

# AoFrio

WHITE PAPER

## Die Bedeutung des Leistungsfaktors bei ECR-2-Lüftermotoren





## Übersicht

---

Die ECR® 2-Lüftermotoren von AoFrio bieten einen extrem hohen Leistungsfaktor von bis zu 0,95, verglichen mit den Leistungsfaktoren für die meisten EC-Lüftermotoren typischen 0,6-0,65. Dieses Whitepaper erklärt, wie diese Werte erreicht werden und warum ein hoher Leistungsfaktor für Hersteller von Kühlsystemen und Endverbraucher von Vorteil ist.

## Was ist der Leistungsfaktor?

---

Der Leistungsfaktor (PF) drückt mit einer einzigen Zahl aus, wie nahe die Stromwellenform des Motors an der „idealen“ Form ist. Mathematisch gesehen ist der Leistungsfaktor das Verhältnis von Wirkleistung (normalerweise gemessen in  $W_{\text{rms}}$ ) zu Scheinleistung (normalerweise gemessen in VA). Einfach ausgedrückt ist der Leistungsfaktor das Verhältnis von „Leistung, die tatsächlich vom Gerät genutzt wird“ zu „Gesamtleistung, die sich durch das System bewegt“.

Wenn eine ohmsche Last wie eine Heizung an das Wechselstromnetz angeschlossen wird, ist der Strom mit der Spannung synchronisiert, da das ohmsche Gesetz  $V=IR$  ( $R$  ist konstant, also ist  $V$  proportional zu  $I$ ) besagt. Genau wie es eine sinusförmige 50Hz- oder 60Hz-Spannungswellenform gibt, gibt es eine entsprechende Stromsinuswelle, die phasengleich ist. Es wird keine Leistung verschwendet und die gesamte Leistung wird vollständig genutzt. Diese Situation wird mit einem Leistungsfaktor von 1 (oder 100 %) ausgedrückt.

Viele Lasten sind jedoch keine idealen Widerstände. Hier finden Sie einige Beispiele.

- In Geräten mit einem großen Induktivitätswert (wie einem EC-Motor) bleibt die Stromwellenform hinter der Spannungswellenform. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Induktivität Energie speichert und wieder abgibt, wenn die Spannung variiert.
- In jedem Elektrogerät, das von einem „Brückengleichrichter“ angetrieben wird (wie die meisten EC-Motoren), ist der Strom für den größten Teil der Wellenform gleich Null, und der Strom fließt nur, wenn die Spannung sehr nahe am Höhepunkt ist. Dies liegt daran, dass der Brückengleichrichter einen großen Kondensator (den „Buskondensator“) auflädt, und dieser nur dann Strom aufnimmt, wenn die Eingangsspannung größer ist als die Restladung im Kondensator. So beträgt in einem 230V-50Hz-System die Spitzenspannung einer Halbwelle beispielsweise etwa 160V ( $=230/2*\sqrt{2}$ ). Wenn die Last zwischen einer Spannungsspitze und der nächsten genug Ladung aus dem Kondensator entnommen hat, um ihn um 10V zu entladen, wird der Kondensator bei der nächsten Spannungsspitze mit dem Laden bei 150V beginnen und beim Höhepunkt der Wellenform (bei etwa 160V) stoppen. In der 10 Millisekunden-Dauer eines Halbzyklus des 50Hz-Netzes wird der Kondensator also nur für wenige Millisekunden aufgeladen.
- Bei komplizierteren elektronischen Lasten kommt es zu komplexeren Verzerrungen in der Stromaufnahme.

Bei einem kleinen EC-Motor, der von einem Brückengleichrichter angetrieben wird, liegt der Leistungsfaktor typischerweise bei 0,6-0,65: Ein Ergebnis, das durch Designentscheidungen über die Größe und damit die Lebensdauer des Buskondensators bedingt ist. Kleine Spaltpol-Asynchronmotoren haben typischerweise ebenfalls einen Leistungsfaktor von etwa 0,6-0,65.

Hinweis: In der Elektronik wird der Leistungsfaktor manchmal auch als Gesamte harmonische Verzerrung (THD) bezeichnet. Dies sind mathematisch nicht identische, aber weitgehend austauschbare Begriffe.

## Warum ist der Leistungsfaktor wichtig?

---

Der Grund, warum ein niedriger Leistungsfaktor nicht erwünscht ist, liegt darin, dass der „nicht nützliche“ Teil des Leistungsflusses Verluste im Wechselstromsystem verursacht, und zwar auf dem ganzen Weg zurück zum Elektrizitätswerk.

Im Fall der Phasenverschiebung (d. h. von Wechselstrommotoren) liegt dies daran, dass ein Teil des Stroms in die Induktivität (die im Wesentlichen ein Energiespeicher ist) hinein und heraus fließt, und somit hin und her in das Stromnetz, ohne dabei eigentlich etwas Nützliches zu tun. Bei elektronischen Lasten liegt dies daran, dass die Verluste proportional zum Strom im Quadrat sind ( $P=I^2 \cdot R$ ) und der  $I^2$ -Wert einer kurzen, aber hohen Stromaufnahme höher ist als der einer langen, aber niedrigen Aufnahme.

All diese überschüssigen Verluste sind Strom, den das Energieunternehmen zwar erzeugen muss, wofür es aber nicht bezahlt wird. Zudem müssen alle Verkabelungen, Schutzschalter usw. im System für den höheren („Schein-“) Strom ausgelegt sein und nicht für den „tatsächlichen“ Strom (d. h. den, der tatsächlich vom Gerät verbraucht wird). Darüber hinaus wird die Fähigkeit der Generatoren, die Netzleistung zu erzeugen, durch den momentanen Strombedarf begrenzt. Wenn sich die Summe aller Lasten im Netz zu einem niedrigen Leistungsfaktor addiert, führt dies dazu, dass die Elektrizitätswerke ineffizient arbeiten und mehr Erzeugungskapazität genutzt wird als in einer idealen Situation.

Aufgrund dieser Faktoren erheben viele Energieversorger im Falle von Industrie- oder Gewerbeflächen Strafgeldern für Standorte, die einen niedrigen Leistungsfaktor im Vergleich zu ihrer Gesamtlast aufweisen. Zudem bedeutet ein niedriger Leistungsfaktor eines Gebäudes, dass die erforderliche Größe und die Kosten der elektrischen Infrastruktur höher sind als eigentlich nötig.

In einer typischen Supermarktinstallation kann die Verwendung von ECR 2-Motoren anstelle von herkömmlichen EC-Motoren die Anzahl der an einen einzigen Stromkreis angeschlossenen Kühlchränke um bis zu 20 % erhöhen. Wenn ECR 2-Motoren anstelle von Spaltnmotoren verwendet werden, kann die Erhöhung sogar bis zu 40 % betragen.

In vielen Ländern sind gesetzliche Vorschriften vorhanden, die den minimal zulässigen Leistungsfaktor für verschiedene Arten von Elektrogeräten vorschreiben. Diese gelten nicht für Geräte mit einer so geringen Gesamtleistung wie die eines EC-Lüftermotors. In Installationen, in denen viele Lüftermotoren an einem einzigen Standort verwendet werden (wie beispielsweise in Supermärkten), können die Gesamtauswirkungen ihres Leistungsfaktors auf Stromrechnungen und Infrastrukturkosten jedoch erheblich sein.

Wenn die Motoren beispielsweise 10 % des gesamten Stromverbrauchs eines Supermarktes ausmachen, könnte diese hier dargestellte Lösung zu einer Verbesserung des Leistungsfaktors des Supermarktes um 3 % führen. Abhängig von der Tarifstruktur des örtlichen Energieversorgers könnte es die Tarifstufe der Einrichtung sogar so weit senken, dass bis zu 10 % der Energiekosten eingespart werden können.

## Wie ECR 2-Motoren einen hohen Leistungsfaktor erreichen

---

Wie bereits erwähnt, verwenden die meisten EC-Lüftermotoren einen Brückengleichrichter und einen Buskondensator, um die Wechselspannung in eine direkt verwandte Gleichspannung umzuwandeln. Diese wird dann durch eine „Umrichter-Stufe“ in eine für den Antrieb des Motors geeignete Wellenform umgeformt, wie im Blockdiagramm von Abbildung 1 zu sehen ist. Der Vorteil daran ist, dass es billig und einfach ist. Diese Lösung hat aber auch einige Nachteile.

- Die im Umrichter eingehende Spannung ist hoch, daher sind die elektronischen Komponenten, die sich im Umrichter befinden, teuer. Es ist daher nicht praktisch, einen anspruchsvollen Umrichter für diese kleinen Motoren zu verwenden.

- Die im Umrichter eingehende Spannung ist proportional zur Wechselspannung, wodurch es unpraktisch wird, mit einem Motor SKU einen breiten Bereich von Wechselspannungen zu unterstützen.
- Der Umrichter verfügt über einen sehr geringen Schutz vor Störungen im Wechselstromnetz, so dass seine Zuverlässigkeit zu Problemen führen kann.
- Der „Eingangstrom“ ist hoch, wenn der Motor zum ersten Mal eingeschaltet wird, da sich der Buskondensator auflädt. Dadurch werden das Relais und andere Schaltungen im Gerät, die den Motor versorgen, belastet.
- Der Leistungsfaktor ist, wie oben beschrieben, naturgemäß schlecht.

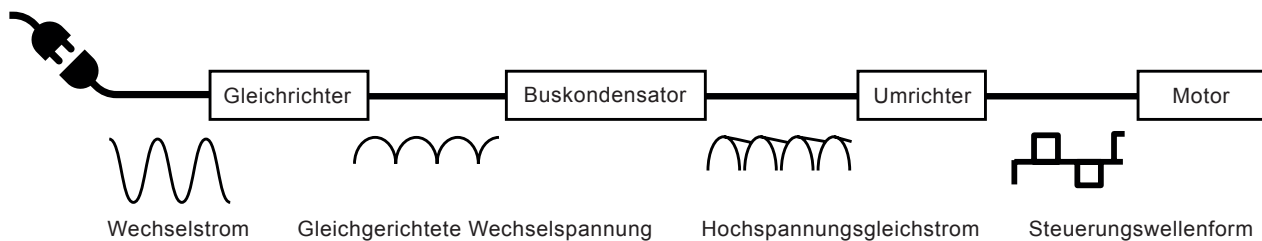


Abbildung 1: Typisches EC-Motor Blockdiagramm

Bei ECR 2-Motoren wird die Wechselspannung stattdessen durch ein „Schaltnetzteil“ in eine niedrige Gleichspannung (etwa 40 V DC) umgewandelt, wie im Blockdiagramm von Abbildung 2 zu sehen ist. Ein Schaltnetzteil schaltet die Netzspannung sehr schnell ein und aus, um eine hochfrequente Spannung zu erzeugen, und leitet diese „zerhackte“ Wellenform danach durch eine elektronische Schaltung und einen kleinen Transformator, um sie in eine Gleichspannung umzuwandeln, die nicht direkt mit der Wechselspannung verbunden sein muss. Dieses System hat die folgenden Vorteile.

- Die Gleichspannung ist niedrig genug, um in der Umrichter-Stufe kostengünstige elektronische Komponenten zu verwenden. Der ECR 2 verfügt dadurch über einen praktischen, hochentwickelten „dreiphasigen feldorientierten Regelungsumrichter“, eine Methode, die normalerweise nur in viel größeren und teureren Motoren verwendet wird. Dies erzeugt einen sehr hohen Wirkungsgrad und eine geringe Geräuschentwicklung, die den ECR 2-Motor kennzeichnen.
- Da die Gleichspannung unabhängig von der Wechselspannung ist, wird der Motor zur „Universalspannung“, wodurch die gleiche SKU in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden kann.

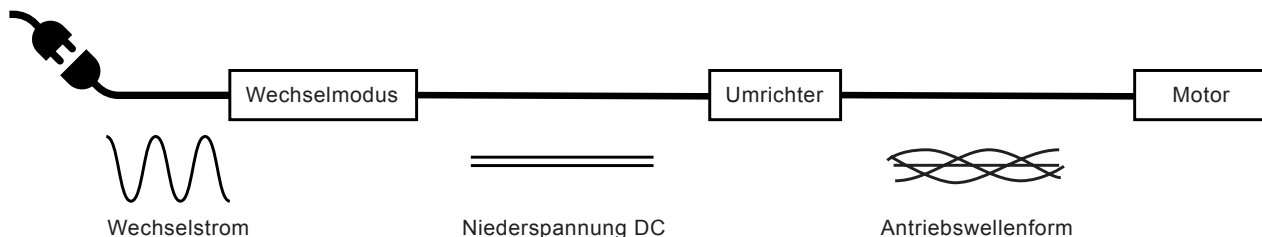


Abbildung 2: ECR 2 Motor Blockdiagramm

- Der Umrichter ist durch das Netzteil vom Wechselstromnetz getrennt, was ihn vor Störungen schützt und die Zuverlässigkeit davon erhöht.

Der in ECR 2-Motoren verwendete Stromversorgungstyp wird „Sperrumrichter“ genannt. Im Vergleich zum „Kompensationsumrichter“-Typ, der in anderen Lüftermotoren mit Universalspannung verwendet wird, verfügen Sperrumrichter über eine gute Leistung in einem größeren Bereich von Betriebsbedingungen. Entscheidend ist auch, dass die Motoren von Natur aus in der Lage sind, mit einem sehr hohen Leistungsfaktor zu arbeiten, da sie den Strom aus allen Teilen der Wechselstromwellenform beziehen. Das Diagramm in Abbildung 3 zeigt die aus der Wechselstromwellenform eines ECR 2 aufgenommene Leistung im Vergleich zu der eines typischen „konventionellen“ EC-Motors. Verglichen mit dem konventionellen Motor ist die Stromaufnahme des ECR 2 sinusförmiger und hat einen viel geringeren Spitzenstrom.

Diese Elektronikarchitektur ermöglicht den ECR 2-Lüftermotoren einen wesentlich höheren Leistungsfaktor als die meisten konkurrierenden EC-Lüftermotoren. Dies bietet einen großen Vorteil für Endbenutzer, die eine große Anzahl von Lüftermotoren in ihrer Anlage haben.

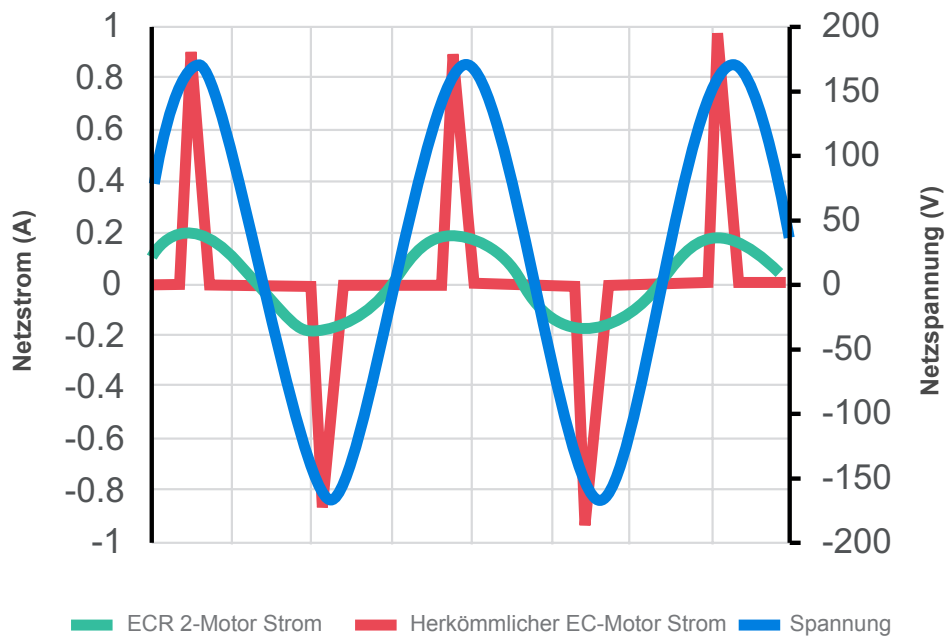


Abbildung 3: Stromaufnahme eines ECR-Motors im Vergleich zu einem typischen EC-Motor

Autoren:

Sue Sieben, *Anwendungsingenieurin*, AoFrio US, Inc.

Michael Young, *Vertriebs- und Marketingdirektor*, AoFrio US, Inc.


#### Über AoFrio Limited:

AoFrio ist ein führender Anbieter von IoT-Lösungen, Cloud-basierten Flottenmanagement-Plattformen, energieeffizienten Elektromotoren und vernetzten Lösungen zur Steuerung von Kühlsystemen. Er beliefert einige der weltweit führenden Lebensmittel- und Getränkemarken sowie Kühlschrankhersteller und bietet nahebasierendes Marketing für Smart Cities auf dem australischen Markt. Die Dienstleistungen und Produkte von AoFrio verbessern den Umsatz, senken die Kosten und reduzieren den Energieverbrauch. Mit Hauptsitz in Auckland und globaler Reichweite ist AoFrio an der neuseeländischen Börse unter dem Tickersymbol NZ: AOF

©2022 AoFrio Limited.

Markenzeichen sind (soweit zutreffend) <sup>TM</sup> und <sup>®</sup> von AoFrio Limited. Obwohl AoFrio Limited davon ausgeht, dass alle Informationen in diesem Dokument korrekt und zuverlässig sind, sind AoFrio Limited und seine Tochtergesellschaften und verbundenen Unternehmen sowie deren Direktoren, leitende Angestellte und Mitarbeiter nicht für Fehler oder Auslassungen jeglicher Art verantwortlich und übernehmen im größtmöglichen gesetzlich zulässigen Umfang keine Haftung aus unerlaubter Handlung, Vertrag oder anderweitig gegenüber einem Benutzer und/oder einer dritten Partei.

E: [info@aofrio.com](mailto:info@aofrio.com) [www.aofrio.com](http://www.aofrio.com)



## Die Bedeutung des Leistungsfaktors bei ECR-2-Lüftermotoren

[www.aofrio.com](http://www.aofrio.com)

WT9503\_i3 04/21 German

