

Applications & Cases



Energieeffizienz im Haushalt

Oktober 2008

Eiskalt gespart

Wer eine Kühl-Gefrier-Kombination aus dem Jahr 1990 durch ein neues Gerät der Energieeffizienzklasse A++ ersetzt, spart laut der Deutschen Energie-Agentur (dena) bei einem 270-Liter-Modell rund 80 Euro pro Jahr. Damit ein Kühlschrank allerdings zu dieser Premiumklasse der Energieeffizienz gehört, muss sein Kompressor so viel elektrische Energie wie möglich in Kälte umwandeln. Dazu tragen die EPCOS-Kondensatoren der Serie MotorCap P2 Compact bei. Sie verringern zudem den Energieverbrauch des Kühlschranks – genauso wie die Motorstart-PTC-

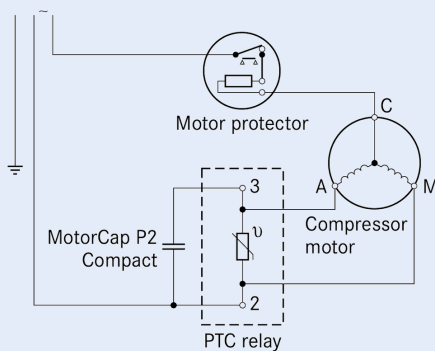
Thermistoren.

Kühlschränke gehören zu den wenigen Geräten, deren Energieverbrauch sich nicht durch das Umschalten in den Stand-by-Betrieb verringern lässt: Sie arbeiten rund um die Uhr. Deshalb ist es umso wichtiger, dass sie die aufgenommene Energie äußerst effektiv in Kühlleistung umwandeln. Je größer das Verhältnis von Leistungsaufnahme zur Leistungsabgabe (Energy Efficiency Ratio – EER) ist, desto effektiver ist auch die Energieumwandlung.

Die Umwandlung von elektrischer Energie in Kälte erfolgt im hermetisch dichten Kompressor, dessen Asynchronmotor einen mechanischen Verdichter antreibt. Im Asynchronmotor befindet sich eine Hauptwicklung sowie eine Hilfswicklung, die zum Anlassen des Motors dient (Abb. 1). Diese wird über einen PTC-Widerstand beschaltet. Der Kaltleiter auf Keramikbasis (Bariumtitanat) hat einen stark nichtlinearen, ab einer charakteristischen Keramiktetemperatur sprunghaft ansteigenden Widerstandsverlauf. Dadurch lässt sich der Kaltleiter als Abschaltverzögerungselement einsetzen. Kaltleiter in dieser Anwendung werden auch als Motorstart-PTCs bezeichnet.



ABBILDUNG 1: BLOCKSCHALTBIKD DES MOTORCAPS / PTC



A: Auxiliary winding
C: Common
M: Motor winding

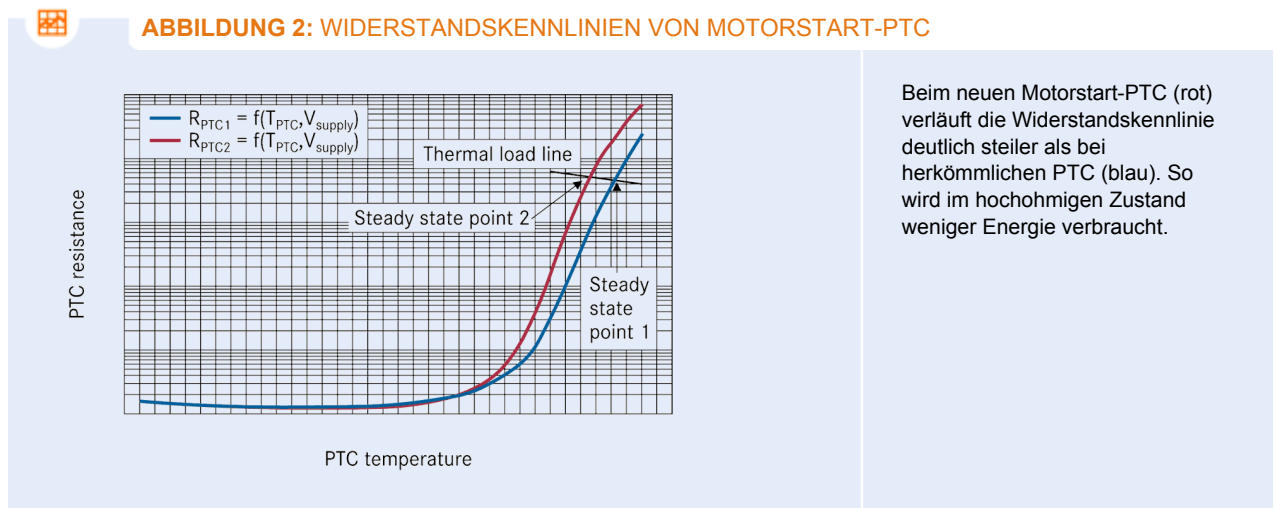
Durch die Schaltung eines MotorCap P2 Compact in Serie zu der Hilfswicklung wird diese zu einem aktiven Teil des Motors.

Applications & Cases

PTC bringt bereits die erste Einsparung

Je niedriger die Keramiktemperatur ausfällt, desto besser ist die elektrische Leitfähigkeit des Kaltleiters. Steigt die Temperatur eines keramischen Kaltleiters – in der vorliegenden Anwendung durch ohmsche Erwärmung hervorgerufen –, erhöht sich sein elektrischer Widerstand. Nach dem Startvorgang des Kompressors erreicht der Kaltleiter infolge der Selbsterwärmung den stationären (hochohmigen) Betriebszustand. Die aus der angelegten Betriebsspannung und dem Eigenwiderstand des Kaltleiters resultierende Verlustleistungsaufnahme kann man durch geeignete Maßnahmen verringern, um so eine höhere Energieeffizienz zu erzielen.

Da elektrische Verluste als Wärme an die Umgebung abgegeben werden, ist die Reduzierung der abgestrahlten Verlustleistung möglich; dazu erhöht man den thermischen Widerstand des Kaltleiters zu seiner Umgebung, zum Beispiel durch eine Verringerung des Scheibendurchmessers von 19,5 mm auf 16 mm. Eine Reduzierung der Oberflächentemperatur, und damit eine geringere Verlustleistung im stationären Betriebszustand, kann zudem durch eine höhere Kennliniensteilheit erreicht werden (Abb. 2).



Der Leistungsverbrauch des Motorstart-PTCs errechnet sich aus dem Quotienten aus der Differenz von PTC-Temperatur zur Umgebungstemperatur und dem thermischen Gesamtwiderstand des PTC-Elements zu seiner Umwelt. Im Fall einer 22- Ω -Motorstart-PTC-Scheibe mit einer Bezugstemperatur von 135 °C und einer nominalen Dicke von 2,5 mm würden beim Einbau in ein Motorstartgehäuse mit einem thermischen Gesamtwiderstand von 85 K/W jährlich folgende Energien verbraucht: 6,92 kWh bei einem Scheibendurchmesser von 19,5 mm (Standardkeramik), 5,91 kWh bei einem Scheibendurchmesser von 16 mm (Standardkeramik) sowie 5,5 kWh bei einem Scheibendurchmesser von 16 mm und der Verwendung der optimierten Keramik mit verringerter Verlustleistung. Durch das verkleinerte Keramikvolumen und die neue PTC-Keramik lassen sich nicht nur Energieeinsparungen von 14,6 beziehungsweise 20,5 Prozent erzielen, auch die Rückstellzeiten, in denen das PTC-Element wieder niederohmig wird und die Hilfswicklung des Asynchronmotors für den nächsten Einschaltvorgang freigibt, verkürzen sich von 67 auf 61 beziehungsweise 58 Sekunden.

Hilfswicklung mit zusätzlicher Funktion

Da die Hilfswicklung nur zum Anlassen des Motors dient, fällt sie während des Betriebs in einen passiven Zustand. Über die Serienschaltung eines Motorbetriebskondensators lässt sie sich jedoch in einen aktiven Teil des Motors verwandeln: Ein geeigneter MotorCap P2 Compact ermöglicht den kontinuierlichen Betrieb. Daraus resultiert ein erhöhtes Drehmoment; der Motor läuft bei gleicher Ausgangsleistung effizienter (Abb. 3). Eine Messung von fünf serienproduzierten Kühlschränken bei einem durchschnittlichen Energiebedarf zum Kühlen von 653,4 kJ ergab im Schnitt folgende Leistungsaufnahmen:

- ohne Kondensator 116,7 W
- mit Kondensator 110,8 W – eine Verringerung um fast 6 W.

Applications & Cases

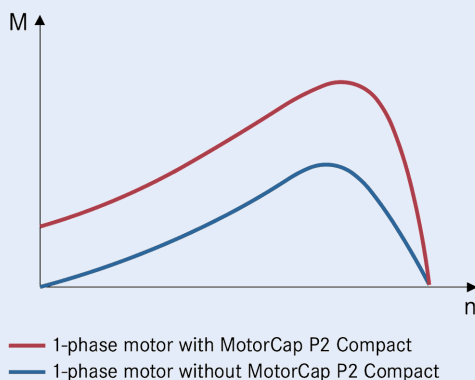
Zusammen mit einer EER von

- 5,32 ohne Kondensator
- 5,61 mit Kondensator

resultiert eine Steigerung des Wirkungsgrads von 5,5 Prozent und eine deutliche Verbesserung der EER, wodurch man jährlich 50 kWh einsparen kann. Bei einem Strompreis von 18 Cent/kWh wären dies pro Kühlschrank etwa neun Euro im Jahr. Mit dieser Einsparung lässt sich eine höhere Energieeffizienzklasse erreichen.



ABBILDUNG 3: VERLAUF DES DREHMOMENTS MIT / OHNE MOTORCAP



Durch den Einsatz der MotorCap-Kondensatoren erhöht sich das Drehmoment des Motors. So ist weniger elektrische Energie nötig, um die gleiche Kühlleistung zu erreichen.

Ein weiterer Vorteil des Einsatzes von Motorbetriebskondensatoren ist die geringere Kompressortemperatur. Dadurch entstehen in seiner Umgebung nicht nur weniger Wärmeverluste, auch die Lebensdauer des Kompressors erhöht sich. Bei den Messungen an den fünf Kühlschränken konnte die Außentemperatur des Kompressors dank der MotorCaps um 6,6 Prozent von 77,5 auf 72,4 °C gesenkt werden, die der Kupferwicklung sogar um 9,2 Prozent von 92,5 auf 84 °C.

Ölfrei und platzsparend

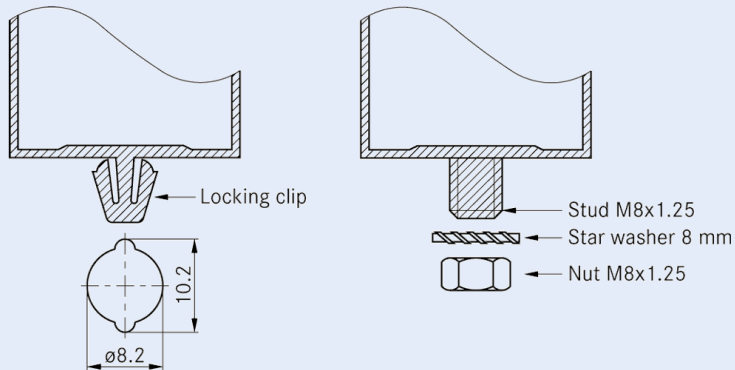
Zur geringeren Kompressortemperatur kommt noch ein weiterer technischer Vorteil hinzu: Die MotorCap-Kondensatoren werden im Gegensatz zu einigen konventionellen Modellen in trockener Ausführung hergestellt. Sie enthalten also kein Öl, das bei Beschädigung des Kondensators auslaufen könnte.

Auch in ihrer Bauform unterscheiden sich die MotorCap-Modelle, bezogen auf eine Spezifikation von 4 $\mu\text{F}/400\text{ V}$, von herkömmlichen Aluminium-Becher-Kondensatoren. Während diese mit Kappe bei einem Durchmesser von 30 mm eine Höhe von 90 mm aufweisen, hat die Bauform des MotorCaps mit gleichem Durchmesser und einer Höhe von 63 mm ein um 30 Prozent geringeres Volumen. Eine Erdung ist aufgrund des elektrisch isolierten Kunststoffgehäuses nicht erforderlich. Darüber hinaus kann man die Kondensatoren in jeder beliebigen Lage dauerhaft und ohne Leistungsverlust montieren. Eine besonders schnelle und einfache Montage erlaubt dabei der optional verfügbare Locking Clip: Er macht das Anbringen einer Unterlegscheibe und das Anziehen der Mutter überflüssig (Abb. 4).

Applications & Cases



ABBILDUNG 4: GEGENÜBERSTELLUNG HERKÖMMLICHE MONTAGE / LOCKING CLIP



Mit dem optionalen Locking Clip (links) werden Unterlegscheibe und Mutter (rechts) für die Montage überflüssig.

Lange Lebensdauer

Zusätzlich zu den internationalen Zulassungen wie UL und CQC sind die MotorCap-P2-Compact-Motorbetriebskondensatoren klassifiziert nach der VDE/IC-Norm 60252-1 2001 mit einer Lebensdauer von 30.000 Stunden (Klasse A) sowie der Sicherheitsklasse P2.

EPCOS bietet neben den neuen Motorstart-PTCs und Motorbetriebskondensatoren weitere Bauelemente wie NTC-Thermistoren zur Temperaturmessung und -regelung. Auch sie leisten einen Beitrag zur verbesserten Energieeffizienz in Kühl- und Gefriergeräten.



PRODUKTPROFIL: MOTORSTART-PTC



Nennwiderstand	4,7 ... 38 Ω / 4,7 ... 33 Ω
Maximaler Strom	4 ... 12 A / 6 ... 12 A
Zulässige Höchstspannung	180 ... 400 V / 180 ... 355 V
Betriebstemperatur	120 °C, 135 °C / 135 °C

Applications & Cases



PRODUKTPROFIL: MOTORCAP P2 COMPACT



Der neue MotorCap P2 Compact B32356

Nennspannung	400 V AC (Klasse A), 450 V AC (Klasse B)
Nennkapazität	2,0 ... 20 μ F
Kapazitätstoleranz	\pm 5%, weitere Toleranzen auf Anfrage
Frequenz	50/60 Hz
Maximal zulässige Spannung	1,1 x Nennspannung
Maximal zulässiger Strom	1,3 x Nennstrom
Temperaturbereich	-25 bis +85 °C

Autoren:

Ronald Haenssler, Product Marketing Manager, AC Film Capacitors

Dr. Stefan Benkhof, Product Marketing Manager, PTC Thermistors