

小容量 Unit Type 變壓器 設置方案과 적절한 保護方式 調査

● 技術報告

田 永 國*

— 차례 —

1. 序 論
2. 地下의 小容量 變壓器 施設의 設備 要件
3. 地下室 및 Unit 各 部分의 構造
4. 設置 方法
5. 維持保守 方法
6. 變壓器 損失과 溫度上昇 關係
7. 적절한 變壓器 容量 및 電壓選定
8. 結 論

1. 序 論

電力需要의 增加現狀과 都市의 人口集中으로 인한 住宅의 密集化, 建物의 高層化, 電化家庭의 增加等の 趨勢로 보아 머지않은 將來에는 現在와 같은 小容量 變壓器에 依한 配電方式으로는 이들 需要를 堪當하기가 어렵게 될 것이 豫想된다. 또한 都心地 住宅 密集地域 및 商街地帶는 道路의 狹小, 通行人의 過密, 建柱의 不可能 등으로 大容量 變電所의 建設은 容易한 일이 아니며, 都市의 美化, 大地의 効用價値의 増大를 圖謀하고 將次 需要增加에 圓滑한 電力供給을 期하기 爲하여는 二次 Network系統의 小容量 Unit Type 變壓器를 地下等 適當한 場所에 設置하는 方案을 講究하여 實現해야 될 것이다.

여기서는 外國의 文獻과 外國에 依賴하여 蒐集한 各種 資料를 基礎로 하여 그 設置 方案을 調査 研究하였음.

2. 地下의 小容量 變壓器 施設의 設備 要件

住宅 密集地域 및 商街地帶에서 將次的 系統 擴張을 考慮할 때 狹小하고 通行이 複雜한 거리에는 地下 配電設備가 必要不可缺한 方法이다.

變壓器用 地下室(Vault)를 設置하기 爲하여는 다음 條件을 滿足하도록 해야한다.

가. 地中の gas, 水道管 또는 地面의 通行을 可能한 限 妨害되지 않도록 縮小화된 地下室을 設置한다.

나. 모든 構成要素는 높은 信賴도를 갖고 部品의 調査와 交替가 자주 發生하면 안된다.

다. Unit設置와 Cable連結은 制限된 地域에서 短時間 內에 容易하게 이루어져야 한다.

라. 거의 密閉된 地下室로 因한 部品의 溫度上昇은 適當한 範圍 以內에서 維持되어야 한다.

마. 系統의 維持保守面에서 簡略性이 있어야 한다.

바. 設置 및 維持保守의 全費用이 經濟的이어야 한다.

3. 地下室 및 Unit 各部分의 構造

全體의인 Vault內의 配置 例는 그림 1과 같다.

가. 地下室 및 變壓器

地下室의 設計原則으로서 變壓器 周圍의 步行空間을 設하고 耐浸水, 방진, 방열의 構造로서 必要한 모든 調査와 維持保守는 變壓器 上部 또는 地面上에서 할 수 있도록 방열, 通風에 알맞는 창살투경(grating)設備가 있어야 한다. 또한 溫度指示計, Pressure gauge, oil-level indicator와 Tap changer Handle等과 같은 모든 部屬計器 및 部品은 變壓器 Tank Cover上에 設置되도록 設計한다. 또한 變壓器 本體는 좁은 配置에 알맞도록 좁은 양쪽에 板狀의 Radiator를 設置한다.

나. 一次 Switch 및 Connector

勵磁電流를 遮斷할 수 있는 一次 D.S.는 그림 1과 같이 變壓器 側面 中央에 設置한다. 이것은 Cable을 어떤 方向에서라도 굴곡없이 引込할 수 있고 地下室의 幅을 縮小시킬 수 있다.

變壓器 Unit의 全體의인 幅을 縮小하기 爲하여 Switch는 絕緣體의 箱子에 內藏하고 이 箱子에는 一次 Cable端子도 組合하여 그림 1과 같이 變壓器 tank에 附着한다. 一次 Switch의 操作은 地下室 바닥에서 하지 않고 變壓器 Tank cover上에서 한다.

* 正會員: 韓電計統計課課長代理

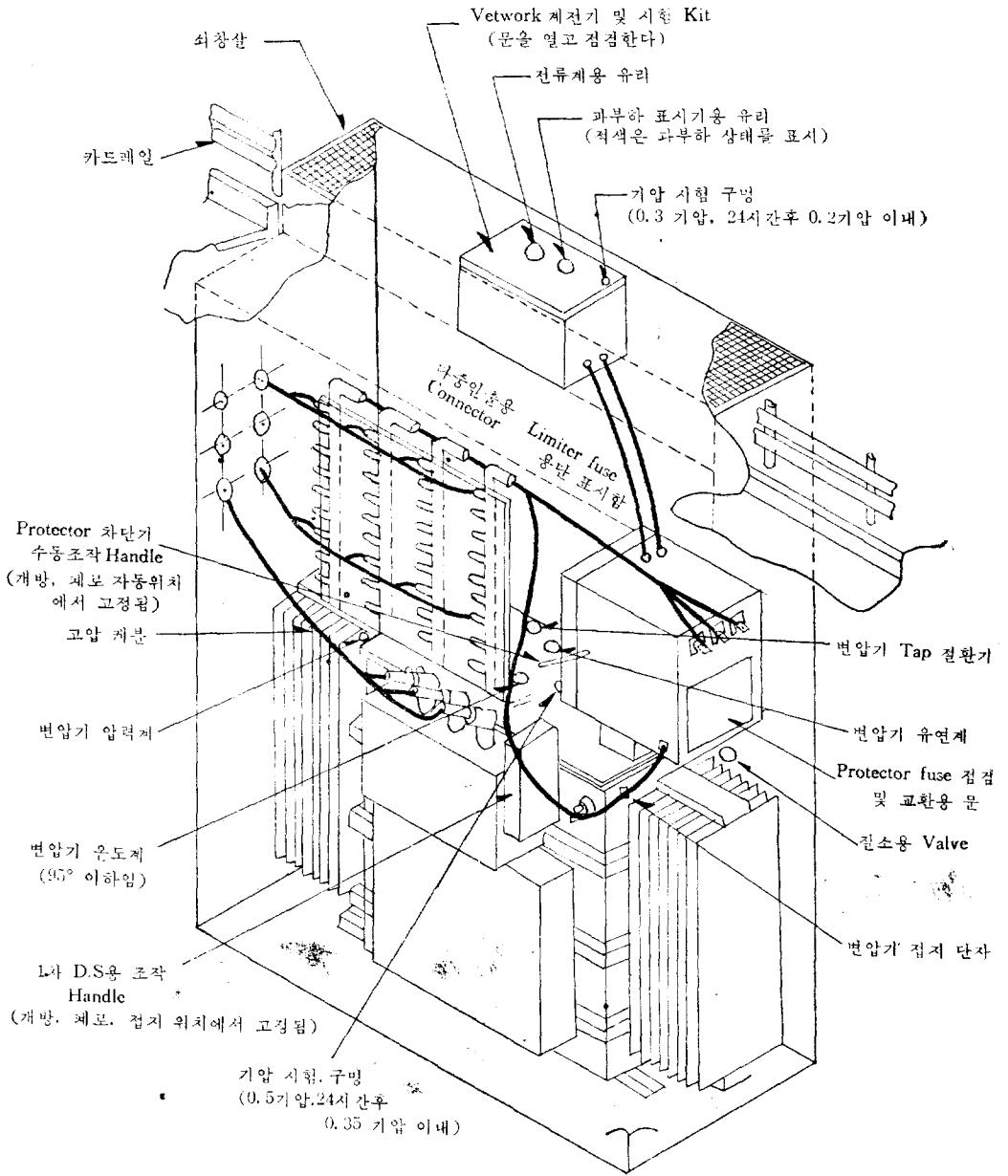


그림 1. 지하실 및 Unit 변압기 기기 배치도
 Fig 1. Arrangement of Network Unit Inside the compact vault

제한된 空間에서 複雑한 일을 하지 않아도 되도록 400mm² (800MCM) 程度の Cable까지 連結할 수 있도록 一次 Switch에 一次 Cable 端末用 Elbow 端子를 設置한다.

Elbow 端子는 Prefabricated stress cone oilless 형의 Elbow Type Pothead로서 引込 Cable을 一直線 또는 굴곡 空間이 必要없도록 Switch의 左右 方向으로 設置 可能하도록 한다.

Switch의 構造를 縮小하기 위하여 一次 Cable Connector의 낮은 끝 部分을 Switch의 固定接點으로 使用하고 回轉 Blade가 開放, 閉路 및 接地位置에 따라서 回轉하도록 設計한다.

다. 二次 多重引出 Connector

負荷停電을 最小한으로 하고 모든 limiter fuse의 交換과 變壓器 Unit의 保守와 交替를 容易하게 하도록 Service Cable과 二次 Main用 多重 Connection Joi-

nts를 地下室 한쪽 壁面에 平坦하게 設置한다. Stud에 의 連結는 load break elbow 端子로서 한다.

이 構造는 operator가 負荷電流를 通電하고 있는 fuse 를 빼더라도 安全하게 負荷電流를 遮斷하고 故障난 Unit를 分離하기 爲한 停電期間을 最小로 하는 利點이 있다.

라. 保護裝置

保護裝置로서는 Network Relay, 過負荷 表示器, 電流計 등을 1 set로 하여 步道面 바로 밑에 設置하고, 周期的인 調査 또는 保守를 要하는 것은 Operator가 地下室 속으로 들어가지 않아도 할 수 있도록 變壓器 Tank上에 設置한다.

이 目的으로 箱子는 過負荷 表示器 등을 볼 수 있는 유리가 있고 위에서 열 수 있는 문이 있어야 한다.

(1) Network Protector用 遮斷器

負荷電流를 通電할 수 있고 故障 電流에 견딜 수 있는 定格을 갖어야 한다. 動作回數 表示器와 開放 또는 閉路의 接點位置를 나타내는 表示器가 前面 門의 유리창을 통하여 볼 수 있고 步道上面에서 操作 可能해야 한다.

C.T.D.가 定格 Network 電壓의 7.5% 程度의 낮은 電壓에서도 Tripping energy를 保證해야 한다.

(2) Network Relay.

Network 系統의 必要한 機能을 遂行하도록 Transistorized Static Relay로서 信賴度를 增加하고 取扱과 設置가 容易하고 調査期間을 길게 하도록 設計한다.

① Tripping 動作

各相의 Network側 相電壓과 電流가 位相比較 回路에 加해지고 潮流方向을 判斷하여 만약 逆方向이면 Tripping 接點을 閉路한다.

② 再閉路 動作

遮斷器가 열릴 때 Protector 遮斷器 接點의 兩側 電壓이 어느 變壓器의 二次 電壓이 더 큰가를 判斷하기 爲하여 再閉路 Unit와 logic 回路에 加해진다.

위에서 말한 電壓差와 位相 關係의 兩條件을 滿足하면 再閉路가 可能하다. 再閉路 整定 電壓은 Network 電壓과 同相인 때 1 Volt가 된다.

이것은 Network側의 無負荷 條件下에서도 再閉路를 保證한다.

이 Relay는 過負荷 檢出要素, 時間 遲延要素와 過敏한 誤動作 防止 回路 등으로 構成된다.

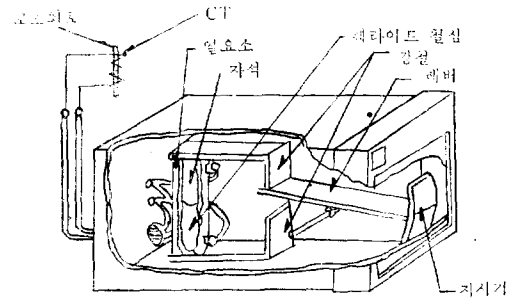
모든 構成要素를 한 Case에 設置하고 Operator가 地下室 속으로 들어가지 않고 携帶用 試驗器具를 連結하여 容易하게 試驗할 수 있는 試驗用 Jack을 設置한다.

(3) 過負荷 表示品

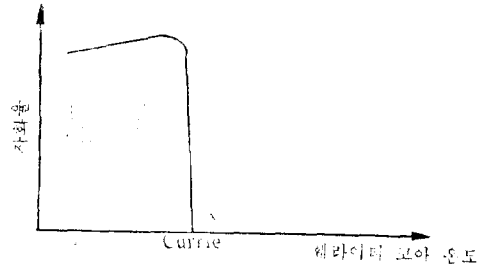
初期의 保護裝置로서는 變壓器 Tank에 設置한 Thermal Relay로 勵磁되는 過負荷 表示燈이 있었으나 이것은 周期的으로 Operator가 Check해야 하고 Lamp 수명에 限度가 있고 Thermal Relay가 變壓器 Tank에 設置되기 때문에 保守面에서 볼 때 信賴性이 없었다.

過負荷 表示器의 信賴度를 向上하기 爲하여 Currie點을 가진 Ferrite core를 利用한 새로운 것이 設計되었다.

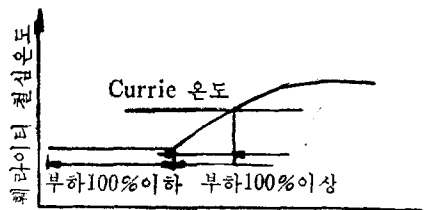
Ferrite core는 그림 2와 같이 磁化率에 鋭敏한 溫度特性이 있다. 卽 磁化特性이 Currie點을 超過하는 溫度에서 最短時間內에 갑자기 없어진다.



(a) 과부하 표시기의 구조 (Construction of overload indicator)



(b) 웨이퍼드 철심 특성곡선 (Characteristics of ferrite core)



(c) 동작특성 (Operating characteristics)

그림 2. 과부하 표시기의 구조와 특성

Fig 2. Construction and characteristics of the overload indicator

表示器의 主要 構造는 그림 2와 같다. Unit의 負荷狀態는 CT로서 檢出되고 CT 二次에 連結된 抵抗에

依한 熱放散으로 變化된다.

正常的인 負荷條件에서는 Ferrite core 周圍의 溫度가 Currie點 以下로 維持되기 때문에 이 點 以下에서 永久磁石의 性能을 가진 Core는 磁化回路를 形成하여 表示器의 lever를 正常位置로 維持한다.

過負荷 條件下에서는 抵抗 때문에 熱을 받은 Ferrite core의 磁化特性은 Currie點을 超過한 結果 없어지고 磁化回路는 開放된다. 따라서 lever는 重力으로 因하여 내려가고 過負荷를 表示한다.

表示器는 定格容量의 100%, 125%, 150%에 該當하는 指示를 갖고, Currie點은 周圍溫度의 變化에 影響을 받지 않도록 보다 높게 選定한다. 普通 瞬間的인 過負荷의 影響을 받지 않도록 15分 程度 遲延動作을 시킨다. 表示器는 複雜한 많은 接點이 없으므로 保守하지 않고 몇년 동안 使用이 可能하다.

特性曲線은 그림 2와 같다.

4. 設置 方法

縮小된 地下室 內部에서 各 Unit의 設置方案은 다음 두가지 方法으로서 可能하다.

하나는 地下室 內部에 아직 引込하지 않은 Cable을 連結하는 것이고, 또 하나는 機器 設置前에 地下室 內部에 引込된 Cable을 連結하는 것이다.

첫번째 것은 다음 順으로 한다.

가. 上部의 이미 만들어진 Concrete Beam의 除去
나. 地下室 內部에 組合된 一次 Switch, 變壓器 Unit와 保護裝置의 設置

다. 側面壁에 多重引出 Connector의 設置

라. 모든 一, 二次 Cable의 引込

마. 모든 一, 二次 Cable의 連結

두번째 方法은 Cable이 引込된 後에 變壓器 Unit等 其他 機器를 地下室 內部에 設置하는 것이다.

그러나 두번째 方法이 보다 効果的인 일 것이다.

5. 維持保守 方法

地下室 內에서의 維持保守 方法은 다음과 같다.

가. 一次 Switch에 對하여 : Handle의 操作과 接點位置에서 一次 Cable의 Dielectric 試驗

나. 變壓器 Unit에 對하여 : Tap Changer의 操作, guage의 Reading, 絶緣油의 Sample 試驗

다. 保護裝置 部分에 對하여 : 上部門의 開放狀態, 過負荷 表示器의 動作狀態 點檢

라. 多重引出 Connector에 對하여 : limiter fuse의 交換

마. 倉庫의 操作等

6. 變壓器 損失과 溫度上昇 關係

東京電力에서 地下室에 設置한 變壓器에 對한 實驗式을 아래와 같이 求했다.

가. 周圍溫度

輻射防止를 한 油中 外氣溫度(oil pot중에 溫度計 또는 熱電帶를 넣어서 測定한 油溫度)를 基準한다(2~2.5 時間前의 大氣 溫度를 使用해도 實用上 支障없음).

나. 變壓器 損失과 溫度上昇 關係

實驗式에 依하여 求한 變壓器 最高溫度上昇($\Delta\theta_i$; $^{\circ}\text{C}$) 實驗式을 다음과 같이 表示한다. 變壓器는 750KVA ($\Delta-Y$)로 하고 實驗한 地下室의 開口變은 25%로 한다.

	變壓器單體 ($^{\circ}\text{C}$)	(變壓器 + protector) ($^{\circ}\text{C}$)
氣中에 對하여	$\Delta\theta_{i,a} = 8.44(\text{KW})^{0.687}$	—
地下室內 (開口度 25%)	—	$\Delta\theta_{i,v} = 11.7(\text{KW})^{0.69}$

다. 地下室 內의 開口度를 參酌한 最高 油溫上昇式 Model 試驗에 依하여 다음 關係가 있다.

$$\Delta\theta_{i,v} \propto \delta^{-0.1} \sim -0.12$$

δ : 開口度(%) (開口面積/全面積 $\times 100$)

이것에서 다음 式이 誘導된다.

$$-\Delta\theta_{i,v} = 14.8(\text{KW})^{0.67} \times \delta^{-0.1} (^{\circ}\text{C})$$

라. 地下室 內에서의 變壓器 最高 油溫度 上昇式의 比較

氣中에서 測定한 變壓器 自體의 最高 油溫 上昇과 地下室에 設置한 (Protector 取付, 通電狀態) 境遇의 比較는 다음과 같다.

(1) 開口度 25%의 境遇

$$\frac{11.7(\text{KW})^{0.68}}{8.44(\text{KW})^{0.687}} \approx 1.39$$

따라서

$$\Delta\theta_{i,v} \approx 1.39\Delta\theta_{i,a}$$

(2) 地下室의 開口度를 參酌한 境遇

$$\frac{14.8(\text{KW})^{0.67} \times \delta^{-0.1}}{8.44(\text{KW})^{0.687}} \approx 1.75(\text{KW})^{-0.017} \times \delta^{-0.1}$$

$$\approx 1.7\delta^{-0.1}$$

따라서 地下室의 開口度를 參酌한 境遇에는

$$\Delta\theta_{i,v} = 1.7\delta^{-0.1} \times \Delta\theta_{i,a}$$

7. 적절한 變壓器 容量 및 電壓選定

가. 變壓器 容量은 負荷狀態를 勘案하여 地下室의 規模 等을 參酌하여 結定하고, 大體的으로 外國의 例를 보아 最大 2,500KVA 以下 程度로 한다.

나. 電壓 結定은 다음과 같다.

一 次 電 壓	二 次 電 壓
6.6KV(3.3KV)	105-210V
11.4KV-Y 및 22.9KV-Y	105-210V 또는 220-380V Y

將次の 系統擴張 및 負荷 增加 等を 考慮하여 一次 電壓은 11.4KV 및 22.9KV로 하고, 二次 電壓은 昇壓 進行中인 220-380V-Y로 한다.

다. 變壓器 設置用의 地下室의 容積은 機器配置 및 溫度 上昇 等を 考慮하여 最小한 容積으로 結定하고 例를 들어 750KVA인 境遇에는 幅 1.5m×높이 3.5m×길이 3.5m 程度가 된다.

8. 結 論

우리나라의 서울, 釜山과 같이 都市의 人口가 過密하고 道路 幅이 狹小한 高負荷 密度의 商街 또는 住宅 密集地域에서는 通行의 複雜, 建柱의 不可能 및 美觀上의 問題 등으로 地中配電方式 및 地下 變電設備을 採用한 二次 Network系統 構成이 將次の 配電方式으로 必要할 것으로 생각된다.

過去の 外國에서의 地中配電方式의 建設費는 架空電方式의 若 10倍 程度의 큰 費用이 들었으나 最近에는 새로운 器材의 開發 및 標準化, 一般化 등으로 建設費

<p. 26에서 계속>

5. 結 論

本 研究는 低壓 network 配電方式에 關한 基礎資料를 文獻을 通하여 調査檢討한 것으로

가. 無停電供給에 依한 service 向上

나. 各變壓器間의 電力融通에 依한 供給力의 增加 및 電壓變動의 改善

다. 電力損失輕減

라. 負荷增加에 對한 適應性

마. 2次 變電所數의 減少

等 여러 가지 效果가 있으므로 高度의 信賴度 및 融通性이 要求되는 負荷密接地域의 配電方式으로서는 가장 理想的이다. 그러나

가. 各變壓器 bank마다 高價인 network protector 設置 및 運轉에 따른 技術的인 問題

나. feeder 事故時 他 feeder에 依하여 低壓需用家에 無停電供給을 可能케 하기 爲한 變壓器 및 線路의 裕度增加 등으로

用이 大幅 減少되어 日本에서는 若 7年 前에 1.5倍~2倍 程度가 되었으며, 所要 器材 및 建設 費用을 좀 더 減少시킬 수 있도록 努力中이므로 架空配電方式과 比較할 때 國內에서의 經濟性도 提高될 것으로 思料된다.

우리나라의 서울, 釜山等과 같은 都心地에서 이 方式을 採擇하기 爲한 場所로서는 地下鐵 建設 完了時 地下通路 또는 步道の 地下等に 設置하는 方案도 바람직하다.

아울러 負荷가 크지 않고 負荷增加가 豫想되지 않는 新興都心 開發地域에서는 美觀 또는 維持保守面에서 有利한 步道에 設置하는 Pad-mounted 變壓器의 設置도 적절할 것이다.

參 考 文 獻

1. STATE ELECTRICITY COMMISSION OF VICTORIA.; Underground electricity supply for new housing estates general instruction and information Sep. 1973.
2. DUKE POWER COMPANY; Downtown underground energing new system.
3. 中部電力; Compact A. C. secondary network equipment arranged in an underground vault.
4. 東京電力; Network 變壓器 및 地下室의 小形化 研究

樹枝狀配電方式에 比하여 施設費가 많이 要求되므로 負荷密度가 높은 地域이 아니면 經濟的으로 實施하기 困難하다.

本 配電方式은 地中式과 架空式이 있으며 架空式은 負荷密度가 km²當 4,500~35,000 (KVA) 程度의 地域에 適用 可能하며, 負荷密度가 이보다 큰 境遇는 地中式으로 하여야 되나, 負荷密度가 낮은 境遇일지라도 都市의 美觀 및 交通上의 支障 등으로 地中式이 不可避한 地域도 있다.

本 研究는 network 방식에 關한 一般的인 事項을 檢討하였으므로 本配電方式을 施行할時 參考資料가 되기를 바랍니다.

參 考 文 獻

1. 近代低壓配電方式, 關西電力, 東松孝臣 著
2. 三菱電機技報, Vol.44 July 1970
3. Electric Utility Engineering Reference Book Volume 3, Distribution System, Westinghouse Electric Corporation