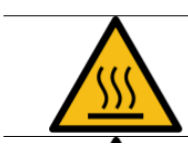
9 kg "Trivial Pursuit"?

Als Experte für Leiterplattenthermik bin ich immer an postings mit "Cool" und "Heat" interessiert. Den post https://www.linkedin.com/posts/bodo%C2%B4s-power-systems_powerelectronics-mosfet-solarenergy-activity-7341377481674752004-jAbp?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAB6UQegBCzzz-Ho-G88xGrvs4p7g_N6JCgM

habe ich mit Interesse gelesen und will versuchen die thermischen Details etwas zu beleuchten.



Caution: *The heat sink and device surfaces of the evaluation or reference board may become hot during testing. Hence, necessary precautions are required while handling the board. Failure to comply may cause injury.*

Figure 2 shows the completely assembled 6 kW HERIC reference design.

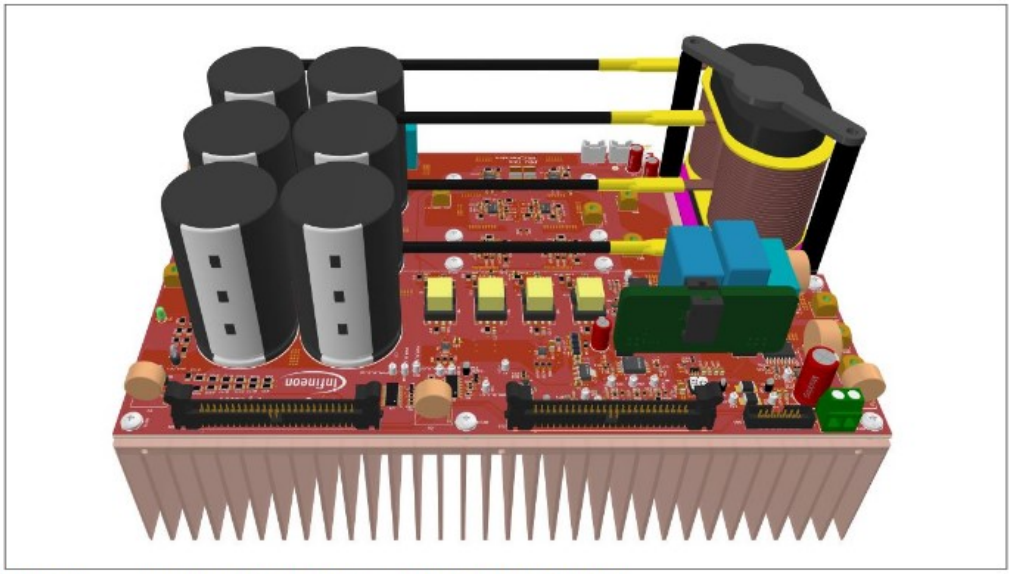


Figure 2 Power conversion reference design REF-6KWHERIC

© Infineon

© ADAM Research, 2025

Ich habe mir also die Altium Designfiles, das Datenblatt (IMDQ75R016M1H)[1] und den UserGuide (UG030541)[2] ("UG") bei Infineon besorgt.

Datenblatt:

2.1.1 Switching devices

The inverter stage is designed with the CoolSiC™ Power Device G1 MOSFET products IMDQ75R016M1H.

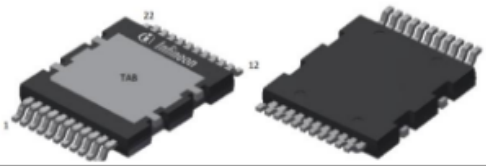


Figure 8 IMDQ75R016M1H

IMDQ75R016M1H belongs to the CoolSiC™ Power Device 750 V G1 family. The 750 V CoolSiC™ MOSFET offers excellent performance in this design due to its low switching losses, stable conduction loss overtemperature, and ease of thermal management. It is an ideal part for hybrid inverter applications which are typically passive cooled and sealed from the environment.

Table 3 Thermal characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance, junction - case	$R_{th(j-c)}$	-	-	0.39	°C/W	Not subject to production test. Parameter verified by design/characterization according to JESD51-14.

User Guide:

6 kW HERIC reference design user guide
REF-6KW HERIC design for solar photovoltaic solutions
Board layout

5 Board layout

5.1 REF-6KWHERIC

Table 11 Mechanical data

Dimensions	250 mm x 155 mm
No. of layers	6
Copper thickness	77.36 mil
Weight	9.02 kg

[1] www.infineon.com/dgdl/Infineon-IMDQ75R016M1H-DataSheet-v02_00-EN.pdf

[2] https://www.infineon.com/assets/row/public/documents/24/44/infineon-ref-6kwheric-usermanual-en.pdf

© ADAM Research, 2025

Das geometrische Modell der Baugruppe ist mit unserer Software[3] durch 2 Klicks schnell und sicher aus den Altium Files erzeugt. Es macht mehr Arbeit die thermischen Bedingungen herauszufinden.

Man beachte: "This reference design is not a qualified and certified commercial product."

Mein Ziel ist es, Sie für typische thermische Fragestellungen zu sensibilisieren. Ich möchte die angegebenen Messwerte durch Simulation nachstellen.

Daten

- In Fig 2 des UG sind 4 gelbe markante Blöcke zu sehen. Das sind aber nicht die MOSFETS sondern Transformatoren

- Die 6 CoolSiC MOSFET liegen auf den Board-Unterseite

- Diese CoolSiC sind für Top-Kühlung optimiert worden (Rth_JC = 0.39 K/W, Datenblatt)

- Deshalb gibt es keine thermischen Vias.

- Es wird ein 9 kg (!) schwerer Rippenkühlköper auf der Bottom Seite montiert, der die Wärme von den Bauteiloberflächen aufnehmen soll.

- Es wird im UG nicht angesprochen, ob die Kühlkörpergrundplatte speziell angepasst oder ausgeformt ist oder welche Art Wärmeleitkleber etc. verwendet wurde.

- Der Vorteil der CoolSiC: "Using SiC MOSFETs enable switching at a higher frequency resulting in a significant reduction in ... heatsink size."

- Damit man irgendetwas mit Temperatur ausrechnen kann braucht man die Verlust-Watts. Die Watts, die durch die CoolSiC erzeugt werden, werden leider nicht angegeben. Schade, dass im UG nur an die elektrischen Details gedacht wird!

- Aus 6 kW Leitung mit Effizienz von ca. 98.5% erhalte ich Verluste von ca. 90 W (Tab. 8 @ 380 V) , die ich gleichmäßig auf Q1, Q2, Q3 und Q4 aufteile.

[3] TRM3. www.adam-research.de

© ADAM Research, 2025

Table 8 DC input voltage range

Input voltages	380 V_{DC}, 445 V_{DC}, and 510 V_{DC}
PWM	50 kHz
Output power	6 kW, V_{out}=230 V_{rms}/ 50 Hz

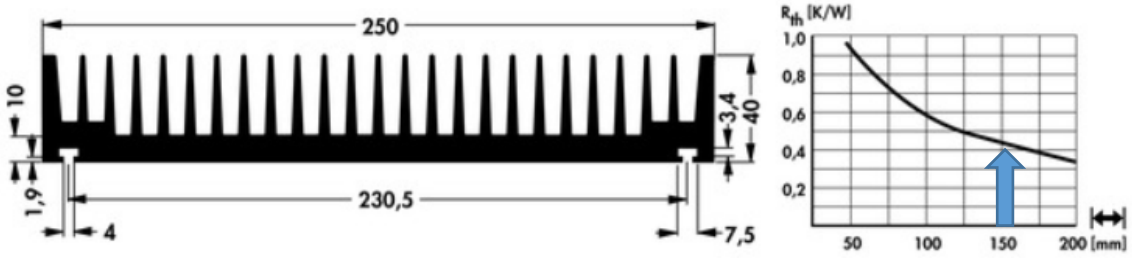
Table 9 Test data

Input voltage (V_{dc})	Input Current (A_{dc})	Input Power (kW)	Output Voltage ($V_{l\text{-}l\,rms}$)	Output Power (kW)	Output Current (A_{rms})	PF	iTHD	Efficiency
380	16.13	6.09	231.6	6.0	25.94	0.9993	1.62	98.65
445	13.79	6.1	230	6.0	26.14	0.9994	1.766	98.5
510	12.02	6.1	230	6.01	26.14	0.9992	1.764	98.45

- Der Beitrag der anderen Bauteile ist unbekannt und wird nicht in das Berechnungsmodell eingetragen. Es wäre schön zu wissen, wieviel Watt Q5 und Q6 beitragen.

- Aus Fig. 2 UG schätze ich die Dimension des Kühlköpers auf Breite 250 mm, Länge=150 mm und Höhe 40 mm ab

- Aus dem Katalog von Fischer Elektronik GmbH wähle ich mit diesen Dimensionen den SK91 75 AL[4] (uneloxiert, was für eine outdoor Installation Sinn macht) mit einem Rth von 0.4 K/W bei 150 mm Länge



[4] https://www.fischerelektronik.de/web_fischer/de_DE/VA/SK91150SA/datasheet.xhtml

© ADAM Research, 2025

Messung

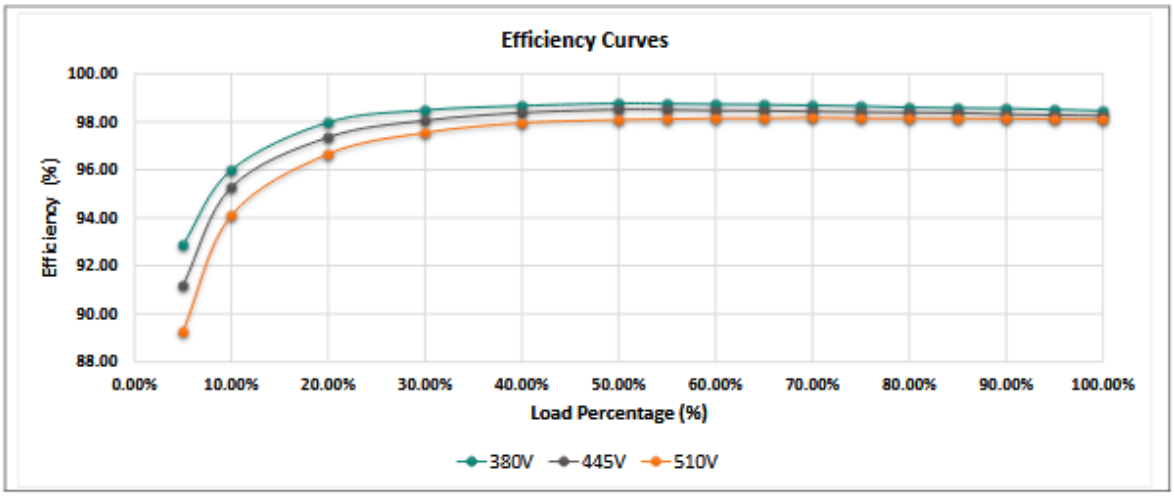


Figure 52 **Efficiency of the inverter power stage**

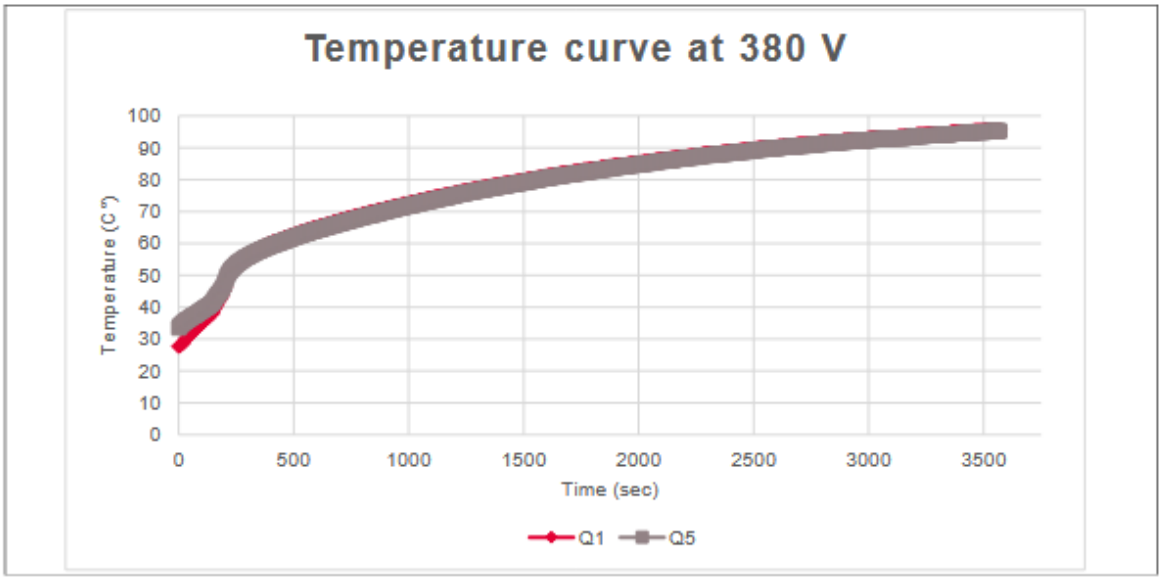


Figure 53 **Temperature curves at 380 V**

- Im UG sehe ich nicht wie und wo gemessen wurde.
- Fig. 53: Gemessen wird ca. 100 °C im steady state @ 380 V
- Fig. 53: Umgebungstemperatur scheint ca. 30 °C zu sein

© ADAM Research, 2025

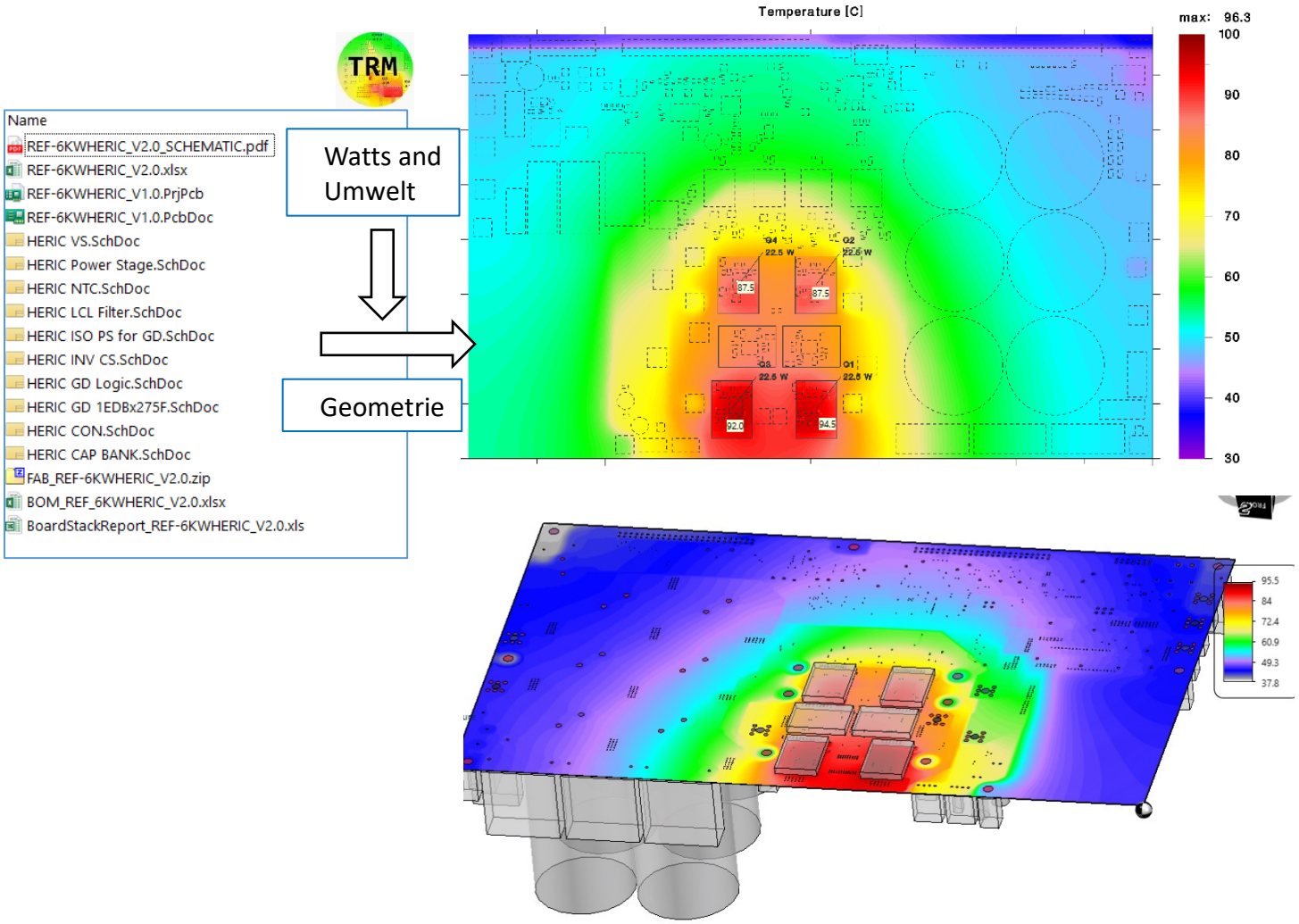
Simulationsergebnisse

- Die TRM Simulationsergebnisse für die Temperatur sind in der Nähe von 90 °C

Q1	93	°C
Q2	85	°C
Q3	94	°C
Q4	86	°C

Gar nicht so schlecht in Anbetracht der vielen Schätzungen und Annahmen und auch weil nicht alle Wärmequellen bekannt sind.

- Q1 und Q3 liegen zu nahe am Rand des Kühlkörpers. Es ist immer eine Empfehlung die heißen Bauteile möglichst mittig zu positionieren.



© ADAM Research, 2025

Zusammenfassung:

- Die Temperatur der CoolSiC hängt immens von der Effektivität des Kühlkörpers ab.

- Weil das so ist, sollte der Anwender im UG auch besser über die thermischen Verluste der Schaltung informiert werden.

- Wenn die Baugruppe weniger als 9 kg wiegen soll, muss man sich z.B. Lüftereinsatz oder Wasserkühler überlegen.

Triviales Vergnügen? Für mich war es ein Reales.

© ADAM Research, 2025