

宝马i3驱动电机设计和性能报告

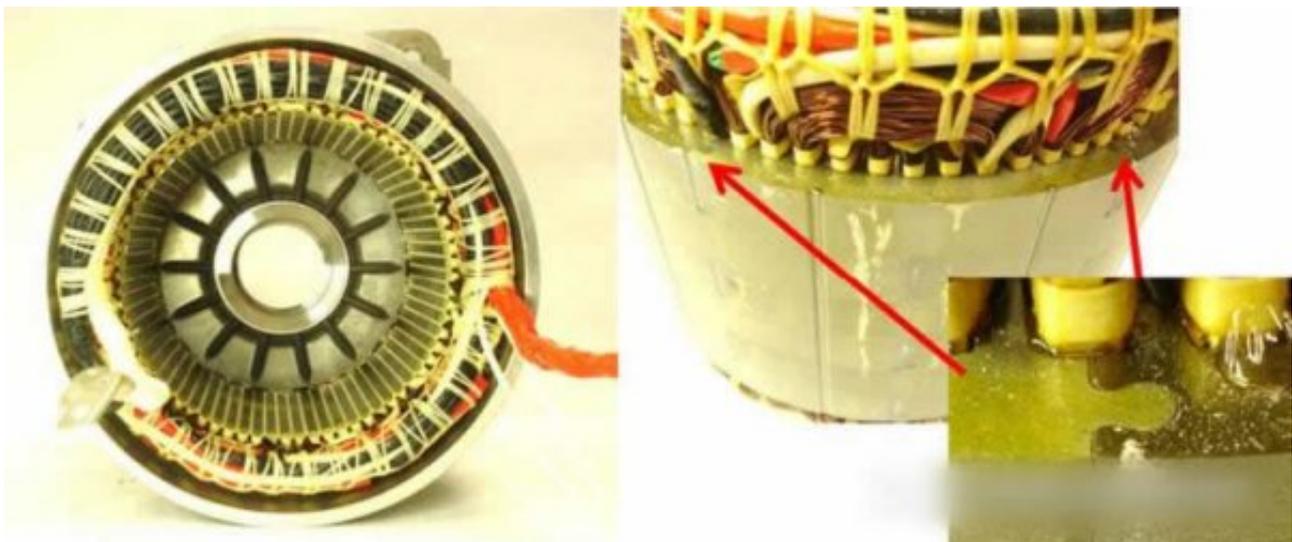
一、壳体评估

如下左图所示，宝马i3的电机作为单独的总成并未与减速箱集成。电机总重量约为42公斤，官方公布的数据显示电机功率可达125kw，扭矩可达250Nm。电机定子是热压进铝水套的，水套外圆为螺旋槽和外壳以形成冷却回路。非常轻松的将定子水套从电机外壳中拉出后，可以看到定子内套两端各装有一个大号的O型圈，这两个O型圈可以保证冷却电机的乙二醇冷却剂不会泄露出来。电机的重量大约为6.9kg，带有法兰盘的水套的重量大约为4.6kg，余下的定子铁芯、铜线、绝缘材料等总共有20.8kg。

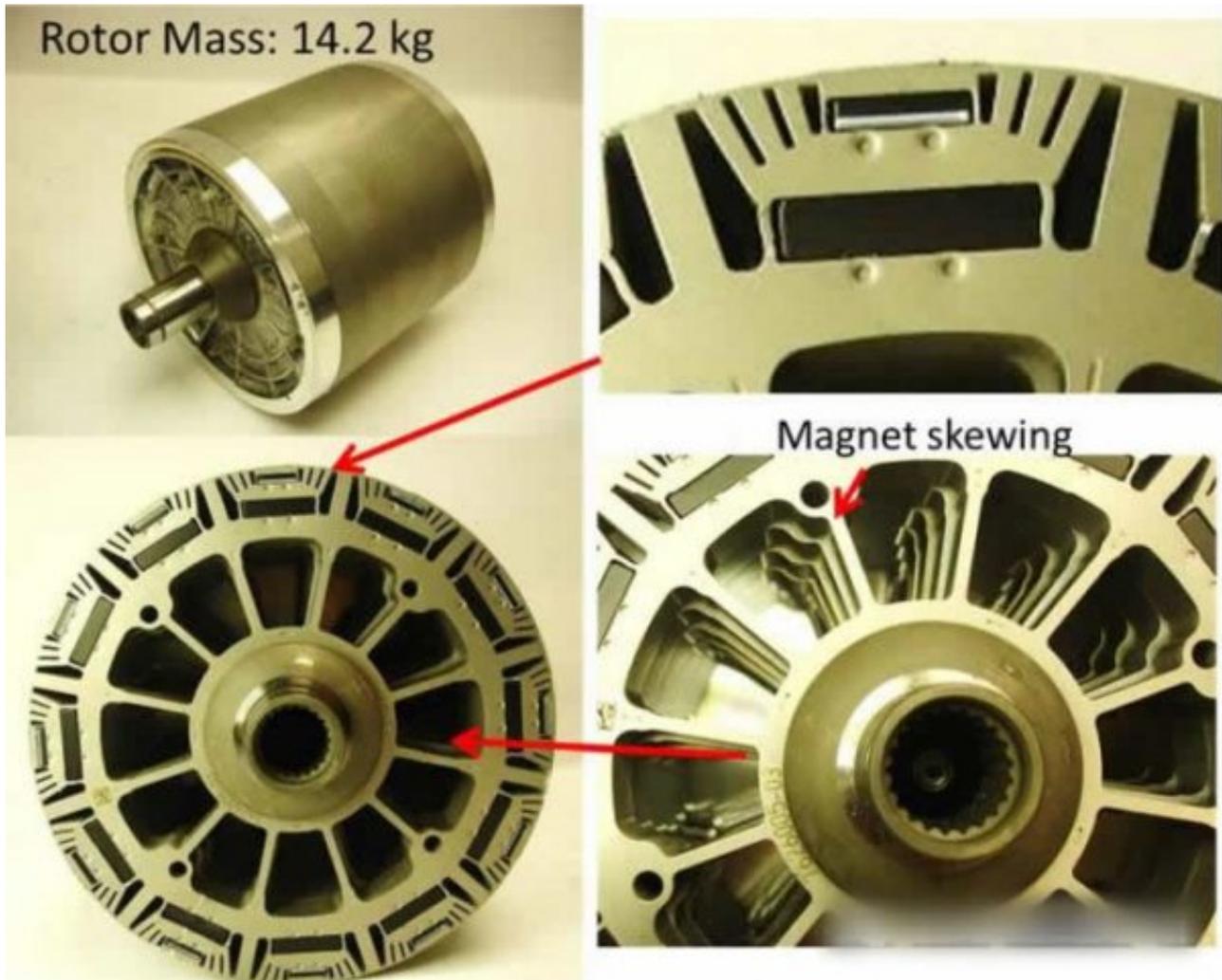


二、定子绕组及硅钢片细节

下左图更详细的展示了定子绕组及硅钢片的细节，电机为12极72槽配合，同心绕组，6个并联支路，每槽9匝，每匝12根AWG21圆铜线。电机装有两个温度传感器，一个安装在绕组端部，另外一个安装在转子轴承附近。下右图定子硅钢片并不是完整的圆环型，它是由6块铁芯以拼接的方式组成一个完整的定子铁芯。定子铁芯长度是132.3毫米，外径242.1毫米。



下图是电机转子，它由转子轴、硅钢片、磁铁、转子端板组成，总重量为14.2kg。转子外径为178.6mm，转子硅钢片的形状有点类似于同步磁阻电机的设计，但它在每极上装有一大一小两个钕铁硼磁钢。为了减少运行期间的齿槽转矩和扭矩脉动，转子钢片轴向上共分成了6层斜极。



I3电机转子的磁钢布局和槽形都非常的复杂和特殊，目的是减小电机磁链的条件下，增加电感凸极率。电机反电动势很小，但输出扭矩却很大；电机需要弱磁的车速很高（工况很少），而扭矩电流比却做得很大。

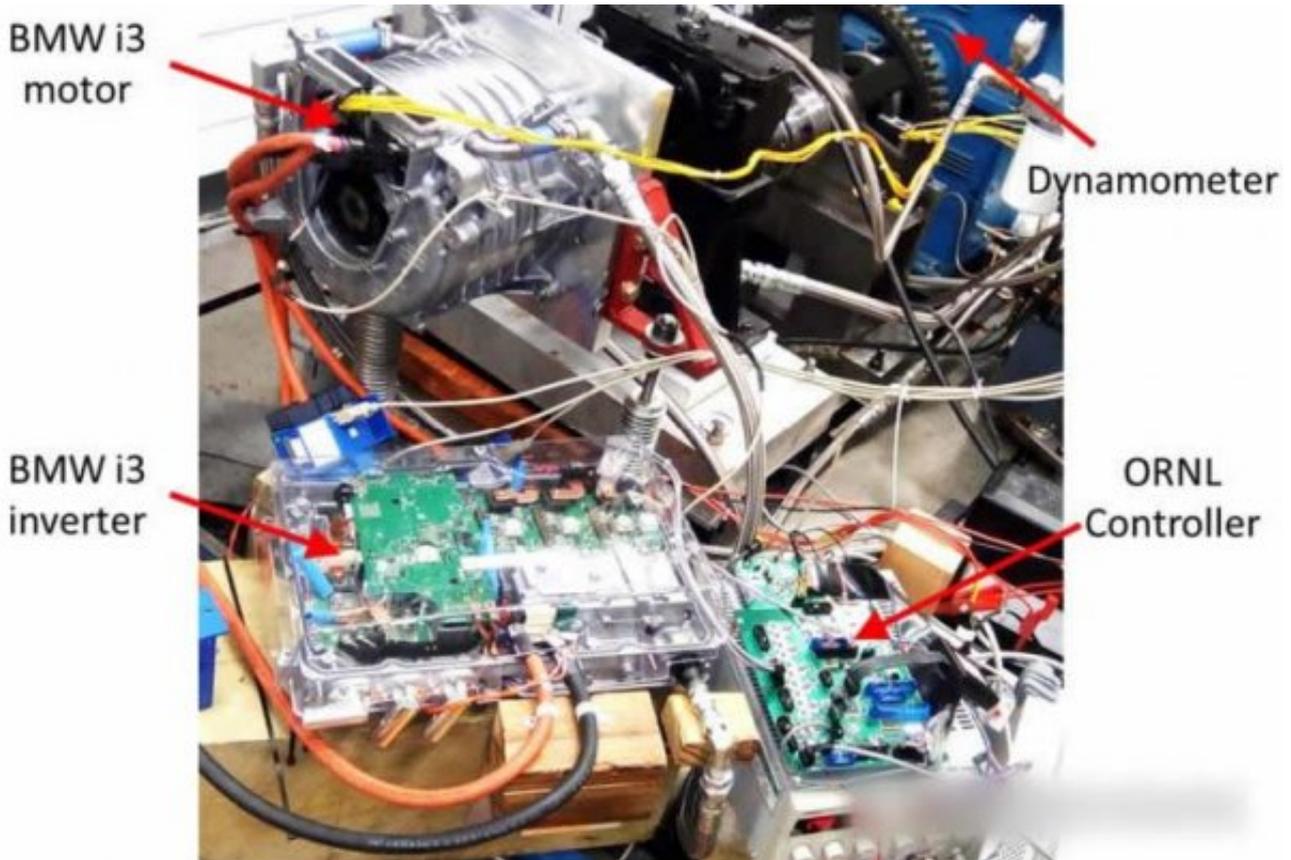
三、电机参数

电机设计规范

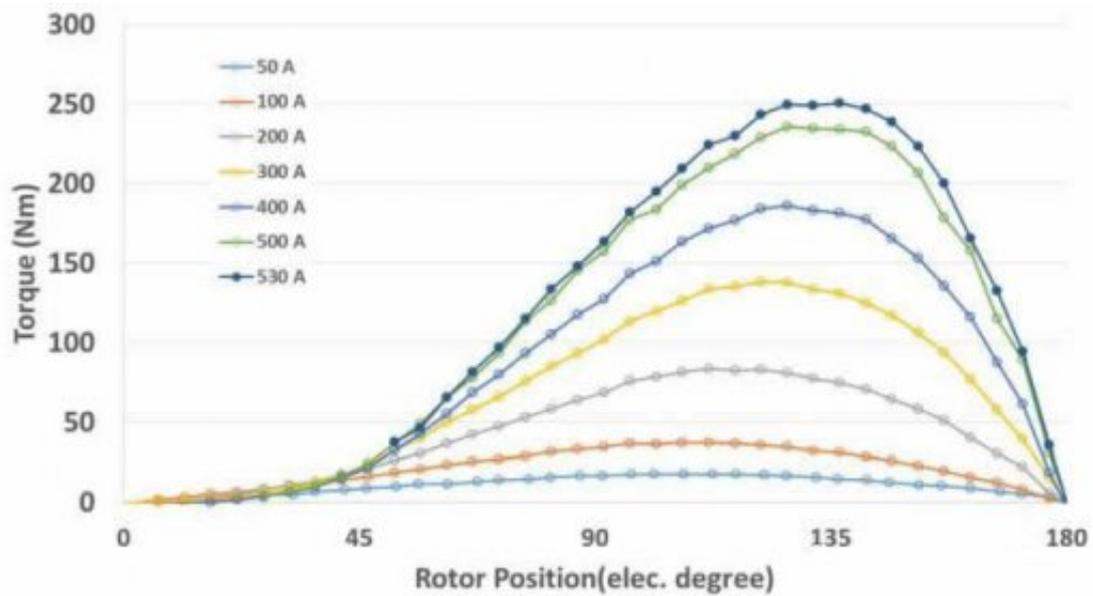
参数	BMW i3
定子内/外径, cm	18.0/24.2
定子叠长度, cm	13.2
定子质量, kg	20.2
定子铁心质量, kg	13.7
定子铜线质量, kg	7.1
定子槽数	72
线圈匝数	9
每相并联电路	6
每相串联线圈	1 per leg
并联导线数	12
导线规格	AWG21
线圈类型	同心绕组

四、宝马i3的逆变器和电机性能评价

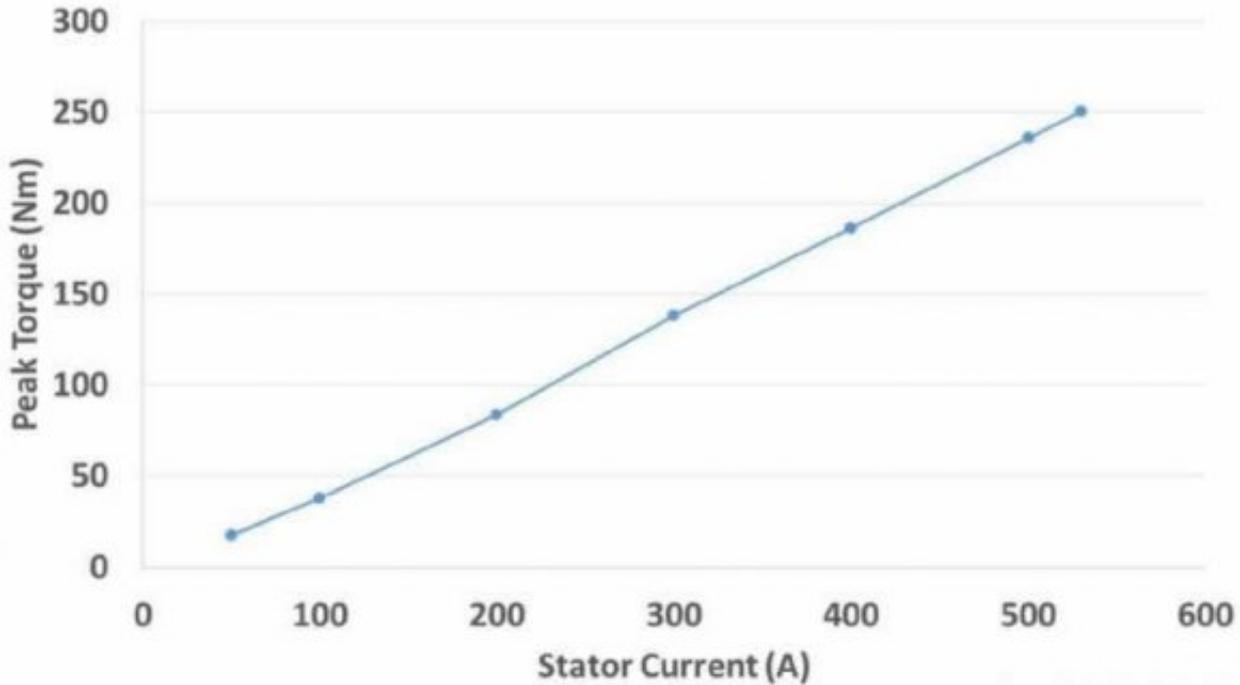
为了对电机做更详细的性能测试，如下图，制作了工装夹具，将电机安装在了测试台上作更详细的性能测试。



下图显示了在不同角度及电流的情况下，电机堵转测试的情况。图表显示产生250Nm的峰值扭矩需要530A的峰值电流。随着角度的变化，扭矩变化非常平顺，输入最大电流，当角度为135度时，电机输出峰值扭矩。

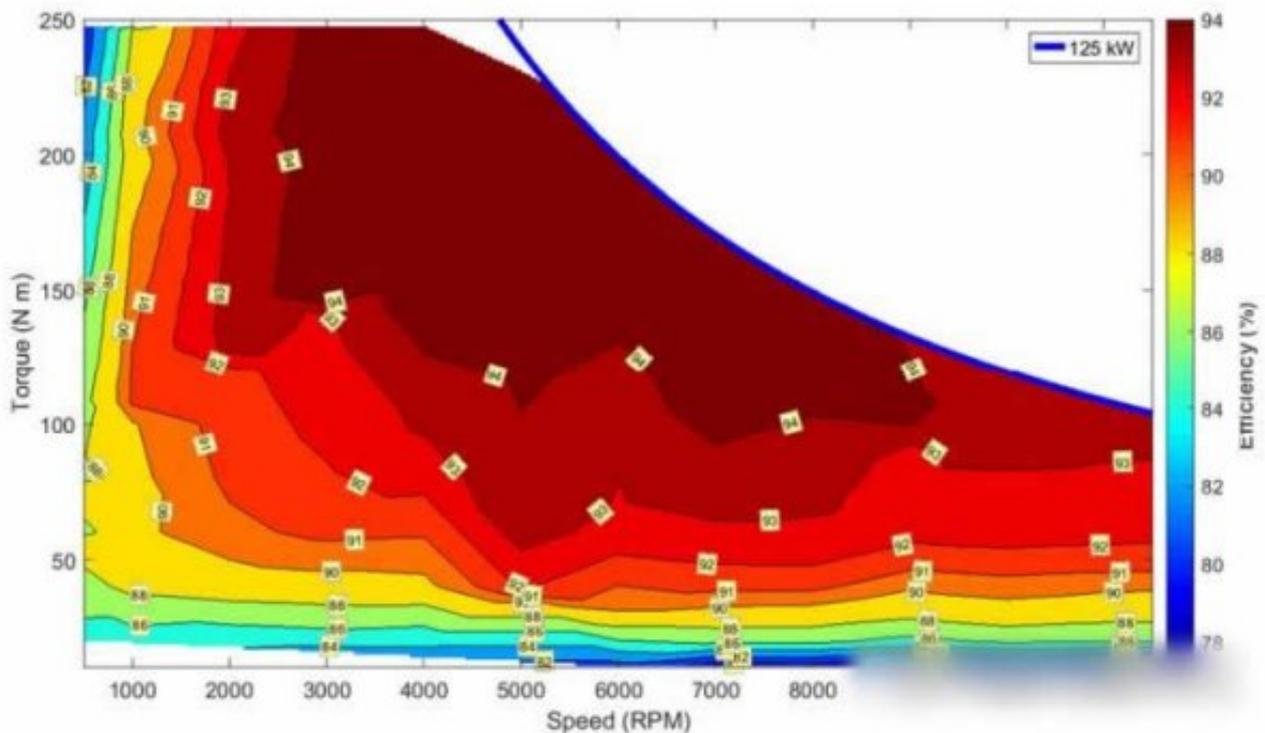


下图所示，随着电流的增加，扭矩变化非常线性，这可以表明：就当电机产生250Nm的峰值扭矩时，磁饱和的程度也不高。

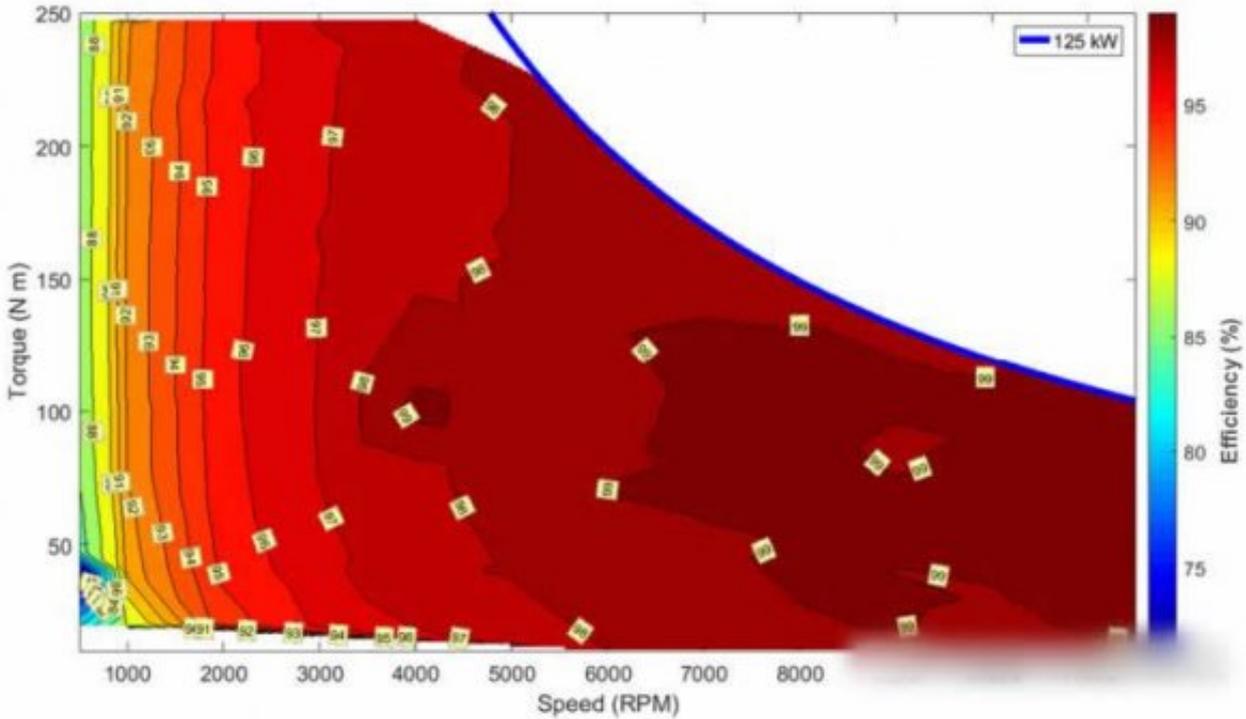


基于360V的电压平台，在不同的转矩和转速下，对宝马i3的电机做了性能和效率测试。在这些测试中，为了发挥系统的最佳状态，电控及电机是被50%的水和50%的乙二醇混合液冷却，冷却液的流量是10L/min，冷却液的温度保持在65度。

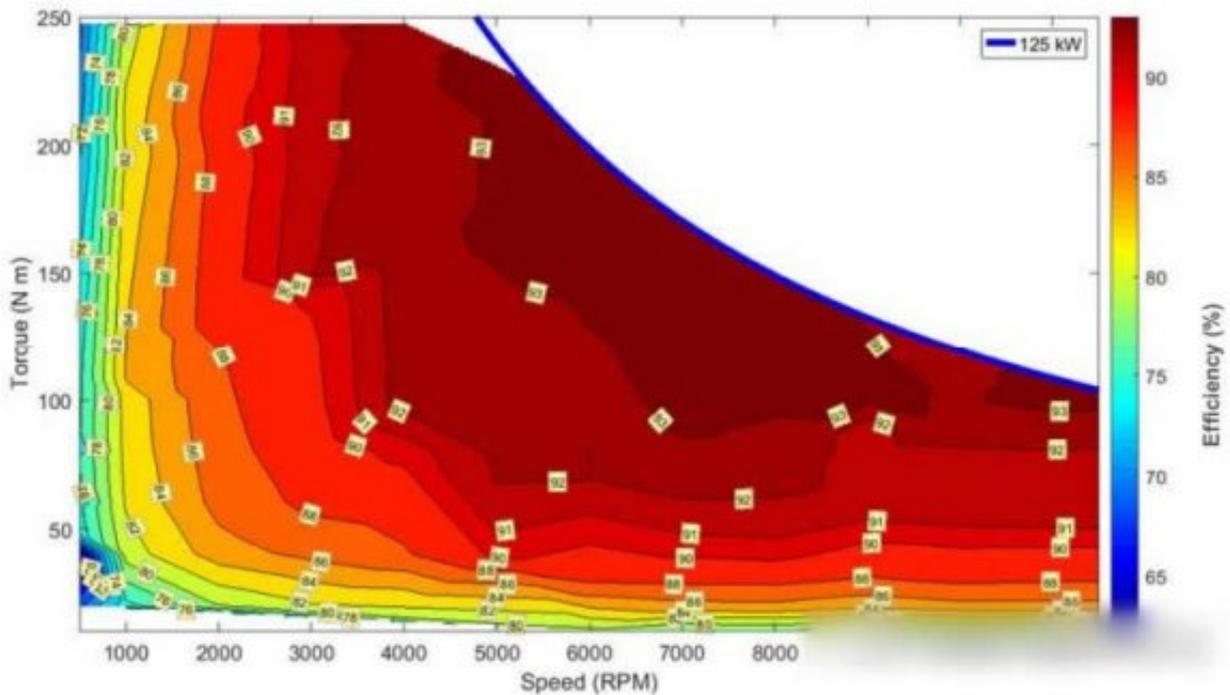
下图是电机的效率等高图，从中我们可以看出，电机在2500~9000rpm之间，输出扭矩达到125Nm时的效率可以到94%。



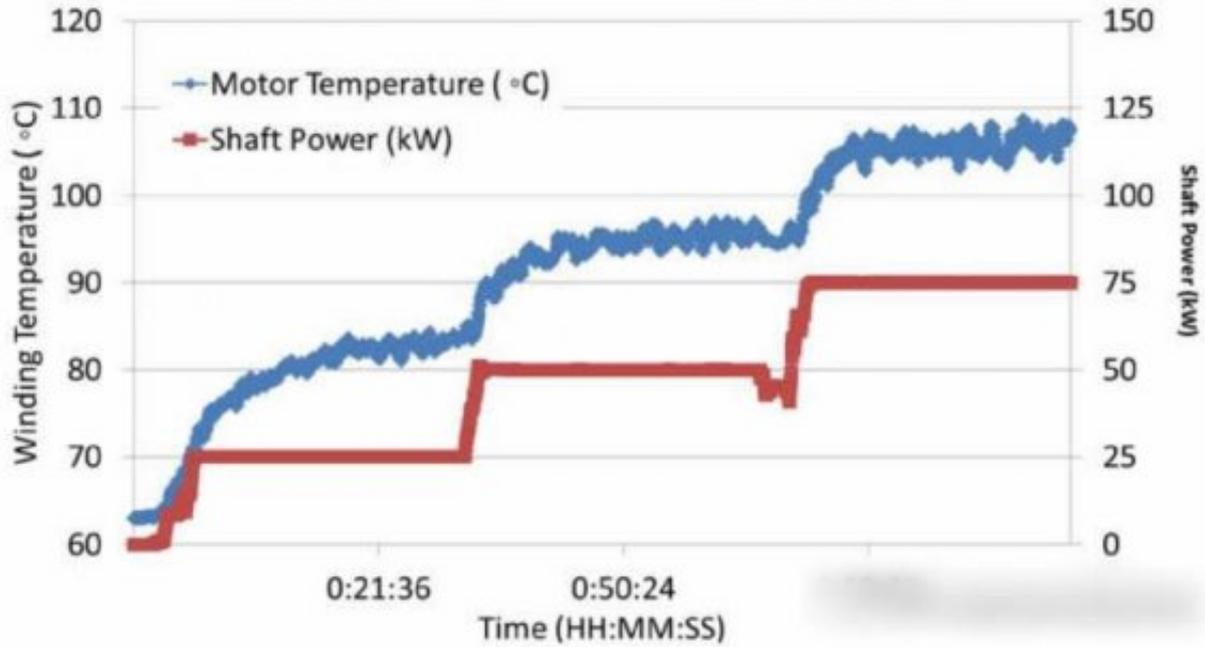
下图是电控的效率等高图，随着速度的增加，电控效率从88%增加至99%。



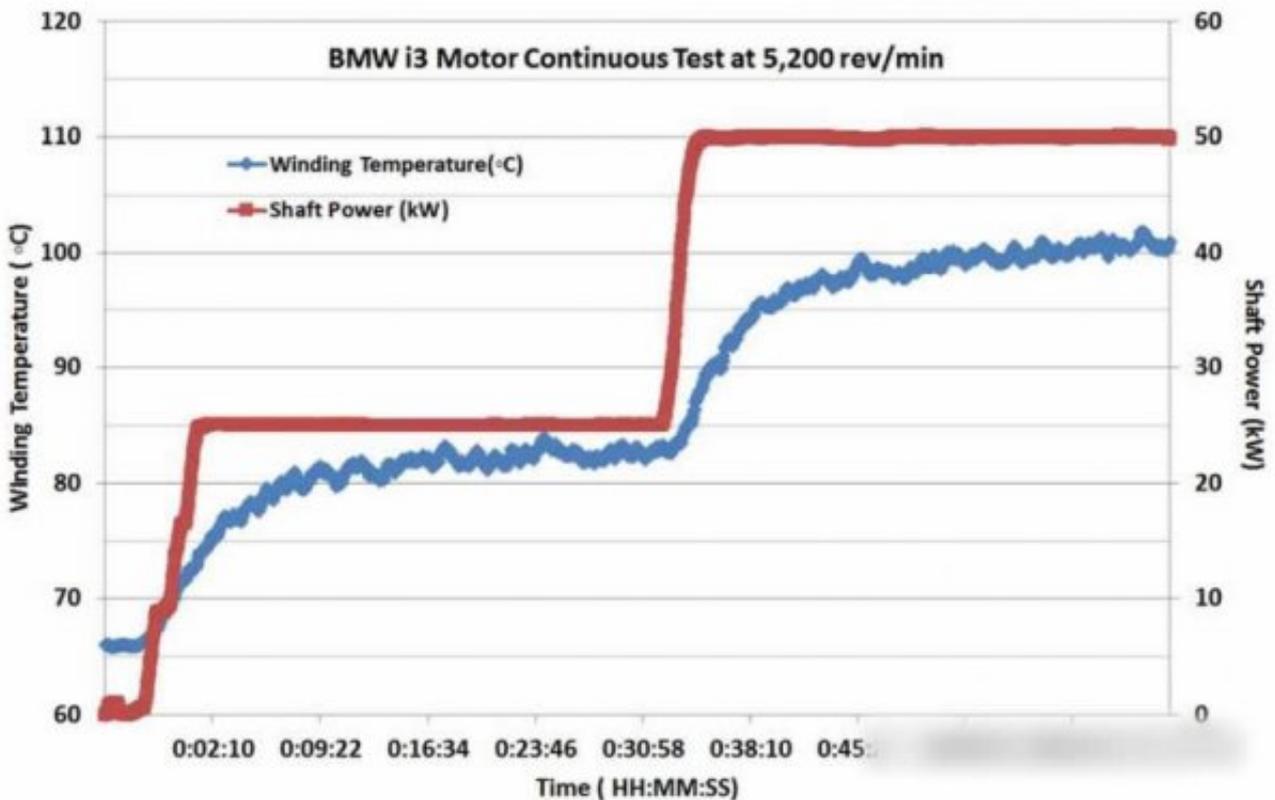
下图是电机和电控的综合效率图，当电机转速高于5000rpm，输出扭矩大于50Nm时，电机和电控的综合效率可以达到90%以上。通过这些测试可以确认，0~4000rpm电机都可以输出250Nm；5000~11400rpm电机可以输出峰值功率125kW。



在可操作的前提下，对电机在25、50、75kw的功率等级下做连续测试，测试转速为5000rpm、7000rpm及9000rpm。下图显示了电机转速为7000rpm，持续功率分别为25kw、50kw及75kw时的绕组温度变化。持续输出25kw，半小时后电机温度达到85度；持续输出50kw，半小时后电机温度达到95度；持续输出75kw，半小时后电机温度达到110度。



下图所示，电机转速为5000rpm，输出功率为50kw，持续这样的工况半个小时，电机温度达到100度。



另外，宝马i3的逆变器采用英凌650V/800A的FS800系列IGBT。针对它120KW的功率而言，逆变器搭载的电容器仅为450V/475 μ F，也有可能是在电池端还有额外的电容并联。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/119227.html>