

Longitudes.—Las tablestacas más largas empleadas en las obras por el autor de este artículo han sido de 13^m,45. Ha hecho uso también de tablestacas de 17^m,70 en dos longitudes, arreglándose de manera de obtenerlas con piezas de 11 y de 6^m,70 de longitud.—O.

REGLAS NORMALES

DEL

INSTITUTO AMERICANO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS

PARA LA

CLASIFICACIÓN Y EL ENSAYO

DE LAS

MAQUINAS Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

(CONTINUACIÓN)

229 MÉTODO PARA HACER LOS ENSAYOS DE LA CLASE 1.^a—El voltaje se aplicará de una manera continua durante el tiempo prescrito, un minuto por lo menos, á no ser que se consigne otra cosa. El voltaje se tomará de un generador de potencial constante; se aplicará directamente al aparato que se ensaya, ó se elevará gradualmente, según se indica al hablar de los ensayos de la clase 2.^a

230 CLASE 2.^a—Comprende todos los aparatos no incluidos en la clase 1.^a

231 MÉTODO PARA HACER LOS ENSAYOS DE LA CLASE 2.^a—Al voltaje del ensayo se llegará por incrementos pequeños y de una manera continua, conservando su acción con el valor máximo durante el tiempo que se consigne (un minuto por lo menos, á no ser que se especifique otra cosa) terminado el cual, se le reducirá paulatinamente hasta anularle.

232 CONDICIONES Y PRECAUCIONES PARA LOS ENSAYOS DE LAS CLASES 1.^a Y 2.^a—Las siguientes se aplicarán á todos los ensayos.

233 La FORMA DE LA CURVA será aproximadamente sinusoidal y no sufrirá deformación alguna por efecto de los aparatos colocados en los circuitos.

234 La línea tendrá capacidad suficiente para que la corriente de carga que puedan tomar los aparatos que se ensayan no altere de una manera apreciable la forma de la curva ni influya en el voltaje del ensayo. Se evitarán en lo posible todas las probabilidades de interrupciones accidentales en el circuito.

235 Las RESISTENCIAS Ó INDUCTANCIAS en serie con el primario de un transformador elevador que tiene por objeto regular su voltaje, poseen el inconveniente de que pueden alterar la forma de la curva, dando lugar á que la relación entre el voltaje máximo y el eficaz no sea $\sqrt{2}$, sino una cantidad desconocida, razón por la cual no es de recomendar aquel procedimiento para regular el voltaje. Cuando se emplea una resistencia ó una inductancia para limitar la corriente, tanto una como otra se pondrán en corto circuito durante los ensayos.

236 La materia aisladora que se ensaya se encontrará en condiciones higrométricas normales y á la temperatura que tendrá en servicio ordinario.

237 CONDICIONES Y PRECAUCIONES ADICIONALES para los ensayos de la clase 2.^a Además de las que se acaban de consignar en las Reglas anteriores se aplicarán las siguientes:

238 Los INCREMENTOS REPENTINOS DEL VOLTAGE aplicado á los aparatos que se ensayan se evitarán con todo cuidado, sobre todo si aquél es grande y lo es también la capacidad de dichos aparatos, porque podrían producirse momentáneamente voltajes muy considerables.

239 Las VARIACIONES REPENTINAS DEL VOLTAGE del circuito que enlaza el generador con los aparatos que se ensayan tienen el inconveniente de que pueden producir oscilaciones peligrosas.

240 Los CONTACTOS de los circuitos que han de proporcionar el voltaje de los ensayos se harán con todo esmero para evitar que puedan establecerse perturbaciones de mucha frecuencia. Cuando una corriente de gran intensidad ha de pasar por un reostato de agua de pequeña capacidad, puede establecerse un arco que dé lugar á perturbaciones de mucha frecuencia.

241 TRANSFORMADORES.—En los transformadores para gran voltaje el carrete de baja se enlazará con preferencia al núcleo y á tierra durante el ensayo, con objeto de evitar la tensión, que de otra manera se produciría entre el carrete de baja y el núcleo como resultado de una acción análoga á la de un condensador. Los terminales de cada devanado de un transformador de esta clase se enlazarán entre sí durante los ensayos para que no se produzca tensión alguna sobre el aislamiento entre las vueltas ó secciones del devanado, en el caso de ocurrir alguna descarga por efecto del voltaje que se aplica al hacer los ensayos.

(C) METODOS AL MEDIR EL VOLTAGE DE LOS ENSAYOS

242 PARA MEDIR EL VOLTAGE DE LOS ENSAYOS se emplean generalmente dos medios, (1) la descarga eléctrica entre dos puntas y (2) el voltímetro.

243 1. LAS PUNTAS se enlazan en paralelo con el cuerpo aislador que se ensaya y se disponen de tal manera que por ellas se produzca la descarga eléctrica cuando el voltaje alcanza un valor previamente determinado, que será con toda seguridad el máximo que actuará sobre el cuerpo aislador. Á cada reparación de las puntas corresponde un voltaje definido, cuya medida puede representar; como la descarga entre aquéllas depende del valor máximo de la curva representativa del voltaje y es independiente de la forma de dicha curva, la reparación de las puntas limita perfectamente la tensión máxima á que estará sometida la sustancia aisladora. Este medio no se empleará cuando los voltajes son relativamente pequeños.

244 MANERA DE PROCEDER.—Se empieza por colocar las puntas á la distancia correspondiente al voltaje del ensayo, y el aparato auxiliar en forma tal que produzca un voltaje con el cual se inicie la descarga eléctrica entre las primeras. Se arreglan de nuevo estas últimas para un voltaje superior en un 10 por 100 al inicial y el aparato auxiliar para el voltaje que dió lugar á la primera descarga, que es el del ensayo, y se mantendrá durante el tiempo reglamentario.

245 Las PUNTAS estarán constituidas por agujas nuevas de coser, sostenidas en su centro por conductores, cuya distancia será, por lo menos, el doble de la que exista entre dos puntas opuestas; alrededor de éstas y á una distancia inferior al doble de la que existe entre ellas no habrá cuerpo alguno extraño. En el Apéndice D hay una tabla, en la que se consignan las distancias aproximadas á que se produce la descarga eléctrica, tabla que se empleará en los ensayos que se hagan siguiendo el procedimiento descrito.

246 Una RESISTENCIA OHMICA de medio ohmio por voltio se colocará en serie con cada una de las puntas, con objeto de que la intensidad de la corriente de descarga esté comprendida entre 0,25 y 2 amperios, evitando así las oscilaciones eléctricas que podrían producirse en el momento de la descarga.

247 2. El VOLTÍMETRO de lectura directa permite conocer los diferentes valores del voltaje durante los ensayos, es aplicable, aunque aquéllos sean muy grandes y no introduce perturbación alguna en los circuitos.

248 Uso DEL VOLTÍMETRO.—Por regla general se enlazará al circuito de alta tensión directamente ó por intermedio de un transformador auxiliar. No hay inconveniente, sin embargo, en medir el voltaje en otros puntos, por ejemplo, en el primario del transformador, en el supuesto de que la relación de transformación no varíe sensiblemente durante los ensayos, ó que, en caso de variar, se tengan en cuenta las alteraciones correspondientes.

249 El PROCEDIMIENTO DE LAS PUNTAS puede emplearse como comprobación del voltímetro en los ensayos de alta tensión necesarios para determinar la relación de transformación de un transformador, las diferencias entre las curvas reales y las sinusoides, etc. El primero es muy útil en unión con el voltímetro para limitar la tensión aplicada á los materiales aisladores.

(D) APARATOS PARA PRODUCIR EL VOLTAGE DE LOS ENSAYOS.

250 El GENERADOR Ó CIRCUITO que proporcione el voltaje para los ensayos permitirá la producción ó el paso de grandes corrientes, de tal manera que la de carga que puedan tomar los aparatos á ensayar no altere sensiblemente la forma de la curva ni el valor del voltaje.

El TRANSFORMADOR con que se hagan los ensayos será de condiciones tales, que las variaciones de su relación de transformación no pasen del 10 por 100 con la corriente de carga exigida por los aparatos que se ensayan. Para determinar esta corriente se pone en corto circuito el carrete secundario ó de alta tensión del transformador, se aplica al primario un voltaje que sea el décimo del normal, y la corriente que circule por él en estas condiciones será la máxima que se admitirá en los ensayos normales de resistencia dieléctrica.

251 La REGULACIÓN DEL VOLTAJE se hará por uno de los siguientes procedimientos consignados por orden de preferencia:

252 1. Por variación de los campos del generador.

253 2. Por conmutación magnética.

254 3. Por variación de la relación de transformación.

255 4. Por resistencias ó carretes de inducción.

256 En la REGULACIÓN DEL VOLTAJE DEL GENERADOR se procurará llegar al voltaje normal con la carga también normal, al mismo tiempo que se aplica á la sustancia aisladora que se ensaya el voltaje máximo, lo cual exige que la relación de transformación del transformador sea tal que éste produzca el voltaje máximo del ensayo cuando el generador tiene su voltaje normal. Procediendo en esta forma el generador trabaja de una manera estable, lo cual podría no suceder si éste ha de producir una corriente con su fase muy adelantada cuando el voltaje y la corriente de los campos son pequeños.

257 La CONMUTACIÓN MAGNÉTICA como medio de regulación consiste en derivar el flujo magnético por un carrete secundario, variando de esta manera la inducción en el carrete y el voltaje inducido en él. La desviación del flujo magnético se hará lentamente con objeto de que el voltaje no experimente cambios bruscos.

258 La REGULACIÓN DEL VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR por medio de la variación de su relación de transformación se hará de una manera suave y continua con objeto de evitar la producción de oscilaciones en el circuito y procurando que el voltaje de ensayo conserve su valor normal. La necesidad de observar esta precaución es tanto mayor cuanto más grandes son la inductancia ó la capacidad estática de los aparatos que se ensayan.

259 Los CARRETES DE RESISTENCIA ó REACTANCIAS que se emplean para regular el voltaje se dispondrán de tal manera que no formen parte del circuito cuando el voltaje alcance su valor máximo, ó todo lo más que una parte pequeña de aquéllos continúe en el circuito, porque así serán despreciables las deformaciones que producen en la forma de la curva.

F.—CONDUCTIBILIDAD

260 COBRE.—La conductibilidad del cobre con que se fabrican los conductores y cables eléctricos será por lo menos el 98 por 100 de la correspondiente al patrón Matthiessen tal como se define en la Tabla de Alambres de Cobre del Instituto Americano de Ingenieros Electricistas.

G.—ELEVACION DE TEMPERATURA

(I) MEDIDA DE LA TEMPERATURA

(A) MÉTODOS.

261 Existen dos métodos generales para medir temperaturas: (1) por medio del termómetro y (2) por medio del aumento de resistencia eléctrica de un circuito.

262 1. TERMÓMETRO.—En su aplicación se observarán las siguientes precauciones:

263 a. PROTECCIÓN.—Los termómetros destinados á medir la temperatura de las habitaciones se dispondrán de tal manera que no reciban las radiaciones caloríficas emitidas por los cuerpos calientes ni las corrientes de aire, así como tampoco las variaciones momentáneas de temperatura. Siempre se colocará más de un termómetro para este objeto. El termómetro que se emplee para medir la temperatura de un cuerpo cualquiera se dispondrá en forma tal que su ampolla no reciba más acciones caloríficas que las correspondientes á la parte de aquel que interesa, ni las pierda por radiación.

264 b. AMPOLLA.—Cuando el termómetro se aplica sobre la superficie de una máquina es muy conveniente cubrir su ampolla con una masa de cierta superficie, mala conductora del calor; puede emplearse para este objeto el algodón, con el cual, después de bien apretado, se forma un cilindro de poca altura y de unos 15 milímetros de diámetro, en una de cuyas bases se hace una caja de tamaño suficiente para alojar en ella la ampolla del termómetro. No conviene que la masa de algodón ocupe una superficie excesivamente grande de la

parte de la máquina cuya temperatura se quiere medir, porque podría dificultar la radiación del calor de la misma.

265 2. AUMENTO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA.—La resistencia se medirá con el puente Wheatstone, ó en función de la caída de potencial. Para el cobre se admitirá un coeficiente de temperatura de 0,42 por 100 y por grado centígrado á partir de 0° C.

Los coeficientes para temperaturas iniciales comprendidas entre 0° C. y 50° C. se consignan en el Apéndice E. La elevación de temperatura puede determinarse de dos maneras: (1) dividiendo el aumento por 100 de la resistencia inicial por el coeficiente de temperatura por 100, correspondiente á la inicial del caso considerado; (2) multiplicando el incremento por 100 de la resistencia inicial por 238,1, más la temperatura inicial en grados centígrados y dividiendo el producto por 100.

266 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS.—En los conductores eléctricos la elevación de temperatura se determinará, siempre que sea posible, en función del aumento de su resistencia eléctrica, procedimiento que da resultados más elevados que los obtenidos con el termómetro. Cuando los conductores tienen una resistencia eléctrica muy pequeña, se empleará con preferencia el termómetro. Si en un carrete las indicaciones del termómetro son superiores á las obtenidas por la medida de la resistencia, se aceptarán las correspondientes al primero.

(B) CONDICIONES NORMALES PARA LOS ENSAYOS.

267 1. DURACIÓN DE LOS ENSAYOS.—La temperatura se medirá después de haber estado funcionando el aparato ó máquina durante un período de tiempo suficiente para que su temperatura sea prácticamente constante, período que varía desde seis á diez y ocho horas, según el tamaño de aquél y su disposición constructiva. Sin embargo, es posible reducir la duración de aquel período aplicando á la máquina una sobrecarga en corriente y voltaje durante un tiempo muy corto, al cabo del cual se aplica la carga normal que se mantiene hasta que la temperatura sea constante.

268 2. TEMPERATURA DE LA HABITACIÓN.—La elevación de temperatura se referirá á la normal de la habitación, para la cual se ha adoptado 25° C.

269 CORRECCIÓN DE TEMPERATURA.—Cuando la habitación no es de 25° C., es preciso corregir la deducida por la variación de resistencia, aplicando un factor que es 0,5 por 100 por cada grado C. de diferencia. Así, por ejemplo, cuando la temperatura de la habitación es 35° C., la elevación de temperatura observada se disminuirá en 5 por 100, y se aumentará en la misma proporción si aquélla hubiera sido 15° C. En algunos casos la intensidad de la corriente varía con la temperatura de la habitación, como sucede en los campos en derivado sin reostato, influyendo esta última en la producción y dispersión del calor; circunstancia que exige corregir la elevación de temperatura observada, en la misma relación que las pérdidas de calor por la resistencia del aparato son modificadas por las variaciones de temperatura de la habitación.

270 3. PRESIÓN BAROMÉTRICA-VENTILACIÓN.—Se supondrá que los ensayos se hacen á la presión barométrica normal de 760 mm., y únicamente en el caso de ser muy distinta de ésta se harán correcciones.

Los aparatos que se ensayan estarán colocados en condiciones ordinarias de ventilación, es decir, que no estarán expuestos á una corriente de aire intensa ni encerrados en cajas ó habitaciones, á no ser cuando se exprese lo contrario.

271 CORRECCIÓN DEBIDA Á LA PRESIÓN BAROMÉTRICA.—Cuando la presión barométrica difiere mucho de la correspondiente á 760 milímetros de mercurio, es preciso aplicar á la elevación de temperatura observada un factor de corrección que es el 1 por 100 de aquélla por cada 10 mm. de la diferencia entre la presión barométrica actual y 760. Así, por ejemplo, si la presión es 680 mm., la elevación de temperatura se reducirá en $\frac{760 - 680}{10} = 8$ por 100.

(II) LÍMITES PARA LA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.

272 REGLA GENERAL.—La temperatura de las máquinas eléctricas en condiciones ordinarias de funcionamiento no llegará nunca á un valor tal que produzca la destrucción permanente de los materiales aisladores.

273 LÍMITES QUE SE RECOMIENDAN.—En el supuesto de que la temperatura de la habitación sea 25° C. y de que las máquinas funcionen con la carga normal en condiciones ordinarias de ventilación ó de enfriamiento, los valores máximos que se recomiendan para la elevación de temperatura, son los siguientes:

(A) MÁQUINAS EN GENERAL.

274 En las máquinas conmutadoras, rectificadoras, sincronas, conmutadoras sincronas, unipolares y en los generadores de corrientes onduladas, la elevación de temperatura no excederá de los valores siguientes:

275 De 50° C. en los campos y armadura.

276 De 55° C. en los colectores y escobillas, haciendo las medidas con el termómetro.

277 De 65° C. en las anillas.

278 De 40° C. en los cojinetes y demás elementos de la máquina, haciendo las medidas con el termómetro.

279 (B) APARATOS DE INDUCCIÓN GIRATORIOS.—La elevación de temperatura no excederá de los valores siguientes:

280 De 50° C. en los circuitos eléctricos, haciendo las medidas en función de la variación de resistencia.

281 De 40° C. en los cojinetes y demás elementos de la máquina, haciendo las medidas con el termómetro.

282 De 55° C. en las armaduras en corto circuito, haciendo las medidas con el termómetro.

(C) APARATOS DE INDUCCIÓN ESTÁTICOS.

283 a. TRANSFORMADORES DE SERVICIO PERMANENTE.—La elevación de temperatura no pasará de 50° C.; las medidas se harán por medio de la variación de resistencia en los circuitos eléctricos y con el termómetro en los demás elementos del aparato.

284 b. TRANSFORMADORES DE SERVICIO INTERMITENTE.—En los transformadores que han de prestar un servicio intermitente, es decir, que no han de trabajar constantemente con la carga normal, a pesar de estar continuamente en circuito, como sucede en los que forman parte de una instalación para alumbrado, la elevación de temperatura sobre la del ambiente no excederá de 50° C., cuya medida se hará por medio de la variación de la resistencia eléctrica en los circuitos y con el termómetro en los demás elementos del aparato, después del periodo correspondiente a la carga normal. En este caso la carga normal de un transformador no se le aplicará hasta que lleve en circuito un cierto tiempo, el suficiente para que tome la temperatura correspondiente a las pérdidas de energía en el núcleo. En los transformadores para las instalaciones de alumbrado público la duración del ensayo con la carga normal durará por lo menos tres horas siempre que no se consigne otra cosa.

285 c. En los **CARRETES DE INDUCCIÓN**, así como en los reguladores de inducción y magnéticos, la elevación de temperatura no pasará de 50° C.; se medirá por medio de la variación de resistencia eléctrica en los circuitos y con el termómetro en los demás elementos de los aparatos.

286 d. APARATOS GRANDES.—En los generadores, motores, transformadores, etc., de gran potencia, en los cuales tiene mucha importancia la seguridad en el funcionamiento y la capacidad para sobrecargas grandes, se suele exigir que la elevación de temperatura no pase de 40° C. con la carga normal y de 55° C. con la sobrecarga. Sin embargo, no es de recomendar que en circunstancias ordinarias se consignent límites inferiores a 40° C. con la carga normal, haciendo las medidas en la forma que se ha explicado en las Reglas anteriores.

(D) REOSTATOS.

287 En los **REOSTATOS CALORÍFEROS** y demás aparatos electrotérmicos, las partes constituidas con materiales combustibles o inflamables, lo mismo que las que puedan estar en contacto con ellas, podrán adquirir una temperatura superior en 50° C. a la del ambiente, en las condiciones de funcionamiento para que están contruidos.

288 a. ELEMENTOS DE LOS REOSTATOS.—Los elementos de los reostatos y de los aparatos cuya elevación de temperatura, en condiciones normales de funcionamiento, es superior a 50° C., no contendrán material alguno combustible y se instalarán de tal manera que sea imposible que tanto dichos aparatos como el aire caliente procedente de los mismos puedan ponerse en contacto con materias combustibles.

(E) LÍMITES QUE SE RECOMIENDAN PARA CASOS ESPECIALES.

289 a. En los aparatos cuyas sustancias aisladoras poseen una gran resistencia a la acción del calor, podrán admitirse límites más elevados que los anteriormente consignados para la elevación de temperatura.

290 b. En los aparatos que han de funcionar en locales a temperatura muy alta, se reducirán los límites ordinarios para la elevación de aquélla.

291 c. En los aparatos que por las condiciones especiales de su servicio han de sufrir sobrecargas importantes o han de trabajar en circuitos con voltaje muy elevado, se admitirá una elevación de tem-

peratura mucho menor que en los que funcionan en circunstancias ordinarias. En los aparatos que han de colocarse en espacios reducidos, como son, entre otros, los motores de tranvías, podrá admitirse una elevación de temperatura superior a los límites consignados en las Reglas anteriores.

292 d. APARATOS PARA SERVICIO INTERMITENTE.—En esta clase de aparatos, exceptuando los motores para tranvías y ferrocarriles, la elevación de temperatura, al terminar el periodo correspondiente a la carga normal, no excederá de los valores consignados para las máquinas en general, y se medirá en todos ellos sin exceptuar los motores para tranvías y ferrocarriles, tan pronto como dejen de funcionar, con objeto de que se encuentren en condiciones análogas en todo lo posible a las del servicio que han de prestar y a las exigidas en el pliego de condiciones.

H.—SOBRECARGAS

293 FUNCIONAMIENTO CON SOBRECARGA.—Todos los aparatos se dispondrán y construirán de tal manera que puedan recibir las sobrecargas que se consignan más adelante sin peligro de avería por el calor desarrollado por descargas eléctricas o por efectos mecánicos; la elevación de temperatura adicional debida a la sobrecarga no será superior en 15° C. a los valores límites establecidos para la carga normal, con la condición de que no se aplicará la primera hasta que el aparato haya adquirido la temperatura correspondiente a la segunda, después de haber funcionado sin interrupción durante un cierto tiempo. Los reostatos que no tienen límites de elevación de temperatura no se incluyen entre los aparatos anteriores, y, por lo tanto, no se les aplica la elevación adicional de 15° C. para las sobrecargas que luego se especifican.

294 CONDICIONES NORMALES.—Las garantías relativas a las sobrecargas se referirán a condiciones normales de funcionamiento respecto a velocidad, frecuencia, voltaje, etc., y en los aparatos de corriente alterna con cargas no inductivas, a no ser que el aparato posea una diferencia de fase.

295 SOBRECARGAS QUE SE RECOMIENDAN:

296 a. GENERADORES.—Tanto los de corriente directa como los de alterna podrán recibir una sobrecarga del 25 por 100 durante dos horas.

297 b. MOTORES.—Los motores de corriente directa, de inducción y sincrónicos, exceptuando los de ferrocarriles y los de servicio intermitente, podrán recibir una sobrecarga del 25 por 100 durante dos horas y del 50 por 100 durante un minuto.

298 c. CONVERTIDORES.—Los convertidores sincrónicos podrán recibir una sobrecarga del 25 por 100 durante dos horas y del 50 por 100 durante media hora.

299 d. TRANSFORMADORES Y RECTIFICADORES.—Los transformadores de potencial constante y los rectificadores podrán recibir una sobrecarga del 25 por 100 durante dos horas; se exceptúan los transformadores colocados en el mismo circuito que otros aparatos, en cuyo caso las sobrecargas consignadas para estos últimos son las que se aplicarán a los primeros.

300 e. EXCITATRICES.—Las excitatrices de los alternadores y de otras máquinas sincrónicas podrán recibir una sobrecarga del 10 por 100 con relación a la necesaria para excitar la máquina sincrónica con la sobrecarga correspondiente durante el tiempo reglamentario. Todas las excitatrices de los generadores de corriente alterna monofásica o polifásica producirán con su velocidad normal una corriente de suficiente intensidad y voltaje para excitar el alternador con su velocidad normal, con el voltaje en los terminales correspondiente a toda la carga y produciendo la energía normal en kilo-voltios-amperios con un factor de potencial del 50 por 100.

301 f. Los **REOSTATOS PARA SERVICIO PERMANENTE** podrán recibir durante dos horas una corriente superior en un 25 por 100 a la normal para que están contruidos, y en un 50 por 100 durante un minuto. Este exceso de capacidad del reostato tiene por único objeto el de que pueda servir para probar las máquinas correspondientes, y no se contará con ella para el servicio ordinario al elegir el aparato.

202 g. Los **REOSTATOS PARA SERVICIO INTERMITENTE**, como son los de arranque de los motores, podrán recibir una corriente igual al 150 por 100 de la normal durante quince segundos y cada cuatro minutos durante una hora, en condiciones ordinarias de funcionamiento, siempre que en el pliego de condiciones no se consigne otra cosa.

(Se continuará.)