

海 外 論 抄

(1) 變壓器에의 알루미늄의 適用과 利點

(富士時報 1967年 8月號에서 발췌)

(Merits of the Application of Aluminum to Transforms)

本文은 變壓器卷線에 알루미늄을 使用할 경우의 經濟的 利點과 또한 技術的인 問題로 알루미늄導體의 機械的強度 및 接續法과 適用上의 留意할 點에 대하여 解說한 것이 다.

最近에 있어서의 銅의 需要供給의 關係는 國際情勢의 變化에 支配되기 쉽고 價格도 不安全한 것에 比해 알루미늄은 極히 安全과 있고 또한 物理的的特性도 優秀하며 價格도 싸므로 알루미늄의 電氣工業面에의 利用은 美國이 가장 積極的이나 其他國家에서도 各種電氣機器의 알루미늄化가 活潑하여져 가는 傾向이다.

變壓器의 알루미늄化에는 卷線의 알루미늄化와 탱크等의 構造物의 알루미늄化를 생각할 수 있다. 變壓器의 탱크 및 후렘을 알루미늄으로 바꿀 경우의 經濟性을 鐵板으로는 SS419를 對象으로 하고 알루미늄板으로는 NP5/6-1/4H 을 對象으로 하여 比較하면 比引張強度(=引張強度 / 比重)는 鐵은 5.3kg/mm<sup>2</sup>이고 알루미늄은 11.5kg/mm<sup>2</sup>이므로 대개 알루미늄合金은 鐵의 1/2重量 만큼 所要 하게 된다. 그러나 價格은 鐵 : 알루미늄合金 = 1 : 7이므로 構造物의 알루미늄化는 輕量化가 至上課題인 것을 除外하고는 考慮의 餘地가 없다.

다음에 卷線에 對하여 생각 하고져 한다. 第1表는 알루미늄과 銅의 導體로서의 重要한 性質을 比較 한것 이다.

第 1 表      알루미늄과 銅의 特性比較

性            質	半 硬 알  미  뇨  목	軟 銅
導電率(20°C)[%]	61	100
體積固有抵抗(20°C)[μΩ-cm]	2.83	1.724
比重(20°C)[g/cc]	2.7	8.9
引張強度[kg/mm <sup>2</sup> ]	約 1,500	約 2,500
彈性係數[kg/mm <sup>2</sup> ]	6,500	11,500
溶融點[°C]	658	1,083
同一抵抗에 對한 斷面積	1.64	1.00
同一抵抗에 對한 重量	0.5	1.00

負荷損失을 同一하게 할 경우의 卷線의 重量은 近似 的으로 말해서 使用하는 導體의 比重에 比例하며 導電 率에 逆比例한다. 따라서 重量比는

$$\text{알미늄 : 銅} = \frac{2.7}{0.61} : \frac{8.9}{1.0} = 1 : 2$$

가 되므로 알루미늄의 單價가 銅의 單價의 2배 以下이면 經濟的이라는 結論이 된다. 그러나 正確히는 알루미늄卷線의 斷面積의 增加로 인한 卷線의 平均길이 및 鐵心의 磁路의 增加, 또한 油量 및 탱크重量의 增加, 加工工數의 增加等을 포함하여 생각 하지 않으면 안된다.

이들을 포함해서 詳細히 檢討하면 變壓器 및 卷線의 種類에 따라 相異하며 一律的으로는 말 할수 없으나 대개 예상해서 알루미늄의 單價가 銅의 1.3배 以下이면 알루미늄을 採用하는 利點이 생긴다고 봐도 큰 잘못은 없을 것이다.

卷線으로 使用되는 알루미늄導體로는 箔(두께 0.2mm 以下の 帶狀의 導體), 條(두께 0.2mm 以上の 帶狀의 導體), 平板, 紙卷平角線等이 있으나 이들중 條 및 平板은 kg當 單價가 銅에 比하여 싸므로 採用하는 것이 有利하다. 그리고 箔은 現在의 價格으로는 經濟的利點은 없고 今後 大幅 價格이 내려가지 않는 限 採用할 魅力 이 없다. 다음에 紙卷平角線은 銅의 價格이 올르고 있을 때는 알루미늄/銅 < 1.3을 滿足하나 銅의 價格이 내리고 있을 경우는 알루미늄/銅 > 1.3으로 되어 역시 經濟的으로 採用이 困難하다 그러나 現在의 紙卷알루미늄平角線의 價格은 今後의 業界의 努力에 依하여 내려갈 餘地가 보이므로 結局 卷線材料로는 條 平板 및 紙卷平角線의 採用은 經濟的이나 箔은 現在로서는 可望이 없다고 말 할수 있다.

다음에 B種 또는 H種의 乾式變壓器의 電線에서는 絕緣被覆이 占하는 價格의 比率이 比較的 크므로 利點이 거의 없고 더욱 短絡時의 溫度上昇限度의 點에서의 制約도 있어 採用이 어렵다.

負荷回路에 短絡事故가 일어나면 變壓器의 卷線에는 變壓器自身 및 線路의 임피던스로 制限되는 短絡電流가 흘러 莫大한 電磁力이 發生하여 溫度가 上昇한다. 變壓器는 이들의 短絡電流에 對하여 機械的 熱的으로 견디어야 한다. 短絡時에 發生하는 電磁力에는 內側卷值을 壓縮하고 外側卷線을 밀어올리려는 半徑方向力과 各卷線을 軸方向으로 움직이려는 軸方向力이 있다. 變壓器의 容量과 半徑方向力에 依하여 發生되는 應力間에는 近似的으로 다음 式에 成立된다.

$$\sigma_r \propto \frac{i}{z} (KVA)^{0.25 \sim 0.5}$$

여기서 σ<sub>r</sub> : 內側卷線의 壓縮應力 또는 外側卷線의 引張應力

KVA : 1脚 當 容量

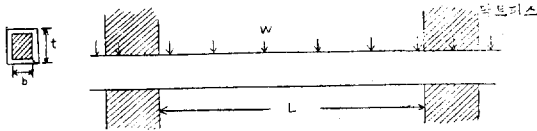
$\alpha$  : % 임피탄스

$i$  : 導體의 電流密度

따라서 KVA의 增加와 더불어 導體에 發生하는 應力은 커진다. 지금 알미늄卷線變壓器의 負荷損失을 銅卷線變壓器와 同以下로 할려면 導體斷面積을 적어도 導電率의 透比  $100/61=1.64$ 倍 以上으로 하지 않으면 안된다. 바꿔 말하면 電流密度  $i$ 를  $1/1.64$ 以下로 하여야 한다.

따라서 만일 알미늄의 強度가 銅의  $1/1.64$ 以上이면 이 點에 關한 制約은 없으나 普通 使用되는 알미늄材가 그렇지 못하므로 容量이 커져 數萬 KVA 以上이 되면 % 임피탄스  $\alpha$ 를 크게하여 發生半徑方向力을 내리든지 電流密度  $i$ 를 내려 導體斷面積을  $1.64$ 倍 以上으로 올리든가 하여 對處하지 않으면 안된다.

軸方向機械力을 생각키 위하여 우선 圓板코일의 어떤 斷面을 생각해 보면 第1圖와 같이  $w$ 인 等分布荷重을 받



第 1 表 圓板코일에 作用하는 軸方向力

는 兩端固定梁으로 생각할수 있으며 分布荷重  $w$ 를 卷回壓力이라 稱하고 이는 鬚구멍이 없는 均一한 암페어탄의 卷線에서는 上下兩端의 코일斷面에서 最大로 되고 鬚구멍이 있는것은 一般으로 鬚구멍의 隣接斷面에서 最大로 된다. 導體에 發生되는 應力은

$$\sigma_a = \frac{wl^2}{3bt^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

로 表現된다. 半徑方向力에 依한 導體應力을  $\sigma_r$ , 許容應力을  $\sigma_y$ 라 하면

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_y} \leq 1 - \left( \frac{\sigma_r}{\sigma_y} \right)^2$$

와 같이 되도록 支持間隔  $l$ 을 定할 必要가 있다. 一般으로 알미늄卷線의  $l$ 는 同一傾樣의 銅卷線變壓器에 비하여 대개 20% 程度 적게 하여야 한다.

短絡時의 最終溫度限度를 생각할 경우에는 絶緣物에 對한 영향과 導體의 機械的強度의 低下를 考慮하지 않으면 안된다. 前者는 導體의 種類에 따라 相異할 것은 없으므로 IEC의 規格에서 알미늄卷線을 銅卷線 보다도 낮게 油入變壓器는  $200^\circ\text{C}$  乾式 A種은  $180^\circ\text{C}$  E種 以上은  $200^\circ\text{C}$ 로 規定하고 있는 것은 전부 後者 即 機械的強度의 低下를 考慮한것인 것이다. 알미늄의 機械的強度의 溫度依存性은 銅에 비하여 크다. 銅의 경우에는 運轉狀態에서의 熱軟化特性에 대하여는 거의 생각할 必要가 없으나 알미늄의 경우에는 그의 材質 硬度等에도 다르

나 一般으로는 運轉狀態에서도 軟化現象이 일어나 機械的強度가 低下한다는 것을 생각해야 한다. 文獻에 發表되어 있는 알미늄導體의 熱軟化特性의 一例를 第2表에 들었다. 이 熱軟化特性은 溫度의 關數일뿐 아니라 時間의 關數이며 第2表의 데타는 1000時間 加熱後의 靜特性이다. 半硬質알미늄平角線의 高溫中에서 測定한 0.2% 耐力은 아주 短時間의 加熱에서도 約 70%程度로 低下한다.

第 2 表 알미늄의 熱軟化特性

溫 度( $^\circ\text{C}$ )	引 張 強 度 ( $\text{kg/mm}^2$ )		0.2%耐力 ( $\text{kg/mm}^2$ )	
	軟 質	半硬質	軟 質	半硬質
24	910	1,230	350	1,120
100	740	1,050	320	910
149	600	910	820	630
204	420	670	210	350
250	250	250	140	140

變壓器卷線用 알미늄導體의 接合方法으로서 實用化되고 있는 것은 1) 납땜 2) 溶接 3) 冷間壓接 4) 超音波溶接 5) 締付接合의 5種類가 있다. 이들중 溶接法은 알미늄의 各種接合方法中 現在로서는 가장 信賴性이 있고 좋은 方法으로 생각되고 있으며 이는 不治性가 스아크 溶接法으로서 不治性가스(아론공 또는 해름) 中에서 電極과 被溶接物과의 사이에 아크를 發生시켜 溶接을 行하는 것이다.

卷線을 알미늄化 하는 것으로 인한 變壓器의 外形의 크기의 變化는 다음과 같다. 卷線의 斷面積이 커지며 그것에 따라 鐵心도 커지므로 탱크를 포함한 外形의 크기는 若干이지만 커지는 傾向에 있다. 重量에 대하여는 卷線은 尙 輕減되나 한편 鐵心 탱크 油量 및 其他의 構造材가 增加 하므로 總重量의 輕減은 그렇게 크지는 않다 1例로 3相 1000KVA의 變壓器의 크기 및 重量의 比較를 第3表에 들었다.

第3表 알미늄卷線과 銅卷線變壓器의 外形크기 및 重量의 比較

卷線材料	外 形 크 기			重 量	
	幅	길 이	높 이	總重量	油 量
銅	100	100	100	100	100
알미늄	107	103	100	98	109

以上 述한바 같이 알미늄卷線은 그 適用方法 및 適用範圍가 適切하면 安心하고 使用할 수 있으며 또한 利點이 生기는 것이다.

<韓電 洪 淳 庚 抄>

## (2) 氣中交流ARC의 諸特性

(日本電氣學會雜誌 1967年 7月)

(Vol. 87-7 No. 946 P. 1430-1438)

송전선애자, 기기용애자 애관등에 발생하는 氣中아아크는 그 熱効果에 의하여 電氣工作物을 파손할 뿐 아니라 고장점의 아아크가 차단되어도 절연회복에 시간을 요하므로 再폐로시간을 지연시키게 만들고, 바람이나 아아크 자신의 電磁力 때문에 이동하여 고장개소를 확대 하는 등 電力系統에 惡影響을 준다. 한편 아아크의 抵抗은 故障電流를 제한하여 차단기등의 責務를 경감하는 効果도 기대할 수 있다.

이와같은 氣中아아크의 제특성에 관한 報告등은 적은 편이며, 특히 電力系統의 확대에 따라 아아크발생거리가 증대되고 있는 요즈음 그 성질을 더욱 명백히해들은 계통운용, 기기설계의 면에 필요할 것으로 생각되어 필자는 여러 시험을 거쳐서 다음과 같은 특성을 조사하여 아아크의제 특성을 알아보았다.

### 1. 三相再閉路方式에 있어서의 故障電流遮斷後의 絶연회복特性試驗.

송전선의 單相再閉路方式에서는 고장전류를 송전선의 양끝에서 차단하여도 다른 두 상에서의 電磁的 靜電的 結合電壓이 고장상에 나타나므로 故障電流보다는 적지만 數十安페어 이하의 소위 二次아아크電流가 계속하여 故障點에 흘러 아아크 자신이 길어짐에 의하여 자연消弧할 때 까지 계속된다. 500kv級을 對象으로 한 二次아아크消弧시험의 결과에 의하면 消弧시간은 아아크電流, 回復電壓, 故障點점프의 길이, 기상조건에 따라 變하고 1秒以上인 경우도 있으나 0.4秒 정도가 많았다.

이에 대해서 三相再閉路方式에서는 다른 回線에서의 三相不平衡에 의한 結合電壓이 고려되지만 극히 작아서 二次아아크는 무시될 수 있으며 고장전류 차단후의 절연회복특성이 주로 문제시 된다.

그러나 500kv級 계통과 같은 大電流 긴 점프를 대상으로한 절연회복을 명백한 報告는 거의 없으므로 500kv系의 三相再閉路方式를 채택하였을 때의 無電壓時間의 검토에 참고될 데이터를 모았다.

시험결과 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

(1) 3m의 아아크흔에 있어서 고장전류 1~25KA의 계속시간이 5CPS 면 전류차단후 약 15CPS에서 對地電壓波高值까지 절연 회복이 된다.

(2) 바람에 의하여 절연회복은 촉진되며 풍속 0m/s에서 약 10CPS후에 500kv에서 후래쉬오바하지만 풍속 3~5m/s에서는 10CPS후에 700kv에서도 절된다.

(3) 고장전류의 크기와 절연회복시간에 대해서는 결론을 내리지 못하였으며 고장전후 계속시간의 영향은 특별한 차이점을 인정할수 없었다.

(4) 위의 결과로서 500kv級系統의 三相再閉路方式의 無電壓時間은 無風時 0.4秒 정도, 風速 3m이상일때 0.3秒정도로 하면 충분하다고 생각된다. 종래에는 三相再閉路方式의 無電壓時間은 單相再閉路方式에 비해 훨씬 짧다고 보았으나 적은 차이밖에 없다는 것은 주목할만한 결과이다.

### 2. 故障電流 아아크의 移動現象에 관한 試驗.

發變電所에 一線地絡故障이 발생하면 고장개소의 손상되어 아아크의 移動으로 인한 다른 工作物의 파괴와 相間短絡故障으로되어 系統障礙를 일으킨다. 이러한 事故의 방지대책을 검토하기 위해서는 아아크의 移動現象을 파악할 필요가 있다. 그래서 66~154kv의 非有効接地系統을 대상으로하여 단락시험설비를 써서 아아크의 이동이 電流值, 相間距離, 風速등에 어떻게 관련되는가를 시험하였다. 아아크電流의 移行時間은 아아크電流가 클수록 移行時間은 빨라지나 風速이 특히 클 경우에는 이 경향이 적다. 이는 電流가 클수록 電磁力이 세어 아아크의 움직임이 활발해지므로 移行時間도 빠르나 風速이크면 바람이 영향이 커서 전류에 의한 差가 크게 나타나지 않기 때문인 것으로 생각된다.

風速과 移行時間은 風速이 크면 아아크 이행시간이 짧아짐은 당연한 결과였다.

相間距離와 移行時間은 相間거리가 클수록 移行時間은 크다는 것을 確認하였으며 相間距離 150cm 인 경우 對地거리를 115cm 및 230cm의 두경우에 시험하였으나 移行時間의 차이는 거의 없었다.

健全相電壓의 영향을 건전상에 電壓을 加할때가 加하지 않을 때 보다 移行時間이 짧아졌으며 移行할때는 항상 건전상의 전압이 波高值 부근이 었다.

1m간격의 水平아아크는 無風狀態에서 100A아아크는 위로 약 4m높이까지 늘어났고 500A아아크는 마찬가지로 약 2m, 1,500A아아크는 약 1m 늘어나지만 對地間(115cm)에도 他相(150cm)에도 移行하지 않았다. 風速 2m/s, 100A아아크는 垂直아아크 일때 약 50CPS에서 他相으로 이행하였으나 水平아아크인 경우는 윗쪽으로 늘어져서 140CPS에서 자연 消弧되었다. 이상으로서 水平아아크는 垂直아아크보다 윗쪽으로 移行하므로 平行하 他相 또는 아랫쪽으로는 移行키 어렵다고 생각된다.

아아크 移行防止對策의 하나로서 생각할 수 있는, 相間에 絕緣板을 삽입하는 것은 상당히 넓은 부분에 걸려서 삽입하지 않고는 거의 效果를 기대할 수 없으므로 실제 채택하기에는 제한 되는점이 많을 것이다. 그러므로 당면 대책으로서는 극히 상식적이지만 一線地絡을 可能

한 防止하고 地絡電流를 早期에 차단하는 일인 것이다.

### 3. 氣中아아크의 抵抗特性

故障點에 있어서의 아아크의 抵抗은 接地抵抗등과 마찬가지로 故障電流이 정밀계산, 보호계전기의 整定에 고려되고 있으나 명확한 값은 없고 다만 數Ω내지 25Ω라고 하는 정도로 소개되어 있다.

이는 아아크가 여러가지 도전에 따라 변화하므로 적은 시험결과로서는 特性을 얻기 곤란하며 시험설비관계상 大電流아아크시험을 할수 없었기 때문일 것이다.

필자는 아아크전류100~50,000A(rms)와 아아크갭프 길이 30~750cm에 대한 많은 시험을 하여 다음과 같은 特性을 밝혔다.

아아크電壓은 아아크發生 方法에 의한 영향이 제거된 후의 것을 택하기 위하여 아아크발생후 3CPS 이후의 安定된 아아크 전압을 택하였다. 그래서 風速이 적고 電流가 클때 이 3CPS 이후의 아아크 電壓은 거의 변화가 없으므로 3CPS이후의 값을 채택하면 氣中아아크의 特性을 나타낸다고 생각된다.

電極間 1m當의 아아크電壓과 아아크電流의 관계를 보면 아아크電流가 증가함에 따라 아아크電壓이 상승하고 있다.

아아크 전압과 전극간의 거리의 관계를 보면 거리가 짧을수록 아아크電壓은 높고 이경향은 전류가 클수록 커진다. 이는 첫째 바람 電磁力에 의해 아아크가 늘어나 아아크電壓이 상승하나 거리가 짧으면 조금만 늘어나도 영향이 커지기 때문이다. 둘째, 아아크電壓에 포함된 전극부근에 있어서의 전압강하비율이, 전극간 거리가 짧고 아아크電壓의 全體値가 적을수록 커지며, 셋째 아아크단자전압을 測定할때 도선의 임피던스에 의한 電壓강하가 포함되나 이는 전류가 클수록 크고 전극간

거리가 짧을 수록 그 영향이 큰것등으로 설명될수 있다.

아아크 電壓은 풍속이 클수록 늘어나므로 커지고 특히 전류가 작을수록 바람의 영향을 많이 받음을 알수있었다.

그러나 전류가 크면 風速이 커도 영향이 적다. 그러므로 아아크電壓은 電流이외에 風速, 경과시간에 따라 變化하므로 이들의 조건을 明示하여 特性을 나타낼 필요가 있다. 위의 여러가지 시험으로 얻은 데이터로서 전류와 아아크抵抗의 관계를 얻은것이 도표와 작으며 이러한 것은 여태 발표된 일이 없으므로 故障電流의 精密計算이나 보호계전기의 整定에 도움을 줄 것이다.

### 4. 結 論

(1) 500kv 系統의 三相再閉路方式에 있어서 無電壓時間을 검토하여 갭프의 3m아 아아크혼에서 1~25KA를 차단한후 약 0.3秒에서 絶연회복이 됨을 確認하였다.

(2) 1線地絡時의 故障電流아아크가 이동하여 삼상단락으로 발전하는 조건을 알기위해 風速기타를 變化시켜 시험한 결과 아아크의 他相移行時間은 아아크가 바람에 의해 이동하는 것으로 看做하여 계산한 時間과 거의 一致함을 알았다.

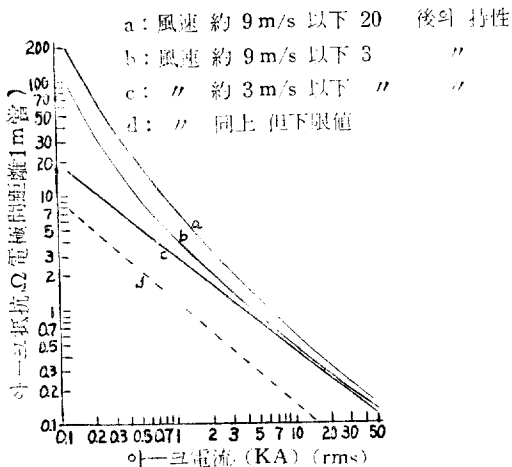
(3) 아아크 전극간 거리 30~750cm, 아아크전류 100~50,000A에 대한 아아크 저항은 1m當 약 20~0.1Ω이고 電流가 증대함에 따라 감소하여 風速이 클수록 증가함을 명백히 하였다.

<韓電 이종훈抄>

### (3) 터빈發電機高壓卷線의 Micalastic絕緣

(Siemens Review 8/67 에서 발췌)

高壓電氣機器의 卷線絕緣에 있어서 現在까지 가장 많이 사용해온 Micalastic絕緣材는 그동안 Epoxy樹脂나 金屬性 Corona防止方式을 併用함으로써 그 利用度가 顯著히 增加되어 지금은 200MVA 以上の 大容量 터빈發電機 製作에 利用되고 있는 實情이다. 그러나 이러한 Micalastic도 그 電氣的特性의 限界가 있어 直接冷却方式의 大容量發電機 製作에 있어서는 卷線의 단극부분에 適用하기가 技術的으로 困難하고 또한 값이 비싸지는 缺點이 있으며 卷線의 Slot部分과 端部에는 必然的으로 各기 相異한 絕緣物을 使用케 되므로 使用電壓이 16kv以上되는 高壓機器에 있어서는 卷線의 端部處理가 困難해진다. 이러한 難點을 解決하고 漸次 大容量化하는 電氣機器의 要求條件에 適合한 새로운 高溫絕緣材의 하나로 最近 나타난것이 所謂 Micalastic絕緣이다. 이 Micalastic絕緣方式은 코일의 Slot部分과 端部를 다같이 Mica테퍼로 감은 후 合成樹脂로 眞空處理한 것이다. 合成樹脂로는 初期



아아크전류(KA) (rms) 전류와 아아크저항의 관계 (전극간거리 0.3~7.5m)

에 있어서 熱傳導性이 比較的 낮은 Polyester樹脂를 使用했으나 後 收縮性이 적은 Epoxy樹脂를 使用케 되었다.

1. Micalastic絕緣材의 誘電體力率

Micalastic絕緣卷線을 VDE 0531/1 §33에 의하여 시험한결과 매우 優秀한 것으로 나타났다. 即 定格電壓 21kv 容量이 312MVA인 發電機에 對해서 試驗한 結果 誘電體力率의 最大增加值는 金試驗回數의 95%가 定格電壓의 每 20%(4.2kv) 增加에 對해서  $1.1 \times 10^{-3}$ 로 나타났다. 이 값은 VDE 의 許容值인  $5 \times 10^{-3}$ 에 比하여 훨씬 下廻함을 알 수 있다. 誘電體力率의 溫度에 對한 變化도 極히 微少하여 100°C에 있어서 誘電體力率 0.06 B 인 것이 130°C에서는 0.1로 上昇되었다.

2. Micalastic絕緣의 耐熱特性

VDE-0304에 따라 試驗한바에 의하면 Paper Carrier 를 使用하는 경우 Micalastic의 最高許容溫度는 130°C이고 Polyester Mat를 Carrier로 使用한 경우는 最高 155°C로 上昇시킬 수 있음이 證明되었다. 따라서 Micalastic 絕緣材는 Carrier로 使用하는 材料의 種別에 따라 Class B나 F의 어느것으로나 使用될 수 있다.

3. Micalastic의 熱傳導性

Shellac-Micafolium의 熱傳導率이  $0.22w/m^{\circ}C$ 인데 比하여 Micalastic은 10%나 높은  $0.25w/m^{\circ}C$ 임이 試驗에 依하여 알게 되었으며 이값은 130°C의 高溫에서 長時間 있어서 變動이 없었다. 特히 Slot部分을 Micafolium으로 絕緣하고 端部를 테프로 絕緣한 卷線에 있어서는 內部氣泡에 남아있는 空氣로 因하여 熱傳導率이  $0.12 \sim 0.15w/m^{\circ}C$ 를 넘지못하는데 比하여 Micalastic의 熱傳導率은 約 2배나 우수함을 알 수 있다.

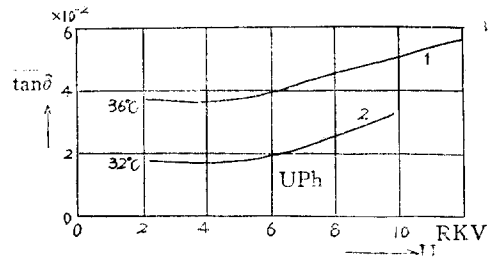
4. 機械的特性

Micalastic絕緣材는 機械的特性도 優秀하여 在來 코일 端部의 絕緣에 使用하던 와니스白麻테프 代身에 使用하여 Slot部分이나 端部를 同一한 絕緣을 可能케 하여 電位傾度에 依한 Cornea 防止에도 도움이 된다. DIN53455 와 53452에 依한 見本을 155°C까지 加熱하여 測定한 結果 在來의 絕緣物이 100°C에서 完全히 機械的인 接合力을 상실하는데 比하여 Micalastic絕緣材는 155°C에서 그 引張力의 初期值의 40%를 維持함을 알게 되었다.

5. Micalastic絕緣材의 利用展望

위에 考察한바와 같이 Micalastic은 絕緣材로서 具備해야 할 特性을 充分히 具備한 優秀한 材料임이 確認되었다. 眞空內에서의 含侵處理는 絕緣內部的 殆留空氣를

完全히 除去해주는 理想的인 方法이며 含侵樹脂와 Mica테프의 適當한 選擇結合한 高溫에 견디는 Class F 絕緣材의 出現을 可能케 했다. 絕緣物中の 充分한 量의 Mica는 絕緣耐壓을 向上시키고 壽命을 연장시키는데 絶對必要條件이 된다. 最初로 Micalastic絕緣物을 使用한 發電機는 Siemens에서 1958년에 製作한 38 MVA 10.5kv 2극 間接冷却方式의 發電機였고 最初로 製作된 直接冷却方式의 Micalastic絕緣發電機는 1960년에 完成된 170 MVA. 11.5kv. 發電機였다. 後 이과같은 機器는 계속製作되어왔으며 1965년에는 400MVA, 21kv의 大容量發電機도 包含된다. Micalastic絕緣方式은 이미 水車發電機의 卷線絕緣에 利用되 온지 오래되었으므로 이를 大容量 터빈發電機에 利用하는 問題는 오늘날 技術上을 問題가 아니고, 다만 經濟性의 檢討만 남았을 뿐이다. 이미 運轉中에 있는 각 Micalastic絕緣發電機의 運轉經驗은 아래와 같이 極히 良好한 편으로 앞으로 이러한 絕緣方式의 利用度가 계속增加될 것으로 예측된다.



1 New  
2 After 5,000 Operating Hours  
Dielectric Dissipation Factor of Micalastic-Insulated Winding of a 38-MVA Turbogenerator With a Rated Voltage of 10.5kv

<韓電 박희동抄>

(4) 超超高压變壓器의 絕緣耐力試驗

(日本電氣學會雜誌 1967年 7月)  
(Vol 87-7 No. 946 page 1314)

最近의 技術上의 진보로 말미암아 避雷器의 性能이 改良되고 Corona放電의 檢査기술의 進歩라던가 간단하고도 實用的인 開閉 Surge試命의 方法導入과 絕緣機能에 對한 知識이 더욱 깊어진것 등으로 從來 施行하여오던 變압기의 絶緣내력 시험방법을 재검토하여 變압기가 실제 운전에 들어갔을 때의 실제적인 제조조건을 고려하여 過去의 그것보다 더욱 合理的인 시험을 하기 위하여 다음과 같은 提業을 하였다.

Impulse 시험에 대해서는 괴뢰기의 Impulse 보호 level로서 15kv의 최고 방전 전압을 써서 이 값에 15%의 여유를 加한 전압을 試命電壓으로 하는것이 적절하다. 超

超高壓變壓器는 最新의 피뢰기에 의하여 보호되고 있으며 規格에 規定한것과 같은 急峻波형이 직접 변압기에 들어오는 일이 없으므로 急峻波頭試命은 폐지하는 것이 좋겠다.

裁斷故시험에 대해서는 發電所內의 機器가 事故를 이 르켜 裁斷故를 발생할 경우가 있을수 있으므로 이 試驗은 省略이 있으나 시험전압은 全波시험전압과 같은 전압으로 함이 좋겠다.

開閉 Surge 試命은 Impulse試驗과는 다른 개소의 절연을 시험하게 되는 것이므로 이 시험은 할 필요가 있다. 피뢰기의 開閉 Surge 放電電壓의 115~120%가 실제적인 시험전압이지만 최근의 피뢰기의 전압-시간 특성은 비교적 평탄하므로 개폐 Surge 시험전압과 Impulse 시험전압과는 10%以上 틀리게 해야할 필요는 없다.

低周波試驗의 목적은 변압기가 장기간의 운전전압에 견디는가를 검증하는 것이므로 변압기 내부의 절연물의 각 부분에 정규운전전압하에서 印加되는 電壓의 同一倍數倍인, 예를들면 1.4~1.5배의, 전압을 1~2시간 印加하는 시험방법을 채택함이 좋겠다. 합격기준은, 이 시험중에는 Coroma 放電이 全無한 상태로써 시험전압에 견디어야 하도록 한다. 이런 조건은 결코 가혹한 조건이 아니며 일반적으로 용납되기 쉬운 것이다.

필자의 연구결과에 의하면 절연물의 파괴에는 確率의 인 요소가 있어서, 예를 들면 어떤 임의의 절연파괴의 確率에 대한 전압-시간의 관계식으로써 다음과 같은 식이 성립됨을 발견하였다.

$$t_2/t_1 = (v_1/v_2)^m$$

절연유의 절연파괴의 경우는 m가 15~30이다. 30초 동안의 100% 과전압시험 보다는 한시간의 50% 과전압 시험을 하는 것이 변압기의 25년간의 수명을 보다더 확실히 보증할 수 있음을 알게 되었다.

超超高壓 Bushing에 대한 시험은 그 Bushing이 붙을 변압기의 線路側 단자에 대한 시험과 같게하는 것이 좋겠다. Bushing의 定格은 注水時 開閉 Surge 耐力強度로

표시하는 것이 적절하다. Bushing의 절연의 Capacitance와 誘電體提과를 低電壓으로 測定하고 다시 低周波시험時의 最高電壓으로 측정하는 方法은 有效한것이다. 276 kv의 피뢰기로서 보호되고 있는 345kv의 변압기에 대한 현재의 시험전압과 지금 주장하는 시험 전압과를 비교한 것이 그림과 같다.

<韓電 이종훈抄>

### (5) 콘덴서의 改善에 對한 方案

#### On the Characteristics of Aluminium Oxide-Loaded Capacitor Paper

[M. Tuuri, B. Anthoni, P. Valkeila, CIGREE (1962) Report No. 110]

Condenser의 經濟設計에 있어서 高溫 tanδ의 低減이라는것은 大端히 重要한것으로 現在의 電力用 condenser의 單器容量의 upper limit는 이것에 依해 制約되고 있다. 高溫 tanδ는 主로 誘電體속에 包含되는 ion性不純物의 移動에 依한 것으로 이것을 어떠한 方法으로 除去하거나 束縛하면 高溫 tanδ를 改善할 수가 있다.

本 Report는 絶緣紙속에 酸化 alumi를 添加하여 이것에 依하여 ion性 不純物을 吸着束縛해서 高溫 tanδ改善을 圖謀한 結果를 報告한 것이며 硫酸 pulp를 使用해서 約 5%의 酸化 alumi를 添加한 絶緣紙와 그렇지 않는것과의 두 種類를 만들어내어 兩者에 對해서 各種試驗을 行하여 그 特性의 比較를 行하고 있다. 結果로서는 高溫 tanδ에는 比較的 많은 效果가 있어 一例를 들면 5鹽化 Diphenil含浸時 90°C tanδ가 0.6%에서 0.37%로 까지 改善된다. 高溫絶緣抵抗에도 勿論 效果가 나타나며 3배 가까이 向上한다. 壽命에 對해서는 아직급 data不足으로 確實치 않으나 高溫에 있어서 많은 改善效果가 있는 것 같다. 또 誘電率, 絶緣耐力에는 거의 差가 없다.

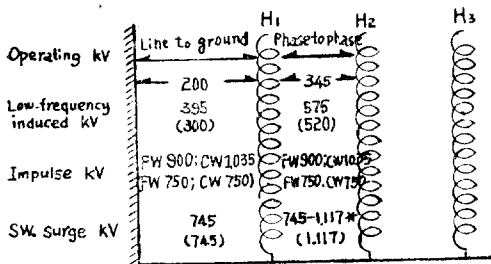
(高大, 成英權 抄)

### (6) 絶緣物の 耐漏洩電流性的의 새로운 評價試驗法

#### Ein Prüferfahren für die Kriechstromsicherheit von Isolierstrecken

[Werner Kaufmann, ETZ-A. Bd. 83. H. 24. S. 801 (1962)]

本報告는 絶緣體의 耐漏洩電流性을 評價하는 새로운 試驗方法을 提案한 것이다. 即, 從來의 VDE 0303에 規定되어 있는 絶緣材料의 耐 tracking性 試驗法을 modify한 것으로 絶緣距離와 材料自身の 耐 tracking性的의 兩者를 모두 包含해서 評價할 수 있는 方法이다. 따라서 材料自身の 耐 tracking法을 意味하는 Kriechstromfestigkeit



\* : Not completely resolved in IEEE proposal.

와 區別해서 Kriehstrom Sicherheit라는 말을 使用하고 있다.

이 試驗法의 特徵은 從來의 VDE 0303滴下法代身에 噴霧法을 採用한 것인데 試料電極面을 傾斜시켜서 噴霧 때마다 試驗液이 試料面을 흘러가 버리겠끔 되어있다. 따라서 噴霧에 依하여 試料面에 濕潤만을 生생기게함으로서 1회때마다의 噴霧量이 試驗結果에 影響을 미치지 않는다는 利點이 있다. 이와같은 試驗은 實際의 汚損度와 對應시키는 것이 必要하며, 이에따라 從來의 絶緣材料 group에 適合한 汚損度를 規準으로 삼고있다. 即, 平面漏洩路의 臨界電壓(50회의 噴霧로서 tracking通路가 完成하는 電壓)이 各 絶緣 group의 定格電壓以上으로 되겠끔, 試驗液의 導電率을 擇해서 試驗하고 있다. 以上과 같은 噴霧法을 提案해서 그 適用範圍를 檢討한後, 平面漏洩路와 比較하여 凸凹, 繼口 및 그 類似構造의 것 등 여러가지 形狀의 漏洩路의 影響을 求할 수 있다는 것을 나타내고 있다.

<高大 成英權抄>

(7) 低雜音螢光放電管

T. Kamegaya, N. Takamura, T. Hoshimoto, A. Someya (日本 照明學會雜誌 67년 4월 Vol. 51 p. 192~200)

螢光放電管의 雜音에 의한 RADIO 受信障害의 防止에 대해서는 並列 CODNENSER 에 의한 方法이 普及되어 큰 成果를 거두었지만 아직 充分치 못하다. 따라서 在來의 器具를 그대로 쓸 수 있고 性能 價格等등이 달라지지 않는다는 條件아래서 管自體를 無雜音 또는 低雜音으로 하는 것이 이 研究의 目的이다.

大別해서 陰極材料, 雜音強度에 끼치는 熱電子放出 電流特性의 影響등에 關한 研究, 電極의 構成配置, Emitta 組成, 그리고 塗布方法, 管球構造, 封入 Gas 등 에 關한 研究를 한 結果 雜音電壓을 大幅 抑制할 수 있고, 實用化하기 쉬운 것은 二重一型 陶極에 대해서 2次 Coil 陰極에 의한 것이며 이것은 벌써 實用品이 市販되어 있는 現狀이라고 한다.

먼저 論文은 雜音을 1. 再點弧와 消弧雜音 2. 雙子形 雜音의 두가지로 나누어 各各 그 雜音을 抑制하기 위한 手段을 생각하고 그 兩者를 兼備하는 것으로 「大型 Coil 陰極」을 뽑았다고 한다.

다음에 論文은 陰極電流密度와 雜音強度의 關係, 陰極構造와 雜音強度의 關係를 여러 條件下에서 얻은 結果를 報告하고 從來品과의 比較를 실고 있다.

끝으로 이 大型 Coil 電極에 의한 雜音 防止 機構에 대해서 言及하고 있다. (池哲振委員抄)

(8) 負抵抗發振의 周波數最大化

(Maximizing the frequency of negative-resistance oscillation)

턴넬다이오드와 같은 電壓調整 負抵抗素子를 그림1과 같이 接續하면 發振電壓이 近似的으로 正弦波로 된다.

$$v \cong V_0 + V_1 \sin \omega_1 t \tag{1}$$

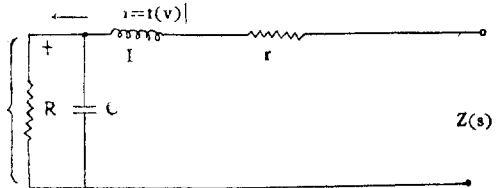


그림 1 電壓調整負抵抗素子 model

R는 電壓과 電流의 基本波의 比로 表示되는 實効負抵抗이고, L, r, C는 모두 正의 量이며  $\gamma_d$ 는  $i-v$  特性曲線上의 負性기울기의 逆이라면

$$-\infty < R < rd < 0. \tag{2}$$

이다. 負抵抗素子와 直列로 定電壓源을 연결하고 적당히 線型受動임피던스  $Z_L(s)$ 를 接續하면 이 回路는 發振을 하게 될 것이다. 本 論文에서는 주어진 負抵抗으로 發振最大周波數를 얻기 위한  $Z_L(s)$ 의 選擇問題를 提示하고 있다.

負抵抗 R의 定義에 依하여 負抵抗素子の 實効임피던스  $Z(s)$ 는

$$Z(s) = Ls + r + R / (1 + RCS) \tag{3}$$

이다. 그러면 周波數  $\omega_1$ 에서 一定振幅 發振(有限波)의 條件은

$$Z(s) + Z_L(s) = 0. \tag{4}$$

이고

$$s = j\omega_1 \tag{5}$$

이다.  $V_1$ 이 零에서부터 無限大까지 增加하면 R는  $\gamma_d$ 에서부터  $-\infty$ 까지 減少한다고 假定한다. 이런 假定下에서 (4)式의 特性根의 모양은 增加增幅으로 定해진다.

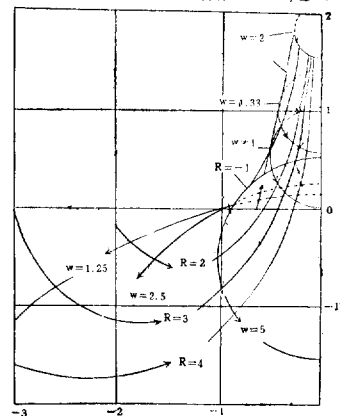


그림 2(a)

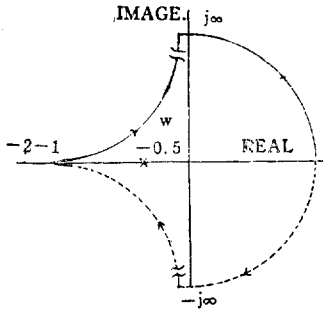


그림 2(b)

有限周波는 平衡振幅을 통하여  $V_1$ 이 增加함에 따라  $s$  平面的 右半平面(RHP)에서 左半平面(LHP)으로 複素 共역特性根이 지나간다면 安定하다고 볼수 있다.

以上的 條件들을 中心으로 임피이던스軌跡을 求해 보면 그림2(a)와 같다. 이 임피이던스 軌跡은 임피이던스素子의 性質과 素子의 種類에 따라 여러가지 모양으로 變한다. 그림2(b)는 負抵抗負荷  $R=-1$ 인 常數에 對한 軌跡이다.  $\gamma_a=-1$ 이고  $r=0$ 이면  $Z_L$ 는 定規化한 값 0.5인 純抵抗이다.  $Z+Z_L$ 의 軌跡(常數  $R$ 의 軌跡)은 原點을 移動시킴으로 求해진다.

Nyquist의 定理를 利用하여  $s$  平面的 右半平面에서  $Z+Z_L$ 의 零點들을 求한다. 그런데  $Z$ 는 右半平面의  $-1/RC+j\omega$ 에서 極點을 갖는다.  $Z_L(s)$ 는 正의 實函數이므로 右半平面에서 安定이다. 故로  $Z+Z_L$ 는 恒常 右半平面에서 하나의 極點을 갖이고 몇개의 零點을 갖는다.

위에서 說明한 軌跡에서 發振周波數는 負荷抵抗의 減少에 따라 增加한다.  $Z_L$ 의 零에 接近하는 限界에서 周波數는 1 또는  $1/\sqrt{LC}$ (非正規化)로 된다. 이것이 抵抗

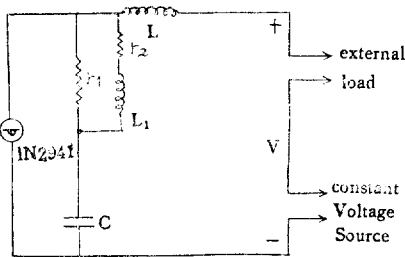


그림 3. 負抵抗素子實驗回路

負荷에서 얻어지는 最大周波數이다.

그림 4는 負荷임피이던스를 並列  $R_L C_L$ 로 使用한 경우의  $-Z_L$ 의 軌跡이다. 이때의 最大發振周波數는

$$\omega_{onax} = \begin{cases} \omega_b, & -1,855 < \gamma_a < 0 \quad (\text{有限振幅}) \\ \omega_a, & -\infty < \gamma_a < -1,855 \quad (\text{零振幅}) \end{cases} \quad (6)$$

이다. 여기서  $\omega_a = \sqrt{(2\gamma_a^2 - 1)/\gamma_a^2}$ 으로 高調波發振의 最大周波數이고  $\omega_b$ 는  $-Z_L$  軌跡과 만나는 最大周波數

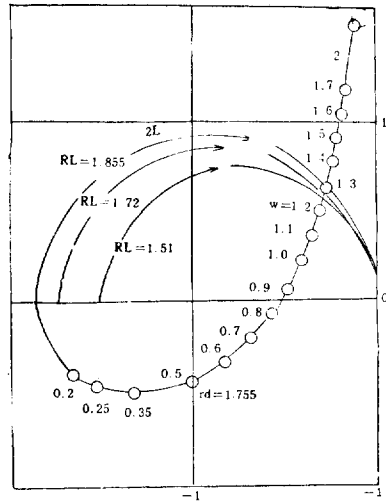


그림 4. 並列  $R_L C_L$  負荷

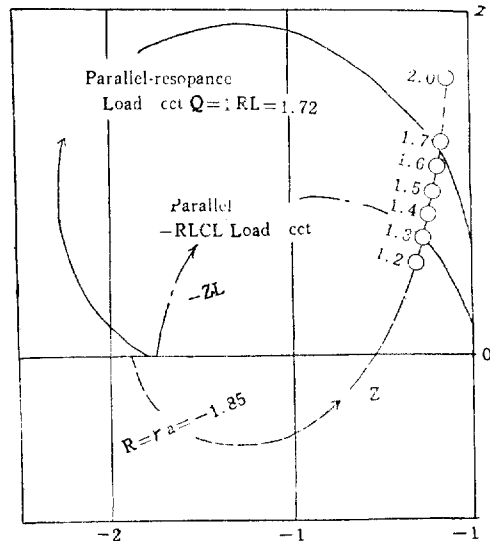


그림 5. 改良된 負荷

에 對應하는 周波數이다.

그림 5는 並列  $R_L C_L$  負荷의 半圓形軌跡을 改良한 것이다. 여기서는  $Q=1$ ,  $R_L=1.72$ 이고 高周波發振의 周波數는 並列  $R_L C_L$  負荷에 比較해서 約 0.8이 더 높다. 그리고 이 論文은 계속해서 負荷의 使用 可能性을 보이는데 並列共振 -tank回路的 패라미터를  $L_L=94 \times 10^{-6}(h)$ ,  $C_L=0.0098 \times 10^{-6}(f)$ ,  $R_L=111(\Omega)$  [ $Q=0.88$ ,  $\gamma_a=1.85$ ]로 잡고 있다. (그림 3). 또 改良된 負荷의 경우는  $L_L=354 \times 10^{-6}h$ ,  $C_L=0.0264 \times 10^{-6}f$ ,  $R_L=111ohm$ ,  $Q=1.0$ ,  $\gamma_a=-0.5$ 로 한다.

正의 實函數에 對한 임피이던스 軌跡의 모양에 對한 더 많은 研究로 發振周波數의 增加는 더욱 可能해질 것이다. 이 軌跡은 最小函數(虛數 極點과 零點이 없는 最



小抵抗 正의 實函數)에서 얻어진다.

$$Z_L(s) = Z_L(0) \left( \frac{\alpha \frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{\beta}{\sqrt{\alpha}} (\sqrt{\alpha}-1) \frac{s}{\omega_0} + 1}{\frac{1}{\sqrt{\alpha}} \frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{\sqrt{\alpha}-1}{\beta} \frac{s}{\omega_0} + 1} \right) \quad (7)$$

여기서  $\omega_0$ 는  $Z_L(j\omega)$ 가 전역 虛數일 때의 周波數,  $\beta = I_m Z_L(j\omega_0) / Z_L(0)$ ,  $\alpha = Z_L(j\infty) / Z_L(0)$ 이다.  $\alpha$ 가 1로 접근함에 따라 軌跡은 完全히 圓으로 가까워진다. 이 數値는  $Z_L(0) = 2.0$ ,  $\beta = -0.95$ ,  $\alpha = 0.9$ 이다.

本 論文은 負抵抗素子를 利用하여 負荷의 變動에 따른 最大發振周波數를 求하기 위하여 段階의으로 取扱하고 있다. 即 抵抗負荷에서, 並列  $R_L C_L$ 으로 또 이것을 改良해서 軌跡이 圓形체적으로 하여 最大周波數를 얻고 있는 것이다. 筆者는 이 負抵抗을 利用한 發振周波數의 最大化는 여러가지 方面에서 그 應用이 넓어질 可能性을 내포하고 있다고 생각된다. 發振周波數의 安定化, 高周波發振의 簡單化, 等이 制御系統에로의 應用을 爲한 研究가 해롭지한 課題라고 생각된다. (楊仁應委員 抄)

(9) 近距離線路故障再起電壓의 行列計算法

K. Nakanishi, T. Suzuki, H. Ono: "Matrix Analysis of the Transient Recovery Voltage During Short Line Faults" (IEEJ Journal, Vol. 87—5, No. 944, May, 1967, p. 944~953)

이 논문은 多導體系에 있어서의 線間波, 大地波의 反射現象을 反射系數의 概念과 進行波回路의 行列解析手法으로써 線路途中故障, 遮斷相順(斷線故障條件에 해당) 등의 諸條件下에 組織的取扱을 행하여, 특히 實數要素에 의한 變換行列을 使用하여 進行波現象으로서의 物理的 概念의 把握을 쉽게 할 수 있도록 하고 있다.

지금 線路대地電壓을  $U$ , 線電流를  $I$ , 線路單位長當의 inductance 行列을  $L$ , capacitance 行列을  $C$ 로 하면

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial x} U &= L \frac{\partial}{\partial t} I \\ -\frac{\partial}{\partial x} I &= C \frac{\partial}{\partial t} U \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

이를 大地波, 線間波로서 表示하기 위하여 다음과 같이 變換한다.

$$\begin{aligned} U &= AU' \\ I &= AI' \\ L' &= A^{-1}LA \\ C' &= A^{-1}CA \end{aligned}$$

단  $A$ 는 變換行列이며 第1表에 表示되어 있다. 그結果 (1)式은 (2)式으로 된다.

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial x} U' &= L' \frac{\partial}{\partial t} I' \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$-\frac{\partial}{\partial x} I' = C' \frac{\partial}{\partial t} U'$$

第1表 變換行列

	A	A <sup>-1</sup>
單相回路 (2導體系)	$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$
三相1回線 (3導體系)	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{pmatrix}$
三相2回線 (6導體系)	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{6} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 2 & -4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & -4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & -4 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & -4 \end{pmatrix}$

$L', C'$ 의 要素를 組合해서 impedance 對角線行列  $Z'$ , 大地波·線間波對角線行列  $v'$ 를 定義하면(2導體系 경우의  $Z', v'$ 가 第2表에 있다.) (2)式의 一般解는

$$\left. \begin{aligned} U_n' &= U_n'^+ e^{-\frac{sx}{v_n'}} + U_n'^- e^{\frac{sx}{v_n'}} \\ I_n' &= \frac{U_n'^+}{Z_n'} e^{-\frac{sx}{v_n'}} - \frac{U_n'^-}{Z_n'} e^{\frac{sx}{v_n'}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

단  $s$ : 複素周波數  $U_n'^+, U_n'^- \cdot x$  方向에 대한 入射波, 反射波.

第2表 surge impedance 行列  $Z'$ 와 速度行列  $v'$

	2 導體系
$L$	$\begin{pmatrix} l & m \\ m & l \end{pmatrix}$
$C$	$\begin{pmatrix} C_s & -C_m \\ -C_m & C_s \end{pmatrix}$
$L'$	$\begin{pmatrix} l+m & 0 \\ 0 & l+m \end{pmatrix}$
$C'$	$\begin{pmatrix} C_s - C_m & 0 \\ 0 & C_s - C_m \end{pmatrix}$
$Z'$	$\begin{pmatrix} \sqrt{(l+m)(C_s - C_m)} & 0 \\ 0 & \sqrt{(l-m)(C_s + C_m)} \end{pmatrix}$
$v'$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sqrt{(l+m)(C_s - C_m)} & 1 \\ 0 & \sqrt{(l-m)(C_s - C_m)} \end{pmatrix}$

$U_n^+$ ,  $U_n^-$ 를 要素로 한 入射波行, 列反射波行을 各各  $U^+$ ,  $U^-$ 로 하면,

$$U^- = k' U^+ \quad (4)$$

$$k' = [\delta + Z' Y_f']^{-1} [\delta - Z' Y]$$

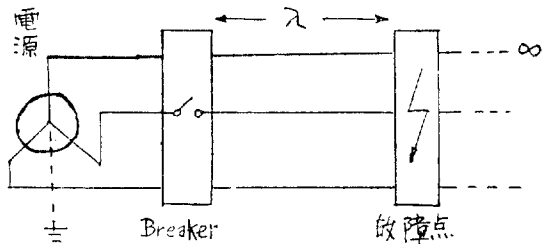
단  $\delta$ : 單位行列,  $Y_f' = A^{-1} Y_f A$   $Y_f$ 는 故障點의 admittance 行列이며  $I = Y_f U$

또 (2)式의 解를 四端子定數로 表示하고 있으며 이解는 線路의 送, 多端을 各各 suffix 1, 2로 表示하면

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cosh s x v'^{-1} & Z' \operatorname{sich} x v'^{-1} \\ Z'^{-1} \sinh s x v'^{-1} & \cosh s x v'^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A^{-1} 0 \\ 0 A^{-1} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} U_2 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

이 논문은 이 들式을 基礎로 해서



그림과 같은 基本回路에 있어서 여러 例를 들어서 反射係數行列  $k'$ , Cancellation current에 대한 入射波  $U'$ 의 往復反射에 의하여 SCL 再起電壓을 求하고 있다. 또 四端子方程式에 端子條件을 넣어 Laplace 逆變換으로서 再起電壓을 求하고 있다.

끝으로 各種 SLF 遮斷試驗條件의 檢討도 하고 있다. (朴永文委員 抄)

### 發電所 見學報告

當學會에서는 會員 相互間의 친목도모와 우리나라의 發電所現況을 直接 눈으로 보기 위해 電氣協會의 後援을 얻어 지난 67年 10月 15日 春川 衣岩 및 淸平發電所를 見學하였다. 韓電서울支店에서, 100여명의 會員이 3臺의 버스에 分乘하여 8時 45分에 出發하였는데 제일 처음 들린곳이 春川發電所. 28,800KW×2(東芝電氣)의 同 發電所는 우리 技術陣에 依해서 竣工된 最初의 대규모 發電所임은 周知하는 바와 같다. 다음에 到着한 衣岩水力은 62年 3月에 起工된 것으로 今年 12月 完工예정으로 있으며 發電機는 富士社製品으로 시설용량은 22,500KW×2. 특히 衣岩에서 提供된 中食에 對해서는 會員모두가 “원더풀”을 연발했다. 마지막으로 淸平에 도착한 一行을 3號機의 建設現場을 시찰하였는데 3號機의 容量은 淸두부하를 담당함이 타당하다고 評價되었기 때문에 40,000KW로 했다고 한다. 이곳의 發電機는 日立製品이다. 너무나 「타이트」한 日程으로 즐거운 시간이 적었음이 유감이었다.