Wertes. Dabei können auch einzelne Werte doppelt gesetzt werden, wobei aber nur der letzte Wert Gültigkeit besitzt. Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus:

1. Nullwert einstellen: Dabei ist keine Last angeschlossen. Zur Bestätigung ist die Taste „Zeit“ zu drücken. Es erscheint in der rechten Anzeigeziffer das oberste Segment.

2. Referenzstrom eingeben: Hierbei muß ein bekannter Strom durch den Energie-Monitor fließen, wozu die zuvor erwähnte Last dient. Nach Betätigung der Taste „Messen“ ist der momentane Wert des Stromes einzugeben, wobei die Vorgehensweise identisch ist wie bei der Eingabe des Schwellenstromes oder der Kosten. Nach Bestätigung des Eingabewertes vergehen ca. 3 Sekunden, in der verschiedene Meßbereich abgeglichen werden. Während dieser Zeit erscheinen alle Dezimalpunkte zur Verdeutlichung des Meßvorganges. Nach Beendigung der Referenzstrommessung erscheint in der rechten Ziffer das mittlere Segment.

3. Referenzspannung eingeben: Die am EM 94 anliegende Spannung muß hierbei genau bekannt sein. Nach Betätigen der Taste „Max“ wird der momentane Wert der Spannung eingegeben, mit gleicher Vorgehensweise wie bei Eingabe des

Schwellenstromes oder der Kosten. Im Anschluß an die Programmierung des Spannungswertes erscheint in der rechten Ziffer das unterste Segment.

Sind alle 3 Kalibrierungsvorgänge abgeschlossen, kehrt der EM 94 in seine reguläre Betriebsfunktion automatisch zurück.

Blockschaltbild

Zum einfacheren Verständnis der recht komplexen Funktionsabläufe im ELV-Energie-Monitor EM 94 wollen wir nun die Funktionsabläufe anhand des in Abbildung 2 dargestellten Blockschaltbildes erläutern.

Die Meßwerterfassung für den Strom sowie für die Nulldurchgangsmessung des Stromes erfolgt über den Leistungs-Shunt R_S . Über diesen Shunt-Widerstand liegt die Last direkt an der Netzspannung, so daß der durch die Last und den Shunt fließende Strom einen Spannungsabfall am Shunt hervorruft.

Da diese Spannung, bedingt durch den sehr kleinen Shunt-Widerstand, nur gering ist und sich dadurch Störeinflüsse stark auf die Meßgenauigkeit auswirken, wird die Spannung zunächst mit V 1 verstärkt. Zur Unterdrückung höherfrequenter Störungen ist der Verstärker V 1 als Tiefpaß mit einer Grenzfrequenz von 90 Hz ausgeführt. Bei kleinen Strömen wird zur Erhöhung der Auflösung der Verstärker V 2 über S 1 vom Prozessor zugeschaltet.

Im Anschluß an die Signalverstärkung gelangt das Meßsignal zum einen auf den Nulldurchgangsschalter N 1, der dem Prozessor die Strom-Nulldurchgänge mitteilt und zum anderen auf den Präzisions-Zweiggleichrichter G 1, der die Wechselspannung gleichrichtet und siebt.

Die dem Laststrom proportionale Gleich-

spannung gelangt auf den Komparator K 1. Mit Hilfe des vom Prozessor gesteuerten Rampengenerators RG und dem Komparator K 1 setzt der Prozessor den Betrag der Gleichspannung in einen äquivalenten Digitalwert um, d. h. diese Schaltungseinheit bildet den AD-Wandler.

Kommen wir als nächstes zur Messung der Spannung und der Nulldurchgangsmessung der Spannung. Die Netzwechselspannung gelangt einerseits auf den Nulldurchgangsschalter N 2, der dem Prozessor die Nulldurchgänge der Spannung mitteilt und andererseits auf den Gleichrichter G 2. Im Anschluß an die Gleichrichtung und Siebung wird die der Netzspannung proportionale Gleichspannung mit dem Teiler T 1 auf einen Wert heruntersetzt zur optimalen Weiterverarbeitung durch den nachgeschalteten Komparator K 2. Mit Hilfe des Rampengenerators RG und dem Komparator K 2 ermittelt der Prozessor den Digitalwert der angelegten Spannung, d. h. auch hier bildet dieser Schaltungsteil einen AD-Wandler.

Der zentrale Mikroprozessor berechnet nun aus den Nulldurchgängen der Spannung die Netzfrequenz und aus der zeitlichen Differenz der Nulldurchgänge von Spannung und Strom den Phasenwinkel. Zusammen mit den digital gewandelten Strom- und Spannungswerten errechnet der Prozessor alle anzeigbaren Werte und gibt diese auf der 3,5stelligen LCD-Anzeige aus.

Die Bedienung erfolgt über 5 Tasten, die der Prozessor abfragt. In einem EEPROM kann der Prozessor alle erforderlichen Daten netzausfallsicher abspeichern, ohne Pufferbatterien.

Im zweiten Teil dieses Artikels wenden wir uns dann der Schaltungstechnik im Detail zu, gefolgt von Nachbau und Inbetriebnahme.