

خلاصه مشخصات پروتوکل آزمون (Test Protocol Summary)

- کد سند: 091-2026-MOT-TP
- تجهیز تحت آزمون (EUT): موتور بدون جاروبک BLDC 48V / 3kW (محرک پمپ هیدرولیک)
- استانداردهای مرجع: ISO 10816 / 2-ISO 16750 / 1-IEC 60034

۱. اهداف آزمون (Test Objectives)

صحته گذاری توان خروجی، گشتاور نامی، راندمان انرژی، پایداری حرارتی سیمپیچ ها در شرایط بارگذاری مداوم (S1 Duty) و عدم فراتر رفتن از کلاس عایقی 155°C .

۲. معیارهای قبولی / رد (Pass/Fail Criteria)

پارامتر آزمون	نقطه کاری / شرایط	حد مجاز قبولی (Pass Criteria)	روش اندازه گیری
گشتاور نامی	سرعت 3000 RPM در ولتاژ V_{DC48}	$\text{torque} \geq 9.55\text{ Nm}$	دینامومتر هیستریزیس / لودسل
راندمان کلی	بار نامی 3 kW در 3000 RPM	$\eta \geq 88.5\%$	پاور آنالایزر
حداکثر دمای سیمپیچ	تست حرارتی مداوم (1S) به مدت ۲ ساعت	$T_{\text{max}} \leq 110^{\circ}\text{C}$ (افزایش دما)	سنسور 100PT داخلی
مقاومت عایقی	اعمال ولتاژ V_{DC1000} به مدت ۱ دقیقه	$\text{leakage current} \leq 100\text{ }\mu\text{A}$	مگاومتر (میگر)
تراز ارتعاشات (V_{rms})	سرعت بی باری 4000 RPM	$\text{vibration} \leq 1.8\text{ mm/s}$	شتابسنج روی یاتاقان ها

۳. تجهیزات تست و کالیبراسیون (Test Equipment)

- دینامومتر مغناطیسی: 8-815-Magtrol HD (دقت $\pm 0.2\%$ FS)
- پاور آنالایزر: Yokogawa WT3000E (دقت $\pm 0.04\%$)
- منبع تغذیه DC برنامه پذیر: 500-100-Chroma 62150P
- سیستم ثبت داده (Data Logger): Channel-HBM SomatXR 16

۴. تعداد نمونه و روش نمونه گیری (Sample Size & Selection)

- حجم نمونه: $n = 5$ دستگاه موتور از خط تولید آزمایشی (Pilot Line).
- معیار انتخاب: نمونه‌گیری تصادفی (Random Sampling) طبق 1.4ANSI/ASQ Z پس از قبولی در بازرسی ابعادی و QC اولیه.

۵. مراحل اجرایی آزمون (Test Procedure Steps)

1. بازرسی اولیه: ثبت مقاومت فاز به فاز (R_{L-L}) و تست عایقی اولیه در دمای محیط ($23 \pm 2^\circ\text{C}$).
 $\text{C}\circ^3$
2. نگاهت منحنی سرعت-گشتاور: اعمال ولتاژ نامی و افزایش پله‌ای گشتاور از $N\cdot 0$ تا $N\cdot 1$ در گام‌های $N\cdot 1$.
 $\text{m}\cdot N\cdot 1$
3. تست حرارتی (Thermal Runaway): اعمال بار نامی $N\cdot 9.55$ به مدت ۱۲۰ دقیقه تا رسیدن به تعادل حرارتی ($\text{C}\circ\Delta T < 1^\circ$) در ۱۵ دقیقه.
4. تست ارتعاشات و نویز: اندازه‌گیری V_{rms} در سرعت‌های ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ دور بر دقیقه روی یاتاقان‌ها.

۶. روش تحلیل آماری نتایج (Statistical Analysis Method)

- شاخص قابلیت فرایند (C_{pk}): محاسبه C_{pk} برای گشتاور و راندمان؛ حد قبولی $C_{pk} \geq 1.33$ تعیین شده است.
- فاصله اطمینان ۹۵٪: ارزیابی انحراف معیار (σ) و میانگین (μ) بر اساس توزیع Student-t.
- شناسایی داده‌های پرت: استفاده از آزمون گریس (Grubbs' Test) در سطح اطمینان ۹۵٪.