

Oxni Wiki

***Wirkungsgrad bei
Synchronmaschinen***

Version A

**30. März 2021
Oxni GmbH**

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad definiert wieviel Energie, welche in ein System gegeben wird, in die erwartete Reaktion umgesetzt wird.

Für einen Elektromotor ist dies die elektrische Leistung, gegenüber der mechanischen Leistung.

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} = \frac{M * \omega}{U * I * \sqrt{3}}$$

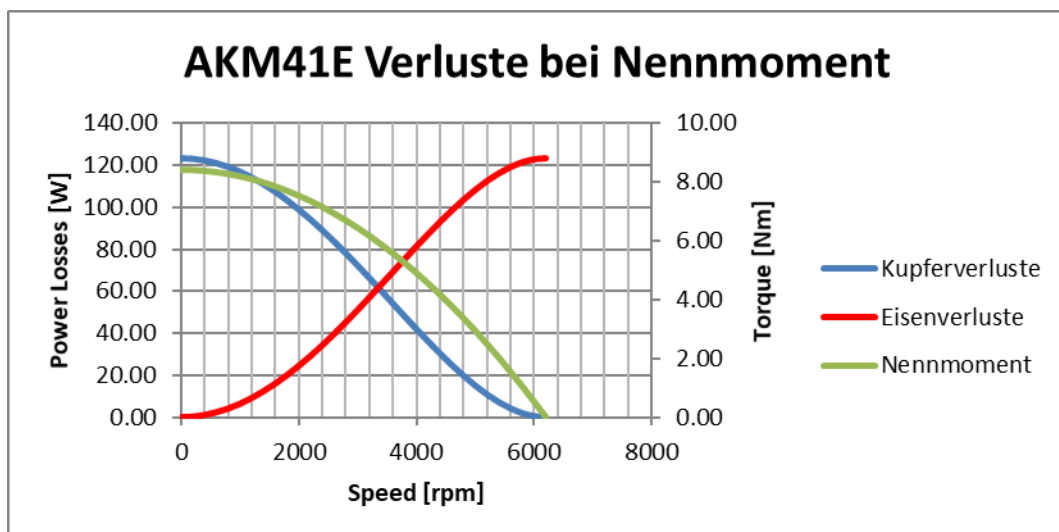
Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
η	-	Wirkungsgrad
P_{In}	VA = W	Eingangsleistung
P_{Out}	Nm/s = W	Ausgangsleistung
U	V	Spannung
I	A	Strom
M	Nm	Drehmoment
ω	rad/s	Drehzahl in Radiant pro Sekunde

Verluste

Der Synchronmotor hat zwei dominierende Verlustkomponenten.

Beim Strom zur Drehmomenterzeugung fallen Ohmscheverluste (umgangssprachlich Kupferverluste) an. Diese nehmen mit dem Strom, sprich dem Drehmoment zu.

Bei der Spannung zur Drehfelderzeugung fallen Magnetisierungsverluste (umgangssprachlich Eisenverluste) an. Diese nehmen mit der Frequenz, sprich der Drehzahl zu.



Kupferverluste

Kupferverluste lassen sich mit dem Strom oder Drehmoment und der Drehmomentkonstanten des Motors direkt berechnen.

$$P_{Cu} = R * I^2 = 1.5 * R_{Ph-Ph} * \left(\frac{M_1}{K_T}\right)^2$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
P_{Cu}	W	Kupferverluste
R_{Ph-Ph}	Ω	Ohmscher Widerstand Phase – Phase
M_1	Nm	Drehmoment im Anwendungspunkt
K_T	Nm/A	Drehmomentkonstante

Eisenverluste

Die Eisenverluste zu berechnen ist etwas schwieriger. Daher hilft es sich zwei Vereinfachungen anzustellen:

1. Die Kupferverluste sind über den gesamten Drehzahlbereich konstant und nur vom Drehmoment abhängig.
2. Die Gesamtverluste weisen einen quadratischen Verlauf auf.

Aus 1. lässt sich ableiten, dass die Abnahme des Nominalmoments auf die Eisenverluste zurückzuführen ist. Dies macht Sinn, da sich der Kupferwiderstand der Wicklungen nicht mit der Drehzahl ändern kann.

Aus 2. lässt sich über zwei Leistungspunkte eine quadratische Kurve für den gesamten Bereich legen. Der Beweis liegt hier einfacher graphisch vor. Nenndaten von Synchronmotoren lassen sich mit einer quadratischen Funktion sehr genau annähern.

Die Eisenverluste ergeben sich daher aus dem Verlust bei null Drehzahl (nur Kupferverluste), abzüglich der Kupferverluste im Arbeitspunkt.

$$P_{Fe} = 1.5 * R_{Ph-Ph} * \left(\frac{M_0}{K_T}\right)^2 - 1.5 * R_{Ph-Ph} * \left(\frac{M_0 - \frac{M_0 - M_n}{n_n^2} * n_1^2}{K_T}\right)^2$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
P_{Fe}	W	Kupferverluste
M_0	Nm	Nennmoment im Stillstand
M_n	Nm	Nennmoment im Nominalpunkt
n_n	rpm	Drehzahl im Nominalpunkt
N_1	rpm	Drehzahl im Anwendungspunkt



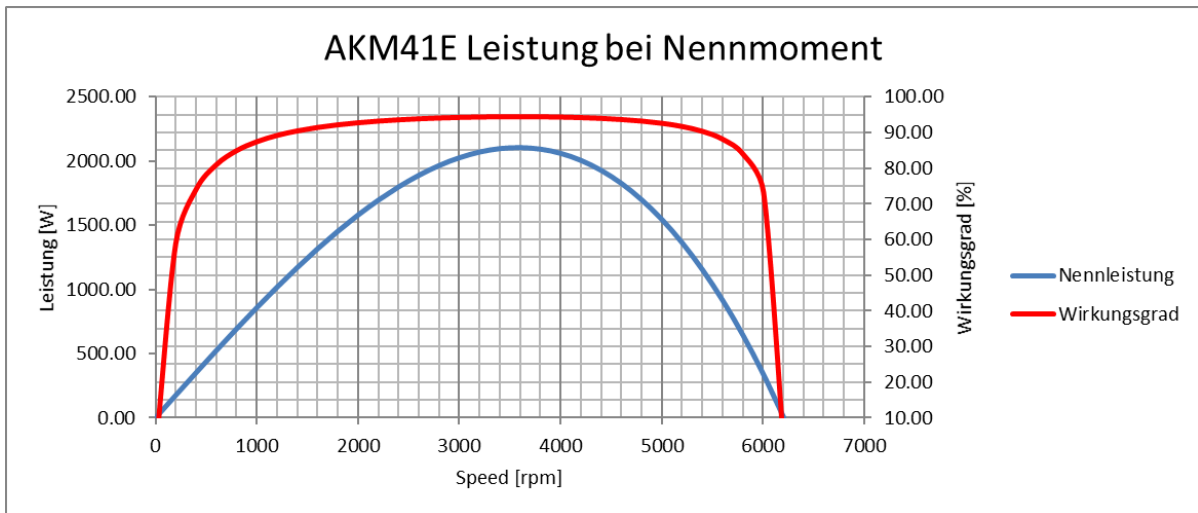
Nominalleistung

Das Nominalmoment eines Synchronmotors nimmt quadratisch über die Geschwindigkeit ab.

Während im Stillstand der Wirkungsgrad null ist, da keine Bewegung vorhanden ist, so ist bei maximaler Geschwindigkeit kein Drehmoment mehr vorhanden, was wiederum einem Wirkungsgrad von null entspricht.

Dazwischen ergibt sich ein optimaler Betriebspunkt für jeden Motor, welcher bei etwa zwei Drittel des Nominalmoments liegt.

Am Beispiel eines AKM41E mit einem Nennmoment im Stillstand von 8.43Nm, entspricht dies circa 5.6Nm, bei 3600rpm einem Wirkungsgrad von 94.48%.



Ein Team in Bewegung Oxni bietet Lösungen in der Antriebstechnik

Hocheffiziente, exakt synchronisierte Maschinen – in allen Branchen sorgen sie für Qualität, Effizienz und maximalen Durchsatz. Diese Maschinen sind das Ergebnis von durchdachter Antriebstechnik und massgeschneiderter Automatisierungsprozesse.

Möchten Sie in der Automatisierung Ihrer Anlage ein nächstes Level erreichen? Ist es Ihr Ziel, die Logistik zu optimieren? Suchen Sie nach Lösungen im Maschinenbau? Fragen Sie uns. Wir sind die Experten für Ihre Herausforderungen.

Oxni programmiert Maschinen auf Erfolg

Im Maschinenbau, in der Antriebstechnik und in der Logistik bringt die richtige Software gemeinsam mit führerlosen Transportsystemen (AGV) Ihre Automatisierung auf eine gänzlich neue Ebene. Um dieses zu erreichen, ist Expertenwissen gefragt.

Die Kernkompetenz von Oxni liegt darin, die Welt der Logistik und die des Maschinenbaus miteinander zu verbinden. Es gibt kaum eine Bewegung in einer Maschine, die sich nicht optimieren liesse. Mit Expertise und Erfahrung erstellen wir präzise Diagnosen und bieten aus dem Portfolio an Software sowie den Produkten bekannter Partner massgeschneiderte Lösungen.

Kontakt

Oxni GmbH
Klosterstrasse 34
8406 Winterthur
CHE-273.851.236 MWST

oxni.ch
info@oxni.ch
+41 52 551 00 40

