



SNK-2225-1



SC5507-1



SA-2000616



ST-2000617



ESTANDAR DE PRUEBAS ELECTRICAS Y CRITERIOS DE ACEPTACION

- MEGGER (RESISTENCIA DE AISLAMIENTO): Se debe realizar la prueba de resistencia de aislamiento durante un minuto, al nivel de voltaje especificado en la Tabla 4-1 (Referencia IEEE Std. 43, sec.5.3). El valor mínimo de resistencia de aislamiento recomendado debe ser el especificado en la tabla 4-2 (Referencia IEEE Std. 43, sec.12.3). Ref. EASA AR100-2020

TABLA 4-1. DIRECTRICES DE LOS VOLTAJES DE CORRIENTE CONTINUA A SER APLICADOS DURANTE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Tensión Nominal del Bobinado (V) ^a	Tensión C.C. para la Prueba de Resistencia de Aislamiento (V)
<1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12,000	2500 - 5000
>12,000	5000 - 10,000

^a Es el voltaje nominal línea-línea para máquinas trifásicas de C.A., línea-neutro (tierra) para máquinas monofásicas y el voltaje nominal C.C. para máquinas de corriente continua o devanados de campo.
Referencia: Tabla 1, IEEE Std. 43.

TABLA 4-2. VALORES MÍNIMOS RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A 40°C (TODOS LOS VALORES EN MΩ)

Valor Mínimo de Resistencia de Aislamiento	Tipo de Máquina
$IR_{1min} = kV + 1$	Para la mayoría de los bobinados fabricados antes de 1970, todos los bobinados de campo y otros no descritos abajo.
$IR_{1min} = 100$	Para la mayoría de los bobinados de C.A. fabricados después de 1970 (en pletina).
$IR_{1min} = 5$	Para la mayoría de las máquinas con estatores bobinados con alambre redondo y en pletina con tensiones por debajo de 1 kV y armaduras de C.C.

Notas:
1 IR_{1min} es el valor mínimo recomendado de la resistencia de aislamiento de todo el bobinado de la máquina, en Mohms y a 40°C.
2 kV es el valor rms de la tensión nominal de la máquina expresada en kV.
Referencia: Tabla 3, IEEE Stds. 43.

- La IEEE Std 1415-2006 en el punto 4.3.40 establece que el desbalance resistivo debe estar entre un 3% y un 5% de la resistencia promedio. Sin embargo, la IEEE Std 1068-2015 indica que el desbalance resistivo no podrá superar un 1% después que un motor ha sido sometido a mantención.
- INDICE DE POLARIZACIÓN: La prueba de índice de polarización (I.P) se debe efectuar aplicando durante 10 minutos el mismo nivel de voltaje descrito en la tabla 4-1. El valor mínimo de I.P recomendado para bobinados con aislamientos clase B o superiores es 2.0 (referencias IEEE Std.43, sec. 12.2; y IEEE Std 432 app.A2). si el valor de la resistencia de aislamiento al primer minuto es superior a 5000Mohm, el índice de polarización calculado (I.P) puede que no sea significativo. En estos casos, es posible que el valor I.P no sea tenido en cuenta para evaluar el estado del aislamiento (Referencia IEEE 43, sec. 12.2.2)

Tabla 3 — Valores mínimos recomendados de índice de polarización para aislamiento por térmica

clases de componentes de la máquina	
Clasificación de clase térmica ^{a, c, d}	Mínimo P_i
Clase 105 (A)	1,5
Clase 130 (B) y superior	2.0

^a La prueba P_i no es aplicable a los devanados de campo no aislados (ver 12.2.1).

^b IEC 60085-01

^c IEEE Std 1

^d NEMA MG-1



SNK-2225-1



SC5507-1



SA-2000616



ST-2000617



Tabla 4. Interpretación de indicadores PI y DAR resultantes de la medición de resistencia de aislamiento en motores eléctricos.

Estatus de resistencia de aislamiento	Índice de polarización (PI)	Índice de absorción dieléctrica (DAR)
Peligroso	< 1	<1,1
Malo	> 1; < 1,5	>1,1 ; < 1,25
Bueno	> 1,5 ; < 2	> 1,25 ; < 1,4
Muy Bueno	> 2 ; < 4	>1,4 ; < 1,6

- Según IEEE 43-2013. Los valores PI mínimos por tipo de aislamiento son clase A mínimo 1,5, clase B, F y H mínimo 2.

De lo anterior, la normativa reglamenta que para el IP o índice de polarización el equipo deberá arrojar un resultado mínimo de 2.0 y máximo de 4.0 para evidenciar un estatus "Muy bueno". Cualquier valor entre 2.0-4.0 será válido.

- ALTA TENSION (HIPOT): La prueba de alta tensión (Hipot) debe realizarse a los bobinados y ciertos accesorios de las maquinas electricas, aplicando un nivel de tension especifico. Para evitar someter el aislamiento a esfuerzos excesivos no se recomienda repetir esta prueba.

Los bobinados de las maquinas que van a ser probados deberán estar limpios y secos. Antes de realizar esta prueba se debe inspeccionar el bobinado y comprobar que el valor de la resistencia de aislamiento es aceptable. Después de terminar el ensayo de alta tensión se debe repetir la prueba de resistencia de aislamiento. Después de terminar la prueba de alta tensión CC, el devanado debe ser puesto a tierra (masa) conectándolo a la carcasa o nucleo hasta descargarlo. (Ref. IEEE Std.4 y 95; NEMA Std. MG1, 3.1.1.)

Tabla 4-5. Pruebas de Alta Tension (Hipot) Usando Corriente Continua BOBINADOS NUEVOS

TIPO DE MÁQUINA	TENSIÓN C.C. DE PRUEBA	
	BOBINADO DEL ESTATOR	BOBINADO DEL ROTOR
MÁQUINAS DE INDUCCIÓN DE C.A. Y MÁQUINAS SINCRÓNICAS NO EXCITADAS		
Motores de potencia nominal menor o igual a 0.5 hp, generadores de potencia nominal menor o igual a 373 vatios (o equivalente) y que funcionan con una tensión:	1700 voltios	1700 voltios + 3.4 veces la tensión secundaria
a) Menor o igual a 250 voltios		
b) Mayor que 250 voltios		
Motores de potencia nominal mayor que 0.5 hp, generadores de potencia nominal mayor que 373 vatios (o equivalente) y para ciclo de trabajo:	1700 voltios + 3.4 veces la tensión nominal de la máquina	1700 voltios + 6.8 veces la tensión secundaria
a) No reversible		
b) Reversible		

- IMPULSO (SURGE): La capacidad para soportar impulsor del devanado se debe verificar durante uno o mas de los siguientes pasos del rebobinado: (a) bobinas individuales antes de ser instaladas en las ranuras, (b) después de instalar las bobinas individuales pero antes de conectarlas, con cuñas, amarres y soportes instalados, (c) bobinas individuales después de ser conectadas en serie y antes de conectar los grupos, (d) grupos individuales después de ser conectados para formar las fases pero antes de conectar las fases entre si, y/o € fases en el estator completamente rebobinado y curado. Se recomienda realizar pruebas en los pasos (1) si no las realiza el fabricante de bobinas y efectuar las pruebas (b) y (e) con fines de aseguramiento de calidad.



SNK-2225-1



SC5507-1



SA-2000616



ST-2000617



Los niveles de prueba se reducen para las bobinas sin curar y deben ser acordados con anticipación entre el fabricante de bobinas, el centro de servicio y, si es necesario, el cliente. Los valores de prueba descritos en la Tabla 4-3 fueron adaptados de las normas IEEE 522 e IEC 60034-15. La norma IEEE 522 se refiere a 2,0 p.u. como una prueba de voltaje reducido que se usa para devanados en los que no es probable que vean impulsos (surges) de alta magnitud y de frente rápido (donde 1 p.u. = voltios pico a tierra del devanado del estator).

TABLA 4-3. VOLTAJES PARA LA PRUEBA DE IMPULSO EN BOBINADOS DE PLETINA NUEVOS

Voltaje Nominal (V)	IEEE 522 ^{1,4,5} 2.0 p.u. (kV)	IEEE 522 ^{2,4,5} 3.5 p.u. (kV)	IEC 60034-15 ^{3,4} $U'_p = 0.65 U_p$	2E+1kV ⁶ per sección 4.2.5
400	–	–	–	1.8
460	–	–	–	1.9
575	–	–	–	2.2
690	–	–	–	2.4
2300	3.8	6.6	9.2	–
3300	5.4	9.4	11.8	–
4000	6.5	11.4	13.7	–
6600	10.8	18.9	20.4	–
11000	18.0	31.4	31.9	–
13800	22.5	39.4	39.1	–

1. 2.0 p.u. = $2 \cdot V_{L-L} \sqrt{2/3}$ kV, frente de onda 0.2 μ s
2. 3.5 p.u. = $3.5 \cdot V_{L-L} \sqrt{2/3}$ kV, frente de onda 0.1 μ s
3. $1.0 U_p = 4 \cdot V_{L-L} + 5$ kV, frente de onda 0.2 \pm 0.1 μ s
4. Bobinas sin procesar completamente, Ej. Resin Rich no curadas o VPI secas (green), se deben probar a voltaje reducido, generalmente al 40-80 % del valor calculado.
5. Las pruebas de mantenimiento de los bobinados reacondicionados pueden ser realizadas al 75% del valor calculado.
Precaución: Si se desconoce el diseño del aislamiento, utilice el 75% de los valores indicados en la columna de 2.0 p.u.
6. Para máquinas con tensiones por debajo de 2300 V use la sección 4.2.5.