

ICS XXX

中華民國國家標準

C N S

風力變壓器：離岸風力機用變壓器

Power transformers transformers for
offshore wind turbine applications

CNS 草-制 1110194:2023

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

目 錄

節次	頁次
前言	2
一般	2
1. 適用範圍	4
2. 引用標準	4
3. 用語及定義	4
4. 使用條件	5
5. 電氣特性	5
6. 銘牌	5
7. 設計及構造	5
7.1 箱體	5
7.2 監控及保護裝置	5
7.3 保護等級	5
8. 地震	5
8.1 概述	5
8.2 地震用語與定義	6
9. 試驗法	8
9.1 例行試驗	8
9.2 型式試驗	8
9.3 特殊試驗	9
9.4 配備非晶質鐵芯的變壓器之特殊規定	10
附錄 A (規定)地震鑑定	11
附錄 B (規定)特定地震	12
附錄 C (規定)地震試驗條件	16
附錄 D (規定)地震試驗程序與方法	18
附錄 E (規定)單軸與多軸試驗	21
附錄 F (參考)溫升電流計算方法	22

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

一般

本標準應用於離岸風力機上之變壓器的額外要求。

離岸風力機使用發電機升壓變壓器將風力機連接至電網。此類變壓器可裝於機艙或塔架內。

本標準涵蓋應用於離岸風力機或離岸風場之變壓器，並超出現行 IEC 60076 系列標準之要求。

此等限制通常為變壓器製造廠商、風力機製造廠商及營運商所未知或無法體認者，因此該類變壓器之可靠性等級會低於傳統應用之變壓器。

應用於離岸風力機之變壓器，並未包含在現行 IEC 60076 系列標準中。

本標準特別涉及到重複高頻暫態過電壓、電氣、環境、熱、負載、安裝及對離岸風力機特定維護條件等之影響。

風力機之現場量測、調查及觀察根據不同安裝種類有某些風險：

- 在 kHz 範圍內之重複高頻暫態過電壓或欠電壓。
- 風力機控制產生之過頻率及低頻率。
- 過電壓值。
- 來自低壓(LV)側之過電壓或欠電壓。
- 由切換所引起之高暫態過電壓位準。
- 變壓器周圍之部分放電。
- 電流及電壓之諧波含量。
- 在周圍環境條件下之過載。
- 快速暫態過載。
- 不符合最低規定之空間距離。
- 安裝條件及連接。
- 冷卻之限制條件。
- 水滴。
- 超過最大可容許值之濕度。
- 鹽分及灰塵汙染及極端氣候條件。

- 振動程度。
- 機械應力。

因此，設計變壓器時需考量該應用上之限制，或明定某些用來保護變壓器之保護裝置。對於此等變壓器有額外或改良之例行試驗、型式試驗或特殊試驗者皆應予以規定，以符合電網限制。

1. 適用範圍

本標準適用於額定功率為 100 kVA 至 10,000 kVA 應用在離岸風力機之乾式及油浸式變壓器；其繞組具有最高電壓 72.5 kV 以下，且至少有一繞組運轉電壓超過 1.1 kV。本標準涵蓋之變壓器符合 IEC 60076 標準規定之相關要求。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 14165:2015	電器外殼保護分類等級(IP 碼)
CNS 14984-1:2016	電力變壓器－第 1 部：通則
CNS 14984-11:2018	電力變壓器－第 11 部：乾式變壓器
CNS 14984-16:2014	電力變壓器－第 16 部：風力機用變壓器
CNS 15176-1:2018	風力機－第 1 部：設計要求
IEC 60068-3-3:1991	Environmental testing – Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments
IEC 60076-2:2011	Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
IEC 60076-3:2000	Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
IEC 60076-5:2006	Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit
IEC 60076-11:2018	Power transformers – Part 11: Dry-type transformers
IEC 60076-13:2006	Power transformers – Part 13: Self-protected liquid-filled transformers
IEC 60721-2-6:1990	Classification of environmental conditions. Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Earthquake vibration and shock
IEEE 693:2005	IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations(Revision of IEEE Std 693:1997)

3. 用語及定義

3.1 離岸風力機(offshore wind turbine)

架設於海上之風力發電機。

3.2 離岸風力機變壓器(offshore wind turbine transformer)

係指風力發電機的升壓變壓器，是將離岸風力機發出電力經由該變壓器升壓後連接至風場的電力匯集網路中。

3.3 塔架(tower)

風力機的支撐結構部分，在塔頂機艙裝設有發電機及其他設備。

3.4 機艙(nacelle)

設在水平軸風力機塔架頂端的外殼，其內含傳動系統驅動串列及其他元件。

4. 使用條件

適用 CNS 14984-16 第 4 節之規定。

5. 電氣特性

適用 CNS 14984-16 第 5 節之規定。

6. 銘牌

參照 CNS 14984-1 及 IEC 60076-11 有關銘牌之規定。

7. 設計及構造

7.1 箱體

變壓器之箱體應為金屬製，且具防腐蝕及抗鹽霧之能力。

7.2 監控及保護裝置

變壓器應裝有監控及保護裝置，進行絕緣油、繞組溫度及壓力等監測與保護。油浸式變壓器應額外裝設釋壓裝置與布氏電驛等保護裝置。

7.3 保護等級

變壓器之箱體及其附件，包含接線端及電纜，至少為 CNS 14165 之 IP 55 保護等級。

8. 地震

8.1 概述

在遭受地震(Seismic)干擾的環境中之變壓器需要特別考慮。

如果地面加速度等級 AG 高於或等於 2 m/s^2 或大約 0.2 g ，則變壓器在設計上需要特別考慮，採購者應通知製造廠商有關安裝區域及地震條件。

地震通常分為兩個震級，一般地震與特定地震。不能認為哪個震級比另一個震級更需要，兩個震級之間的差別在於確定地震環境特徵的有效性及/或準確性。對於用於特定環境的高可靠安全設備，譬如核電站或離岸風機用(含塔柱內)的安全設備，應採用特定震級，而不是一般震級。特定震級說明參照附錄 B。

有關確認變壓器耐震等級的流程圖參照圖 1，鑑定需考慮的事項參照附錄 A。

變壓器應通過試驗法或基於已試驗參考變壓器由計算方法來獲得耐震資格。

本標準規定的特定震級適用於專門考慮地區特徵，支撐結構或建築特徵影響的地震運動的設備，對承受這一震級的設備而言，地震運動由反應頻譜(可由不同阻尼比計算)或時間歷史(time history)確定。

為了評估變壓器抗震能力，應定義一個具有代表性的地板加速度頻譜。

為變壓器抗震評估選擇最合適的地板加速度頻譜應包括：

- 相關地理區域之地面加速度(ground acceleration)定義。
- 根據研究裝置參數特性(土壤類型、支撐框架的質量及彈性、超高(super elevation)及阻尼等)之地面加速度校正。

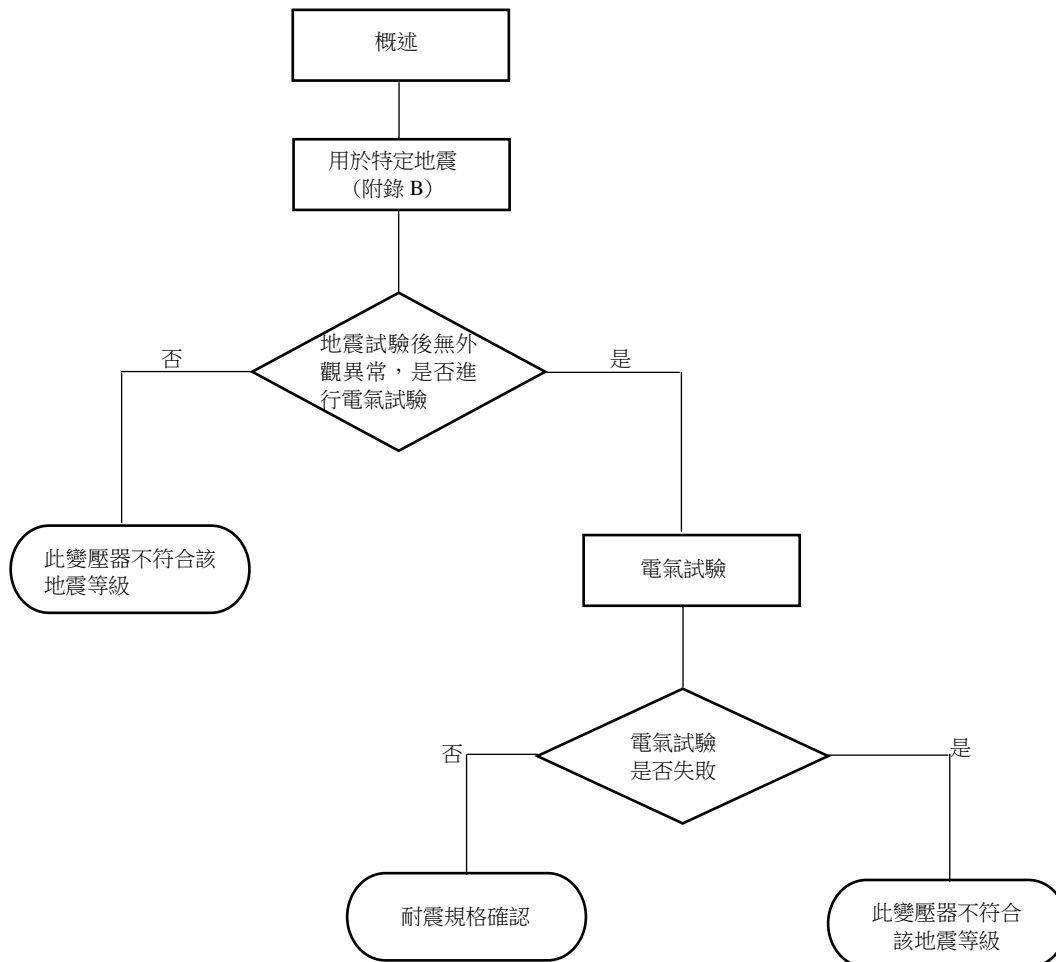


圖1 耐震等級確認流程圖

8.2 地震用語與定義

8.2.1 3 分貝帶通(band pass at 3db)

由大於或等於特性曲線最大值的 $\sqrt{2}/2$ 倍的點所確定的頻率區間(圖 C1)。

8.2.2 基本反應頻譜(basic response spectrum)

由建築物特性及其地板、阻尼比等確定的不變反應頻譜，並可以從特定的地面運動獲得(圖 C1)。地板的基本反應頻譜一般為窄帶型。

8.2.3 寬帶反應頻譜(broad-band response spectrum)

描繪存在許多互相作用的頻率而又必須作為整體對待的的運動的反應頻譜，寬帶一般大於一個倍頻。

8.2.4 臨界頻率(critical frequency)

樣品出現故障及/或性能下降的振動頻率，產生機械共振和(或)其他效應(如震顫)的振動頻率。

8.2.5 阻尼(damping)

阻尼是表徵系統中許多能量耗散推理的一般用語。實際上，阻尼取決於許多參數，諸如結構、振形、應變、作用力、速度、材料與連接滑移等。

8.2.6 臨界阻尼(critical damping)

允許一個有位移的系統無振盪地回到初始位置的最小黏性阻尼。

8.2.7 阻尼比(damping ratio)

在一個黏性阻尼系統中，實際阻尼與臨界阻尼之比。

8.2.8 地板加速度(floor acceleration)

由已知地震的地面運動導致的特定建築物地板(或安裝地板)上的加速度。實際上地板加速度可分解為水平與垂直分量。

8.2.9 地面加速度(ground acceleration)

由已知地震運動產生的地面加速度。實際上地面加速度可分解為水平與垂直分量。

8.2.10 整體共振頻率(overall resonance frequency)

指整個結構增強激勵運動的共振頻率在 1 Hz~35 Hz 的頻率範圍內，整體共振一般對應於第一振動模態。當整體共振頻率在要求反應頻譜強部之內時，考慮整體共振頻率是重要的。

8.2.11 所需反應頻譜(required response spectrum)

用戶規定的反應頻譜。

8.2.12 共振頻率(resonance frequency)

在強制振蕩中，激發頻率的變化造成系統響應降低的頻率。

(Frequency at which, in forced oscillation, a change in the frequency of excitation causes a decrease in the response of the system)

共振頻率取決於被測變量。對於給定的模態、位移、速度及加速度的共振頻率將依次增加，對於通常的阻尼比，此等共振頻率之間的差異並不大。在地震試驗中，通常假定反應傳遞率大於 2 時，共振頻率才有意義。

8.2.13 反應頻譜(response spectrum)

一系列有一定阻尼比的單自由度系統對規定輸入運動的最大反應曲線。

8.2.14 正弦拍頻(sine beat)

由一較低頻率正弦波調變的單頻連續正弦波。一個正弦拍頻的持續時間是其頻率調變(Frequency modulation)的半周期。本標準中把正弦拍頻視為單頻波。

8.2.15 時間歷史強部(strong part of time history)

從時間歷史曲線最初達到 25 %最大值起至最後降低到 25 %最大值為止的時間歷史部分(圖 B3)。

8.2.16 反應頻譜強部(strong part of the response spectrum)

反應頻譜的反應加速度高於所需反應頻譜-3 dB 帶通的部分，參照圖 C1。

反應頻譜強部一般位於 1/3 頻帶內。

8.2.17 超高係數(superelevation factor)

考慮建築及結構傳遞率引起對地板加速度變化的係數。

8.2.18 試驗頻率(test frequency)

由有關規範規定的臨界頻率和預定頻率。

8.2.19 試驗反應頻譜(test response spectrum)

從振動台的實際運動中通過分析得出的或用頻譜分析設備導出的反應頻譜。

8.2.20 時間歷史(time history)

由某一運動產生的加速度、位移或速度等時間變化函數的紀錄。

8.2.21 零週期加速度(zero period acceleration)

反應頻譜加速度的高頻漸近值。

零週期加速度具有實際意義，因為在一個時間歷史中，它代表最大的峰值加速度，這種零週期加速度不可與反應頻譜的峰值加速度相混淆。

9. 試驗法

9.1 例行試驗

製造廠商出貨驗收或廠內生產時所進行之常態性試驗。

9.1.1 繞組電阻之量測

適用 CNS 14984-1 及 IEC 60076-11 之規定。

9.1.2 匝比之量測及相位移之檢查

適用 CNS 14984-1 及 IEC 60076-11 之規定。

9.1.3 短路阻抗及負載損失之量測

適用 CNS 14984-1 及 IEC 60076-11 之規定。

9.1.4 無載損失及無載電流之量測

適用 CNS 14984-1 及 IEC 60076-11 之規定。

9.1.5 商頻電壓試驗

適用 IEC 60076-3 之規定。

9.1.6 感應電壓試驗

適用 IEC 60076-3 之規定。

9.1.7 部分放電試驗

乾式變壓器適用 IEC 60076-3 之規定。油浸式變壓器適用 IEC 60076-13 試驗條件。

9.1.8 溫升試驗

適用 CNS 14984-1、IEC 60076-2、IEC 60076-11 及 CNS 14984-16 之規定。變壓器之設計應考量由於諧波電流所需增加的定額。應以 CNS 14984-16 附錄 A.2 定義之諧波的等效額定功率執行溫升試驗。施加溫升電流計算方法參照附錄 F。

9.2 型式試驗

離岸風力機變壓器使用條件與電氣特性須符合 CNS 14984-16 要求。型式試驗項目

除 CNS 14984-1 所述油浸式變壓器及 CNS 14984-11 所述乾式變壓器之試驗均適用外，72.5 kV 以下之油浸式變壓器應施作部分放電試驗，適用 IEC 60076-13 之試驗條件。

9.3 特殊試驗

9.3.1 一般

特殊試驗由買方於洽詢階段明定特殊試驗施作項目。

9.3.2 截波試驗

適用 CNS 14984-16 之 7.4.2 規定。

9.3.3 電氣共振頻率試驗

適用 CNS 14984-16 之 7.4.3 規定。

9.3.4 氣候試驗

適用 CNS 14984-16 之 7.4.4 規定。

9.3.5 環境試驗 E3

適用 CNS 14984-16 之 7.4.5 規定。

9.3.6 燃燒試驗

適用 CNS 14984-16 之 7.4.6 規定。

9.3.7 地震試驗

地震相關試驗條件、方法與程序參照附錄 C 及附錄 D。

9.3.7.1 試驗的有效性

該試驗確定了第 0 節定義的地震等級變壓器的適用性。

基於相同的機械結構和一些設計規範，對變壓器進行的地震試驗結果的有效性可以擴展到其他變壓器：

- 類似的概念設計(繞組類型(winding type)，外殼等)；
- 相同的機械結構(相同的夾件(clamping)，相同的支撐，繞組支撐，至少相同數量和類型的錨點(anchor point)等)；
- 待擴展變壓器的重量不超過已測變壓器的-30 %/+15 %；
- 所有軸的尺寸的相似比例(+/-10 %)；
- 在零組件之間的連接具有相同的結構強度(例如線圈組件支撐，框架零件之間的連接，端子連接棒等)

如果不符合此等準則，透過製造廠商和採購方之間的協議，可以按照製造廠商的方法或其他標準化方法使用解析法或有限元分析計算來完成延伸。

為了延伸試驗的有效性，應該使用 IEEE 693。

9.3.7.2 驗收準則根據製造廠商和採購商之間的協議，可以另外應用 IEC 60068-3-3 中所示的驗收標準。

應檢查變壓器，並將鐵心及繞組的狀態與試驗前的狀態進行比較，以揭示可能的外觀缺陷，例如引線位置，位移等的變化，儘管成功進行了出廠試驗，可能

會危及變壓器的安全運行。

所有出廠試驗，包括 80 %規定試驗值的絕緣試驗(參照 CNS 14984-16 表 1)，應重複進行。如果規定了雷擊衝擊試驗，則應在此階段進行。

如認為變壓器已通過地震試驗，應滿足下列條件：

- (a) 出廠試驗已成功重複進行，並且雷電衝擊試驗(如果規定)成功執行。
- (b) 檢查沒有發現位移，疊片偏移，繞組變形，連接或支撐結構變形等任何缺陷，因此這意味著可能會危及變壓器的安全運行。
- (c) 絕緣試驗後沒有發現內部放電痕跡。
- (d) 在試驗結束時評估每個相的短路阻抗值(歐姆)與原始值相差不超過 1 %。

根據購買者和製造廠商之間的協議，最多 3 %的差異是可以接受的。

9.4 配備非晶質鐵芯的變壓器之特殊規定

非晶質鐵芯變壓器應使用已知或正在開發的材料製造。

為確保此等變壓器的可靠性，在安裝到供電網絡之前，製造廠商應能透過下列兩個方法其中之一證明其長期可靠性：

- 藉由短路耐受試驗；

或

- 藉由提供類似變壓器的試驗證書(參照 IEC 60076-5 規則)

IEC 60076-5 中關於變壓器之間的相似性以及與短路時的吸收功率，軸向力和繞組應力相關的規則應用於確定試驗的有效性。

試驗程序應符合 CNS 14984-1，IEC 60076-3 和 IEC 60076-5 的規定，特別是要滿足下列要求：

- 所有例行試驗，包括 IEC 60076-11 之 15 規定的 100 %試驗值的絕緣強度試驗，都應重複進行。在此階段應進行雷電衝擊試驗。

除 IEC 60076-5 標準外，短路試驗前後的無負載損耗量測值的偏差不應超過 12 %。該量測應在同一實驗室進行。

附錄 A
(規定)
地震鑑定

A.1 鑑定須考慮的事項

相關規定須考慮 A2、A3 與 A4 中論及的問題及有關的數據資料。

A.2 使用條件

樣品試驗時應盡可能重現實際使用條件，尤其是試驗應力綜合作用而影響設備的工作或完整性的電、機械及熱壓力(thermal pressure)使用條件。試驗中不考慮此等使用條件時，應說明其忽略的理由。

A.3 故障準則

已知或已選定使用條件和使用功能時，相關規範要規定驗收及/或故障準則。

備考：當設備的最終使用條件或受試樣品的使用條件未知時，不能準確確定故障準則，因而在沒有正當理由情況下進行假定，例如，在缺少更合適的資料時，通常假定電路故障持續時間為 5 ms。

A.4 鑑定標準

可採用如下鑑別等級，特定設備允許標明鑑別等級符號。

0 級：地震試驗中或地震試驗後未出現故障的設備。

1 級：地震試驗中出現故障而試驗後恢復其正常狀態的設備。

2 級：地震試驗中出現故障而完成試驗後需要復位或調整但無需更換元件或修理的設備。

附錄 B
(規定)
特定地震

B.1 特定地震

B.1.1 狀態

當如下參數確定且適用時，建議樣品按特定震級所述程序進行試驗。

- 所需的反應頻譜和地震持續時間(適用時)；或
- 所需時間歷史。

對於這種震級，應針對風力機場址條件證明其工程完整性。此項評估可根據 CNS 15176-1:2018 附錄 C 進行。負載分析應考慮地震力與其他重要且時常發生之運轉負載做負載組合。

地震力負載參照 CNS 15176-1:2018 之 11.6 說明，且取決於 CNS 15176-1:2018 附錄 H 所定義之設計反應頻譜之規定。

設計地震反應頻譜應以 475 年回歸期作分析。

此外，場址之土壤狀況對各種負載作用下風力機基礎承載性能影響甚鉅，故須考量 CNS 15176-1:2018 之 11.8 與該規範附錄 I 土壤狀況評估(assessment of soil conditions)的說明。

下面將說明試驗波形：

試驗波形的選擇應考慮樣品處於安裝位置時和在規定地震影響下的預期特徵。無論採用何種波形，量測的試驗反應頻譜應包含所需反應頻譜，全部試驗持續時間至少應等於地震強部的持續時間。對於特定地震，根據標準推薦如下試驗波型，本標準建議採用時間歷史，詳細的試驗法見 IEC 60068-2-57。

根據製造廠商和採購商之間的協議，可以採用其他波形。

- 正弦掃描(sine sweep，主要用於振動反應檢查，參照 IEC 60068-2-6)
- 正弦拍頻(sine beat，參照 IEC 60068-2-59)
- 時間歷史(參照 IEC 60068-2-57)
- 定頻正弦(continuous sine for endurance at fixed frequency，參照 IEC 60068-2-6 固定頻率上的持續時間)

B.1.2 試驗波形的選擇

本節內容應與附錄 C 結合起來解釋。試驗波形的選擇應考慮樣品處於安裝位置時和在規定地震影響下的預期特徵。無論採用哪種波形，量測的試驗反應頻譜應包含所需反應頻譜，總的試驗持續時間至少應等於地震強部的持續時間。

對本標準來說，時間歷史(自然波、綜合波或隨機波)屬於複頻波。當震動譜為寬帶時，試驗波一般應該是複頻波。但若有正當理由(參照 IEC 60068-3-3 單頻波章節)，允許某些例外。

B.2 試驗波形

B.2.1 試驗波形的技術要求

使用的試驗波應該是：

- 產生的試驗反應頻譜大於或等於所需反應頻譜；
- 具有的最大峰值加速度至少等於零週期加速度；
- 理論上不包括大於 35 Hz 的任何頻率，但如果試驗波中存在這樣的頻率，在評價試驗反應頻譜時不應考慮它們。

B.2.2 複頻試驗

應根據 B.2.1 的推薦進行複頻波試驗，尤其應該通過合適的分析進行檢查，以證明試驗反應頻譜包含所需反應頻譜。進行適當分析的推薦值為：阻尼為 2 % ~ 10 % 時至少用 1/6 oct (octave)，阻尼為 2 % 或者更低時則用 1/12 oct。如果阻尼大於或等於 10 %，合適的分析值用 1/3 oct 是足夠的。

B.2.2.1 時間歷史試驗

對樣品施加一時間歷史進行試驗以模擬樣品可能受到的激振，應該證明試驗反應頻譜等於或大於所需反應頻譜，如下圖 B1(a)。

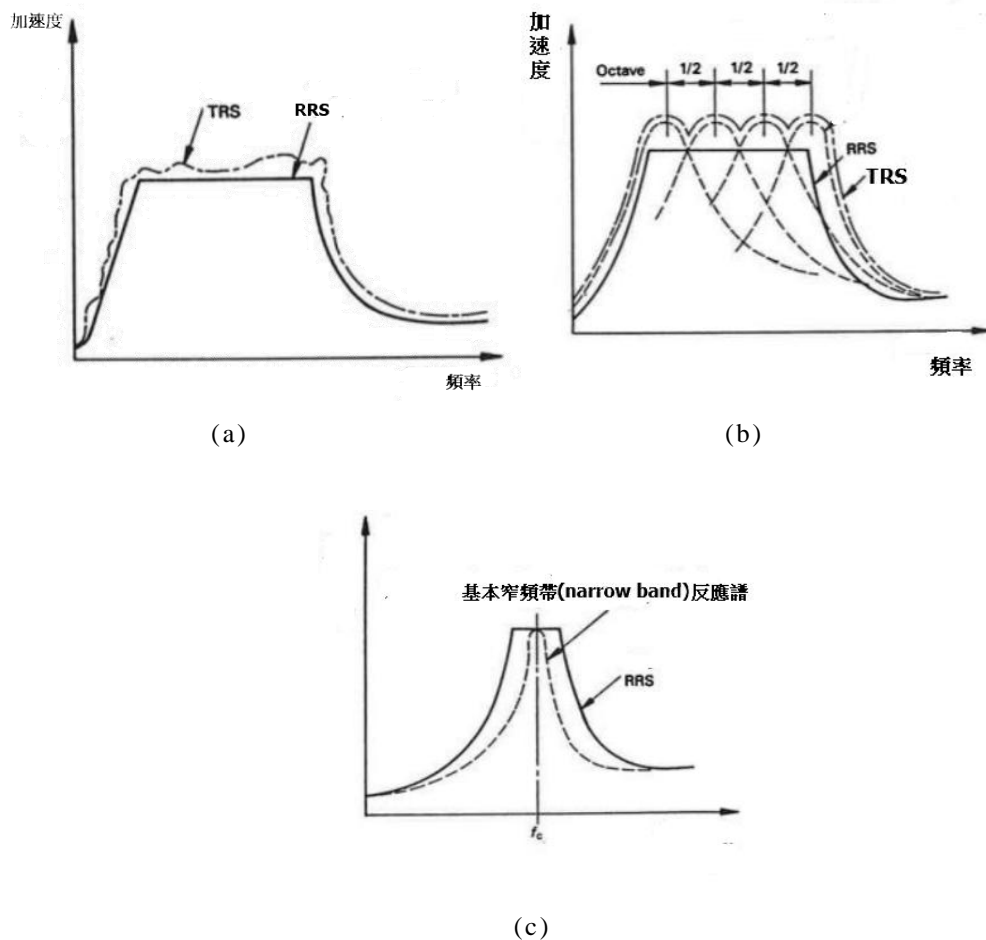
試驗波的持續時間至少應等於地震強部的持續時間，這個值一般在 5 s ~ 10 s 之間。

B.2.3 單頻試驗

以一個頻率和幅值施加單頻波致使試驗反應頻譜大於或等於基本反應頻譜(參照圖 C1)的最大部分，如果試驗反應頻譜不能涵蓋 -3 db 通帶，要說明其理由。

具有相似幅值的基本反應頻譜一般將表現不同的頻率，這取決於土質，建築物高度或設備位置的差別。在這種情況下，施加單頻波的頻率是出現頻譜強部的設備臨界頻率和任何預先規定的頻率。除非說明理由，以不大於 1/2 oct 為一級逐級施加頻率(圖 B1 b))，試驗頻率在 D2.1 所規定的頻率範圍內，這可以預防通常用於正弦掃描進行的振動反應檢查時漏檢某些臨界頻率的可能性。如若適用，試驗應以橫向頻率及樣品的整體共振頻率進行。

考慮試驗波的放大和阻尼比 5 % 時基本反應頻譜的特性曲線，計算施加到振動台的輸入量。該試驗波的最大值至少應該等於所需反應頻譜的零週期加速度。當設備具有低於 2 % 或高於 10 % 阻尼比的頻譜強部的臨界頻率時，輸入量要參考與設備阻尼比相符的基本反應頻譜特性曲線來確定。沿樣品每一軸的所有試驗完成後，要注意樣品機械特性的變化，在這種情況下，應證明通過重複振動反應檢查試驗所記錄到的新的臨界頻率是保持在初始橫向頻率確定的頻率區間內。



TRS：試驗反應頻譜；RRS 所需反應頻譜

圖 B1 典型反應頻譜包絡

B.2.3.1 正弦掃描試驗

在等於或大於設備鑑定的頻率範圍上，以不超過 1 oct/min 的速度，用連續低量級對數頻率掃描循環進行正弦掃描試驗，必須用升高和降低頻率來完成掃描週期。

B.2.3.2 正弦拍頻試驗

調整每拍的頻率以使試驗反應頻譜包含基本反應頻譜的 -3 db 帶通(參照圖 C1)，拍的加速度峰值至少應該等於所需反應頻譜的零週期加速度的峰值(低頻時所需反應頻譜變為低於零週期加速度的情況除外(參照圖 B1 c))。

對給定正弦拍頻加速度峰值，試驗的安全裕度隨頻率增加，對大於或等於基本反應頻譜 -3 db 帶通的試驗反應頻譜，每一正弦拍頻常用 5~10 週期。此等正弦拍頻反應頻譜的包絡應該包含所需反應頻譜。

應該用 D2.1 規定頻率範圍內的試驗頻率和以不大於 1/2 oct 為一級逐級施加一系列五個正弦拍頻(或定頻正弦)，正弦拍頻反應頻譜的包絡應該包含所需反應頻譜。

B.2.3.3 定頻正弦試驗

對於每一試驗頻率，定頻正弦運動施加到樣品時，要使其試驗反應頻譜至少在規定頻率範圍內(基本反應頻譜-3 db 帶通，參照圖 C1)包絡所需反應頻譜，具有量級至少等於所需反應頻譜的零週期加速度。輸入訊號應該有足夠的持續時間，使相當於零週期加速度的最大幅值有五周期(圖 B2)。

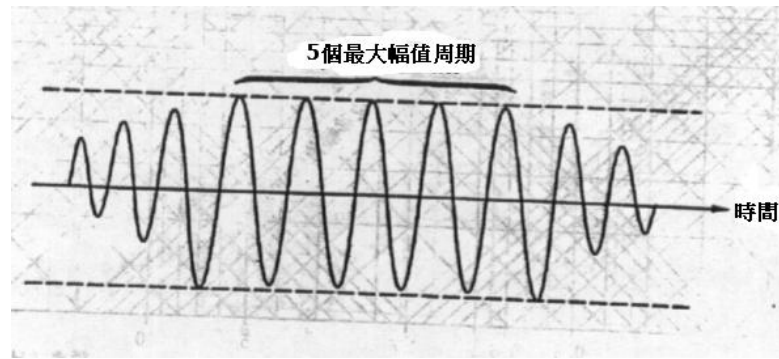


圖 B2 連續正弦波

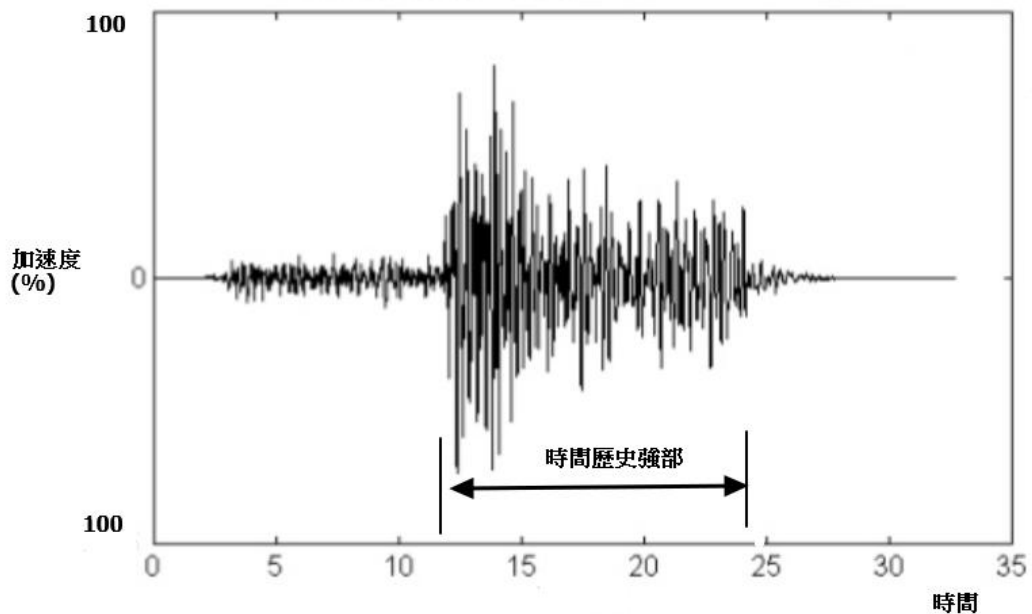


圖 B3 典型的時間歷史

附錄 C

(規定)

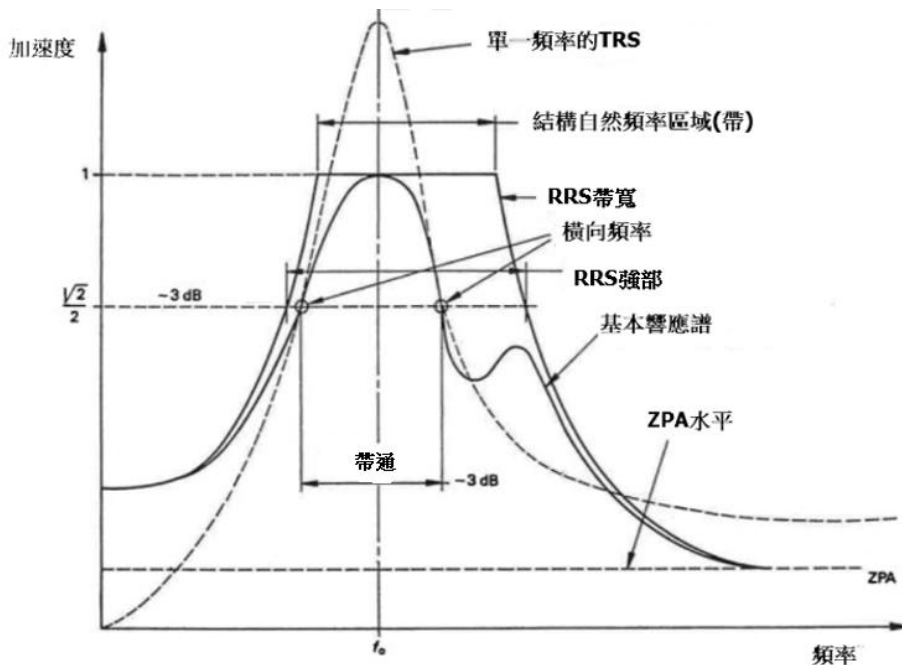
地震試驗條件

C.1 引言

本附錄指出的程序推薦用於設計能經受地震的樣品試驗。通過使樣品以某一安全裕度經受模擬地震運動的振動來進行地震試驗，安全裕度由所需反應頻譜或時間歷史來確定。這種試驗程序的理論基礎不屬於本標準範圍，但能容易地從有關技術文獻中查得。

如 B.1.2 所述，著手確定樣品鑑定試驗時的一個困難問題是選擇合適的試驗波，許多因數應該考慮，譬如樣品的類型、樣品的位置，預期地震的特性。更進一步還需要確定樣品是否為特定應用或通用，本標準為離岸風機用變壓器屬特定應用，故地震運動可能要做嚴密規定，然後根據此等規定條件選擇試驗。

在編寫相關規範時，通常要規定所需反應頻譜，一般是加寬最大增幅面積以包括未知或變化因素的效應，未知或變化因素是指諸如不準確知道建築物結構的自然頻，和設備在建築物內的位置。這加寬最大增幅面積的反應頻譜稱為寬帶所需反應頻譜(下圖 C1)，它由相關規範規定反應頻譜加寬的程度。



TRS-試驗反應頻譜；RRS-所需反應頻譜；ZPA-零週期加速度

圖 C1 寬帶所需反應頻譜

要考慮另一個因素為地震的多向性，樣品試驗要考慮此等效應，例如單軸與多軸試驗，參照 IEC 60068-3-3 或附錄 E。

要考慮分離元件(繼電器、電動機、傳感器等)，或如控制櫃這樣複雜的組件進行試驗時會出現的困難。前一情況中，保證元件經受實際地震試驗，即施加或模擬其工作條件，在試驗期間內檢查它的功能。但是，在第二種情況下，即複雜樣品的情況中，要這樣做是不實際的，因為複雜樣品可由幾個系統部件的許多元件組成，而且包括連接到結構內許多位置上的其他設備的許多元件。

如果不可能試驗處於工作狀態的樣品，可以採用下列替換方法：

- 第一種方法，每一元件分別試驗，模擬它的工作條件，以確定設備性能允許的最大加速度值。然後裝上元件而不工作，或不裝元件而用模擬其動態特性的機件代替，將樣品經受振動試驗，以證明每一元件位置的加速度譜等於或小於專用元件已經鑑定的加速度譜。
- 第二種方法是把相當於所需反應頻譜的輸入振動施加到元件且該元件不工作或其元件具有模擬動態特性的設備。然後量測元件安裝位置的加速度，並將這加速度作為單獨鑑定工作狀態元件的輸入加速度。

安裝不工作元件的目的是保證樣品具有正常運行時一樣的動態特性。例如，只要有可能，控制櫃可當作完整設備處理，而它的元件可以分別單獨試驗。

C.2 振動反應檢查試驗

振動反應檢查試驗提供臨界試驗頻率數據，它也能用來提供阻尼比和做單軸或多軸試驗選擇的數據。

振動反應檢查通常採用單軸正弦激勵試驗，在 1 Hz~35 Hz 頻率範圍內進行一迴圈對數掃描循環(1 Hz~35 Hz~1 Hz 為一循環)，上下掃描速率低到足以顯示臨界頻率，但不超過 1 oct/min。

振動反應檢查試驗過程中施加的振動幅值不應大到產生與試驗本身效應可相比擬的程度，但試驗振幅應大到足以考慮取決於振幅的臨界頻率與阻尼的非線性。

備考：通常 2 m/s^2 的振動幅值，在劇烈共振的情況下，此值可降至 1 m/s^2 或更低些。應注意到由於實際情況的複雜性，或接觸關鍵部件(如密封繼電器等)的限制，此等振動反應檢查試驗不能檢測出所有臨界頻率。也由於非線性，高量級共振反應的頻率和阻尼可不同於低共振反應的頻率和阻尼，某些共振低激勵時可能不明顯。因此，低量級檢查試驗的結果不可能總是提供關於樣品動態特性的完整數據資料。為此，若未發現臨界頻率，試驗應根據 D.3.1 推薦的進行。

附錄 D

(規定)

地震試驗程序與方法

D.1 試驗程序

地震試驗確定了第0節定義的地震等級變壓器的適用性。

D.1.1 安裝

應按照 IEC 60068-2-47 中的規定安裝樣品。

備考：通常對於帶隔震器使用的樣品，更詳細指引詳見 IEC 60068-2-6 附錄 A5。安裝樣品時應考慮接線、電纜、管道等的影響，地震試驗也應包括樣品正常的使用安裝結構，除非說明正當理由。

應規定樣品試驗時的方位與安裝，這是樣品合格鑑定的唯一條件，除非有正當理由按免試條件鑑定(例如，如果能證明重力不影響樣品的工作性能)。

D.1.2 量測

應根據 IEC 60068-2-6、IEC 60068-2-57、IEC 60068-2-59 的規定進行量測。

D.1.3 振動台上的振動量測

應在振動台上進行振動量測，以保證在需要量測的位置上施加正確的振動等級。應規定持久紀錄的參數(位移、速度、加速度)使用的設備和每個傳感器的功能(基準、量測)。

D.1.4 在樣品上進行振動量測

除振動台量測外，可在樣品上進行振動量測，以進一步提供試驗中的樣品性能資料，此等量測不屬振動試驗的要求部份。

D.2 在樣品上進行功能監測

對於需要進行功能評價的樣品，應監視其在試驗前、試驗中與試驗後的性能。設備的相關規範應規定需持久紀錄的性能。

D.2.1 頻率範圍

地震時的主頻率一般在 1 Hz~35 Hz，這一頻率範圍足以確定樣品的臨界頻率(critical frequency)並進行試驗。在某些情況下，根據存在的臨界頻率，1 Hz~35 Hz 的頻率範圍可擴大或縮小，但應說明其正當理由。

D.3 試驗法

D.3.1 無臨界頻率的樣品試驗法

在 C.2 中已指出，即使在振動反應檢查試驗中沒有檢查出臨界頻率，也不保證在高量級激勵時就不出現臨界頻率。這可能是由於下列原因引起的：

- 結構的非線性(特別是超過一定的量級發生衝擊時)；
- 試驗時，在關鍵的位置上沒有量測，例如，未勵磁的繼電器中的電接觸點的振動，用簡單的方法量測是不可能的。而當振動量級到達某個域值時，這些接觸點易產生微開或著微關從而損壞樣品的正常工作；

- 激勵量級太弱，只能容許發生某些臨界頻率；

完成 C.2 指出的振動反應檢查並在 35 Hz 以下未發現臨界頻率之後，樣品應該據單軸和多軸試驗(見 IEC 60068-3-3)，和下述任選一項進行試驗。

- 用所需零週期加速度量級，以 1 oct/min~2 oct/min 進行對數掃描循環(1 Hz ~ 35 Hz~1 Hz 為一循環)；
- 應以 D.2.1 規定的頻率範圍內的試驗頻率和以不大於 1/2 oct 為一級逐級施加一列五個正弦拍頻振盪(或定頻正弦)。
- 其他波形(例如時間歷史)產生的試驗反應頻譜。

D.3.2 有臨界頻率的樣品試驗法

發現有臨界頻率的樣品，應按附錄 B 和附錄 E 進行試驗。

D.4 阻尼的選擇

通常所需反應頻譜按不同阻尼比規定。雖然大多數樣品具有多個振動模態和不相同的阻尼比，但是，一般應選擇具有某一阻尼值的單一曲線，該阻尼值代表檢查樣品的主要項目。一般來說，對於接近大多數材料的降伏應力點，具有 5 % 阻尼值的所需反應頻譜被認為是合適的。

應檢測相應的試驗反應頻譜是否超過所需反應頻譜，如有必要，可以參考具有阻尼值與樣品量測阻尼值一致的所需反應頻譜，或參考下表 D1 中的選擇值。

表1 典型的阻尼比(臨界百分比)

項目	應力		
	1/4 降伏點	1/2 降伏點	降伏點
焊接鋼結構	0.5~1	2	4
螺栓連接鋼結構	0.5~1	4	7
鋼筋混凝土結構	0.5~1	4	7
箱和板	0.5~1	2	5
組件	0.5~1	2	7
大型設備和直徑大於 300 mm 的鋼管	0.5~1	2	3
直徑小於或等於 300 mm 的鋼管	0.5~1	1	2

所需反應頻譜曲線參考阻尼為：

若樣品阻尼小於或等於 2 %，採用 2 %；

若樣品阻尼介於 2 %~10 %，採用 5 %；

若樣品阻尼大於或等於 10 %，採用 10 %。

D.5 特殊應用試驗

這類試驗的目的，是用來驗證有特殊用途的樣品在規定的位置上能否經得起所規定的地震震級。與核電站設備有關的安全試驗中，這類試驗叫做“地震鑑定”。

D.6 組件試驗

本試驗通常是模擬最危險的使用條件來對大型且複雜的組件進行試驗。但是，要同時模擬全部使用條件不總是可能。例如，控制板上包括屬於不同線路的元件就屬於這種狀況。在這種情況下，在組件試驗期間，用真實的或模擬的元件裝配，進行不運轉的試驗是可以接受的。

本試驗可用直接量測，或用傳遞函數的方法測定每一元件安裝點的振動反應，對於每個模擬元件，這種反應應低於已被鑑定單獨元件的振動反應。

在組件試驗中，可使用附錄 B 中的試驗波形或其他任何合適的波形。試驗後，應檢測組件並且檢查全部元件(比如電纜線路)的牢固性。

D.7 元件試驗

每一個元件應經受模擬其使用條件的試驗，除元件安裝點的反應如 D.6 所述的那樣，在組件試驗中重現外，在確保要求的安裝動態模擬條件下，亦把元件安裝在振動台上。元件可使用附錄 B 和附錄 C 中的試驗波形或其他任何合適的波形進行試驗。

附錄 E
(規定)
單軸與多軸試驗

由地震引起的地面運動可同時在各個方向上發生，並且是隨機的。但是，在這種情況下不排除單軸或雙軸試驗。更詳細的說明請參閱 IEC 60068-3-3。

E.1 單軸試驗

在下述兩種情況下，對試驗樣品的三個優選試驗軸逐次進行單軸試驗是正確的：

- 由於安裝條件的原因，試驗樣品僅受到單軸激勵時，或
- 在樣品成對使用的三個優選軸之間只有很小或沒有耦合時。

例如，如果元件正常安裝在單向有放大運動的設備中，或者如果元件的結構及/或安裝限制它朝一個方向運動，則單軸試驗可以滿足。如果試驗不在所有三個軸上進行，應該說明理由。

E.2 雙軸試驗

當樣品兩個優選試驗軸之間存在顯著耦合時，雙軸試驗是必須的。試驗類型的選擇取決於耦合面。

E.3 三軸試驗

當樣品所有的三個優選試驗軸之間同時存在顯著耦合時，需要做三軸試驗。

附錄 F

(參考)

溫升電流計算方法

F.1 雜散損失及渦流損失區分

參照 IEC 61378-1 及 IEC 61378-3，依雙頻率法量測，首先以 60 Hz (f_1) 電源量測之負載損失為 P_1 ，另一組以 180 Hz (f_3) 以上電源量測之負載損失為 P_3 ，並依以下公式求出雜散損失(P_{SE})及渦流損失(P_{WE})。

$$P_1 = I^2 R + P_{WE} + P_{SE} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$P_3 = I^2 R + P_{WE} \left(\frac{f_3}{f_1}\right)^2 + P_{SE} \left(\frac{f_3}{f_1}\right)^{0.8} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中， $I^2 R$ ：額定電流下之電阻損失

F.2 變壓器溫升電流計算範例

變壓器規格：3Φ 60 Hz 25.8 kV/1,200 V Dyn1 1,250 kVA

導體材質：銅-銅

一次側電流(I_1)=27.97 A

二次側電流(I_2)=601.4 A

無負載損失=1,500 W

表2 變壓器之繞組電阻及損失

繞組電阻試驗 @28 °C						負載試驗 @28 °C	
一次側 [Ω]			二次側 [mΩ]			@ 60 Hz	@ 180 Hz
1U-1V	1V-1W	1W-1U	2U-2V	2V-2W	2W-2U	損失 [W]	損失 [W]
3.027	3.026	3.025	5.136	5.135	5.134	7,750	11,000

F.2.1 基本波電流下之損失計算

一次側平均繞組電阻=3.026 Ω

二次側平均繞組電阻=5.135 mΩ

在 28 °C 之繞組電阻損失=1.5×(27.97²×3.026+601.4²×0.005135)=633681W

依公式 A.1 及 A.2 計算雜散損失及渦流損失

在 28 °C 之雜散損失(PSE)=1,221.24 W

在 28 °C 之渦流損失(PWE)=191.28 W

油浸式變壓器

$$\text{在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之繞組電阻損失} = 633681 \times \left(\frac{235+75}{235+28}\right) = 7469.24\text{ W}$$

$$\text{在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之雜散損失 (P}_{SE}) = 1221.24 \times \left(\frac{235+28}{235+75}\right) = 1036.09\text{ W}$$

$$\text{在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之渦流損失 (P}_{WE}) = 191.28 \times \left(\frac{235+28}{235+75}\right) = 162.28\text{ W}$$

$$\text{在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之負載損失} = 7469.24 + 1036.09 + 162.28 = 8667.61\text{ W}$$

乾式變壓器(F級為例)

$$\text{在 } 120\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之繞組電阻損失} = 633681 \times \left(\frac{235+120}{235+28}\right) = 8553.49\text{ W}$$

$$\text{在 } 120\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之雜散損失 (P}_{SE}) = 1221.24 \times \left(\frac{235+28}{235+120}\right) = 904.75\text{ W}$$

$$\text{在 } 120\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之渦流損失 (P}_{WE}) = 191.28 \times \left(\frac{235+28}{235+120}\right) = 141.71\text{ W}$$

$$\text{在 } 120\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之負載損失} = 8553.49 + 904.75 + 141.71 = 9599.95\text{ W}$$

F.2.2 載有非正弦波電流下之損失計算

表3 諧波含量對變壓器之影響(範例)

諧波階次	含量(%)	I_h/I_1	繞組電阻損失 增強係數	渦流損失 增強係數	雜散損失 增強係數
1	100	1	1	1	1
5	28.2	0.282	0.079524	1.9881	0.288187
7	10.3	0.103	0.010609	0.519841	0.050321
11	8.6	0.086	0.007396	0.894916	0.050363
13	3.7	0.037	0.001369	0.231361	0.010655
17	2.1	0.021	0.000441	0.127449	0.004254
19	1.5	0.015	0.000225	0.081225	0.002372
23	1.2	0.012	0.000144	0.076176	0.001769
25	0.5	0.005	0.000025	0.015625	0.000328
Σ	—	—	1.099733	4.934693	1.40825

油浸式變壓器

$$\text{載有非正弦波電流在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之繞組電阻損失} = 7,469.24 \times 1.0997 = 8213.92\text{ W}$$

$$\text{載有非正弦波電流在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之雜散損失 (P}_{SE}) = 1,036.09 \times 1.408 = 1,458.81\text{ W}$$

$$\text{載有非正弦波電流在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之渦流損失 (P}_{WE}) = 162.28 \times 4.935 = 800.85\text{ W}$$

$$\text{載有非正弦波電流在 } 75\text{ }^{\circ}\text{C}\text{之負載損失} = 8,213.92 + 1,458.81 + 800.85 = 10,473.58\text{ W}$$

乾式變壓器(F級為例)

載有非正弦波電流在 120 °C之繞組電阻損失=8,553.49×1.0997=9,406.27 W

載有非正弦波電流在 120 °C之雜散損失(P_{SE})=904.75×1.408=1,273.89 W

載有非正弦波電流在 120 °C之渦流損失(P_{WE})=141.71×4.935=699.34 W

載有非正弦波電流在 120 °C之負載損失=9,406.27+1,273.89+699.34=11,379.50 W

F.2.3 載有非正弦波電流下之溫升電流計算

油浸式變壓器

$$\text{第一階段總損失溫升電流} = \sqrt{\frac{1500+1047358}{8667.61}} \times 27.97 = 32.87 \text{ A}$$

$$\text{第二階段負載損失溫升電流} = \sqrt{\frac{1047358}{8667.61}} \times 27.97 = 30.75 \text{ A}$$

乾式變壓器

$$\text{負載損失溫升電流} = \sqrt{\frac{1137950}{9599.95}} \times 27.97 = 30.45 \text{ A}$$

CNS 草-制 1110194 「電力變壓器：離岸風機用變壓器」標準草案審查
意見彙編

第1頁

審查委員單位	節次	審查意見
右列委員及單位均無意見		財團法人船舶暨海洋產業研發中心、台灣電力股份有限公司綜合研究所、士林電機廠股份有限公司、經濟部工業局、中鋼機械股份有限公司、行政院原子能委員會核能研究所、台灣電力股份有限公司再生能源處
臺灣御風能源股份有限公司	3.2	<u>係指</u> 風力發電機的升壓變壓器， <u>是將</u> 離岸風力機 <u>發出電力經由該變壓器升壓後</u> 連接至風場的電力匯集網路中。
	8.1 圖 1	變壓器耐震等級的流程圖與文字內容重疊
	9.1.2	電壓 <u>匝</u> 比之量測及相位移之檢查
	9.3.7.2	(1)應檢查變壓器，並將 核鐵 心和繞組的狀態與試驗前的狀態進行比較，以揭示可能--- (2) ---如果規定了雷 電擊 衝擊試驗，則應在此階段進行。

意見彙編截止日：111 年 12 月 05 日

性別友善創雙贏



良好雇傭關係 生產力提升
凝聚工作向心力 留住優質員工
求職者首選之企業

性別友善企業 5 大優點

性別平權、同工同酬、機會均等

友善措施可以這樣做.....

杜絕性騷擾，消除職場霸凌

彈性調整工時

提供多模式班別

育嬰留職停薪保證回職復薪

育嬰留職停薪期滿復職協助及關懷小組

課後接送安親服務

自辦幼兒園或特約托育機構

積極錄取已婚二度就業婦女

硬體設施貼心設計

夜歸女性員工交通車接送



性別工作平等法相關假別

