

»INTELLIGENTE« ENERGIEZÄHLER

Widerstände für Smart-Meter

In den vergangenen Jahren hat sich die Bauweise von Elektrizitätszählern grundlegend verändert, weg von elektromechanischen Ferraris-Zählern. Anwendungsspezifische Standard-ICs verschiedener Lieferanten erlauben digitale Systeme zu massenmarktfähigen Kosten. Aber wie fortgeschritten diese »Smart-Meter« auch sein mögen – alle benötigen analoge Vorschaltkomponenten, um zuverlässig und genau arbeiten zu können.

FALKO LADIGES

Um optimierte Widerstandsprodukte für digitale Elektrizitätszähler auszuwählen und an spezielle Bedürfnisse anzupassen, ist jahrelange Erfahrung nötig. Dazu möchten wir zunächst die Eingangsschutzkomponenten und ihre Impulskapazität als Beispiel betrachten. Dieser Parameter ist ein ganz entscheidendes Leistungsmerkmal, das in den Herstellerdaten oft nicht auftaucht und sich auch nicht mithilfe von Einmaltests an Qualifikationsmustern verlässlich ermitteln lässt. Bild 1 zeigt einen Teil einer typischen kostengünstigen transformatorlosen Stromversorgung für einen Elektrizitätszähler. Vor der Spannungsregelung wird die Netzspannung durch einen kapazitiven Spannungsteiler heruntergeteilt und gleichgerichtet. Die übrigen Komponenten bieten einen Schutz vor EMV-Störungen, die aus dem Netz kommen können. Dazu gehören hochfrequente Interferenzen (HFI), die durch die Drossel und den X2-Kondensator herausgefiltert werden, schnelle elektrische Transienten (EFT), die hauptsächlich durch den X2-Kondensator nebengeschlossen werden, sowie sehr energiereiche Transienten,

die durch Blitzeinschläge induziert werden und durch den MOV geklemmt werden. Als Eingangsschutzwiderstand erfüllt R1 hier eine Reihe von Aufgaben. Die Erste ist eine Schaltkreisfunktion, wobei insbesondere der Widerstand den Zener-Spitzenstrom beim Einschalten auf einen unbedenklichen Wert begrenzt. Seine übrigen Aufgaben sind Schutzfunktionen. Im Hinblick auf die HFI kann ein Widerstand nicht nur dadurch von Nutzen sein, dass er die Reiheninduktivität verstärkt, sondern auch dadurch, dass er den Q-Faktor des Eingangsnetzes verringert. Dadurch minimiert sich die Auswirkung möglicher Resonanzen. Eine kritische Funktion ist die Begrenzung des Spitzen-MOV-Stromes während eines Blitzschlagtransienten. Dabei dämpft der Widerstand die Belas-

tung des MOV, indem er einen Teil der Impulsenergie aufnimmt. Und schließlich eignet er sich als fehlersichere, flammfeste Sicherung im Fall eines Kurzschlusses.

Mit Zement gegen Flammen

Bild 2 zeigt den Impuls, der zum Testen der Unempfindlichkeit gegen Blitzschläge gemäß IEC 61000-4-5 verwendet wird. Es ist zu beachten, dass ein MOV eine begrenzte Lebensdauer hat und dass sich mit jedem Impuls dauerhafte und fortschreitende Veränderungen vollziehen. Wird eine sichere Anzahl von Impulsen während der Produktlebensdauer überschritten (siehe Bild 3), so beginnt die MOV-Spannung zu steigen und fällt dann steil ab, bis ein Kurzschluss erreicht ist. Ein Eingangswiderstand vor dem

MOV, wie in Bild 1 gezeigt, kann die Lebensdauer des MOV deutlich verlängern und gestattet auch die Auswahl kostengünstigerer Teile. Hersteller wie TT electronics Welwyn Components (Vertrieb: WDI) bieten ein breites Sortiment standardimpulsfester Widerstände (Serien »W31«, »WP35«, »WP45« und »WP55«) für diesen Einsatzzweck an und können mit den kompletten Impulsdaten aufwarten. Daneben lassen sich auf einfache Weise – im Rahmen bestimmter Größen- und Kostenbeschränkungen – Varianten entwickeln, die hohen Impulsbelastungen standhalten. Oft wird Drahtwickeltechnologie in Kombination mit flammfesten Zementbeschichtungen verwendet, wobei im Allgemeinen Größen mit 3 W bis 5 W gewählt werden. Für höherohmige Werte eignen sich impulsfeste Oxide. Zum Bei-

Verfahren	Ohmscher Nebenschluss	Stromwandler	Hall-Sensor	Rogowski-Spule
Vorteile	kostengünstig	hoher Strom	hoher Strom, große Bandbreite	hoher Strom, kein Kern (keine Sättigung)
Nachteile	hoher I ² R-Verlust, keine Isolierung	fehleranfällig, wenn Kern magnetisch wird	hoher Temperaturkoeffizient und Linearitätsfehler, hohe Kosten	digitaler Integrator erforderlich, hohe Kosten
Nutzung	häufig in kostengünstigen Haushaltszählern	häufig für hochstromige Haushalts- und Industriezähler	wie Stromwandler, aber seltener	zunehmender Einsatz in Hochleistungszählern

Tabelle 1: Verfahren zur Strommessung in Elektrizitätszählern mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen

spiel werden – im Gegensatz zu normalen Metalloxidteilen – die Widerstände der »MO3S«-Serie von Welwyn mittels chemischer Aufdampfung (Chemical Vapor Deposition, CVD) hergestellt. Das Ergebnis ist ein robusterer Film und eine bessere Wärmeleitung vom Film zum Keramikstab, sodass Wärme schneller abgeführt wird. Das dadurch erreichte Impulsver-

halten ähnelt dem der Drahtwickeltechnologie bei höherohmigen Werten. Das Impulsverhalten der oben genannten Standardprodukte zeigt das Diagramm in Bild 4. Oft lässt sich durch einen speziellen Schaltungsentwurf die Spitzenspannung bis auf 100 Prozent anheben, das wiederum hilft Kosten sparen durch den Einsatz kleinerer Baugrößen.

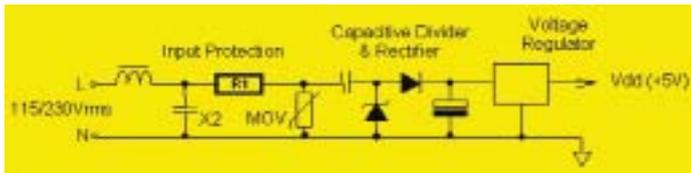


Bild 1: Kostengünstige transformatorlose Stromversorgung für einen Elektrizitätszähler

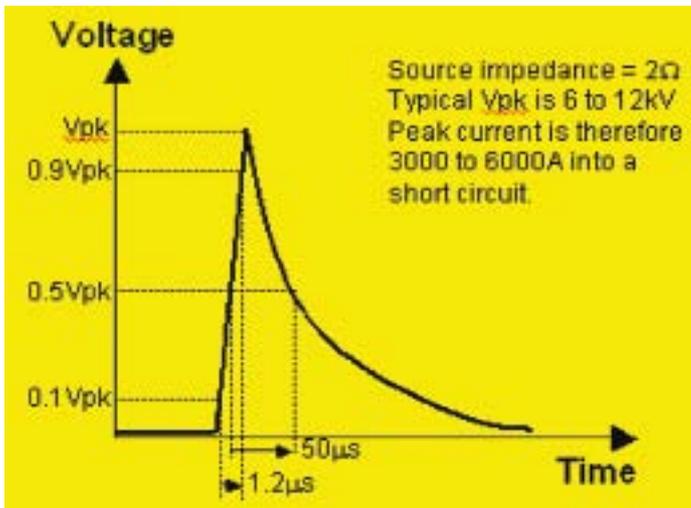


Bild 2: 1,2/050-µs-Impuls, wie er zum Testen der Unempfindlichkeit gegen Blitzschläge gemäß IEC 61000-4-5 verwendet wird

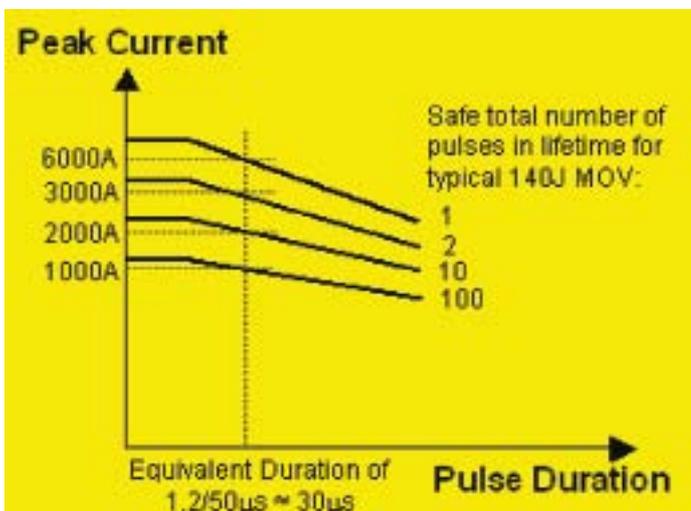


Bild 3: Beim MOV beginnt die MOV-Spannung zu steigen und fällt dann steil ab, bis ein Kurzschluss erreicht ist, wenn eine sichere Anzahl von Impulsen während der Produktlebensdauer überschritten worden ist

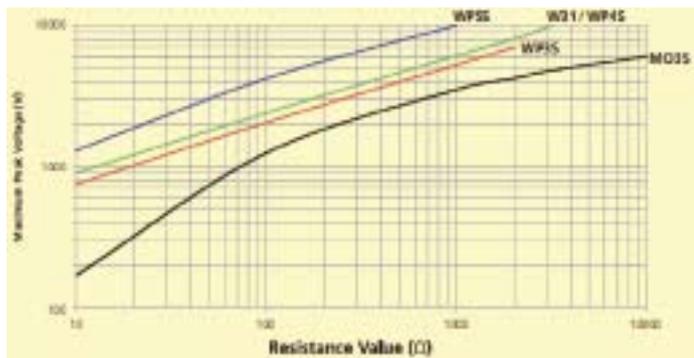


Bild 4: Impulsverhalten für verschiedene Widerstände des Herstellers Welwyn

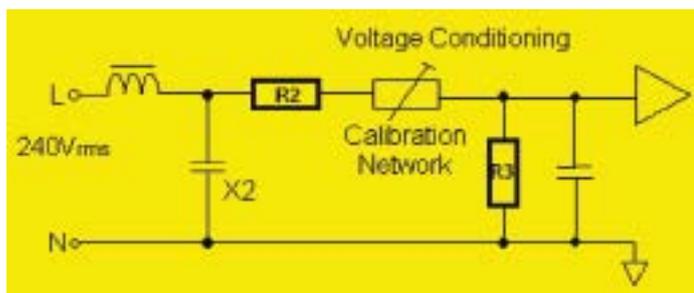


Bild 5: Typischer Anpassungsschaltkreis für die Spannungsmessung

Beim Berechnen der Spitzenspannung am Leitungseingangswiderstand muss die Klemmspannung des MOV – in der Regel 700 V bis 1000 V – von der am Schaltkreis anliegenden Spitzenspannung abgezogen werden. Alternativ kann man den MOV vor dem Leitungseingangswiderstand anordnen. In diesem Fall erfährt der Widerstand einen Rechteckimpuls mit der Klemmspannung von etwa 100 s Dauer (sofern sie nicht durch den Reihenkapazitor beschränkt wird). In diesem Fall absorbiert der MOV den größten Teil der Energie, wobei der Eingangswiderstand eine sekundäre Schutzstufe bildet.

Spannungs- und Strommessung

Die dauerhafte Genauigkeit des Zählers nach der werkseitigen Kalibrierung hängt von der Langzeitstabilität der Spannungs- und Strommesskreise ab. Das Eingangssignal zur Spannungsmessung erhält das Smart-Meter durch ohmsche Teilung der Netzspannung. Das bedeutet eine direkte Verbindung mit dem Netzeingang, sodass dieselben Hochspannungsimpulse wie beim Leitungseingangswiderstand wirken. Wenn jedoch der Spannungsteiler ein Eingangssignal mit hoher

Impedanz ausgibt, so können sehr hochohmige Werte (in der Regel von 470 kΩ bis 1 MΩ) verwendet werden, sodass sich die Impulsenergie entsprechend verringert. Bild 5 zeigt einen typischen Spannungsanpassungsschaltkreis. Die

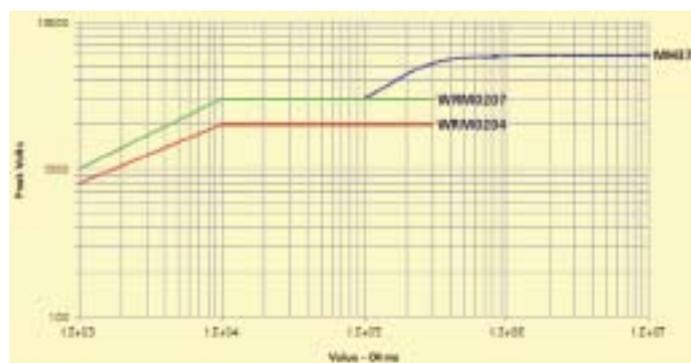


Bild 6: Impulsverhalten verschiedener Widerstände für die Strommessung

HFI-Filterkomponenten sind jene, die im Leitungseingangsschaltkreis erscheinen. R2 sowie das optionale Kalibrierungsnetzwerk bilden mit R3 das erforderliche Teilungsverhältnis, und ein Nebenschlusskondensator übernimmt die Antialias-Filterung. Durch Variieren eines Widerstandswertes in Reihe mit R2 lässt sich das System kalibrieren, zum Beispiel durch selektives Kurzschließen von Widerständen in einer binär gewichteten Kette oder

durch einen Kalibrierungsfaktor in einem nichtflüchtigen Speicher. Der Widerstand R3 hat in der Regel einen Wert von 100 Ω bis 1 kΩ und lässt sich durch einen gewöhnlichen Dickschichtchip-Widerstand der Größe 1206 (oder kleiner) realisieren. Jedoch muss R2 sowohl die kontinuierliche Hochspannung des Netzanschlusses als auch die Hochspannungsimpulse aufnehmen. Daher kommt dafür oft eine Reihenschaltung aus vier bis acht MELF-Widerständen zum Einsatz, die für die nötige Stabilität und aufgrund der Serienschaltung für die erforderliche Nennleistung und Impulskapazität sorgen. Je nach den Kosten der Platzierung der Bauelemente und eventuellen Beschränkungen hinsichtlich der Leiterplattenfläche kann eine Einzelelementlösung zu bevorzugen sein. Dafür eignen sich die Widerstandsserien »WRM0201«, »WRM0207« und »MH37« von Welwyn.

Um die Leistungsmessung zu vollenden, ist noch der Strom zu messen. Dies erfordert einen viel breiteren Dynamikbereich, da der Strom eine echte variable Größe ist, während die Spannung im Wesentlichen gleich bleibt. Die vier Verfahren zur Strommessung

in Elektrizitätszählern sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Wahl des Strommesswandlers richtet sich daher nach einer Reihe wirtschaftlicher und technischer Faktoren, aber für Direktanschluss-

FALKO LADIGES

leitet den Produktbereich Passive und Elektromechanische Komponenten bei WDI

zähler mit einem Maximalstrom unter etwa 100 A bleibt der ohmsche Nebenschluss die beste Option. Die Werte liegen, je nach Maximalstrom, in der Regel im Bereich von 100 μΩ bis 10 mΩ. Um die I²R-Verluste zu minimieren, muss der ohmsche Wert entsprechend dem Mindestspannungspegel, der für eine akzeptable Genauigkeit erforderlich ist, so gering wie möglich sein. In der Regel werden die Zählerleistungswerte auf 2 W eingestellt, um die IEC-Normen einzuhalten, sodass in der Regel 1 W bis 1,5 W als Nebenschlussverlust zur Verfügung stehen (zum Beispiel führen 100 μΩ bei 100 A zu einer Verlustleistung von 1 W). Bei Verwendung von Nebenschlusswiderständen mit so geringen Werten wird die Induktivität zu einem kritischen Faktor. Typische Werte liegen im Bereich von 2 nH bis 5 nH. Hierbei sind zwei Probleme zu beachten. Erstens: Auch wenn die Größenordnung der Impedanz bei Netzleitungsfrequenz vielleicht nur wenig beeinflusst wird, kann die Auswirkung auf die Phasendifferenz zwischen Spannungs- und Stromsignalen bei niedrigeren Leistungsfaktoren Fehler hervorrufen. Und zweitens ist beim Entwurf des Anti-Aliasing-Filters die Querinduktivität zu berücksichtigen, weil sie die Gesamttrauschunterdrückungsleistung beeinflusst, wenn sie nicht ausreichend kompensiert wird. Für diese Anwendung eignen sich die Widerstandsserien »BCS8« und »BHCS« sowie die Serie »OAR« von Welwyn. (rh)

WDI
Telefon: 0 41 03/18 00 0
www.wdi.ag

B6
360

Literatur

[1] Ralf Hickl, »Intelligent Energie zählen«, Design&Elektronik 03/2010, S. 34-36