

農漁村電化事業의 技術的 支援에 關한 基礎的研究

技術報告

Technical Support on Rural Electrification

朴 旻 鎬* · 池 哲 根** · 朴 永 文***

Abstract

These studies aim to support technically the National Rural Electrification Program now in progress by analyzing several engineering problems in regard to the program and then suggesting some appropriate solutions or measures.

The contents of these studies are divided into three categories; (1) optimized distribution systems for the rural electrification, (2) optimized rural illumination and (3) single-phase operation of three-phase motors.

The major results of studies are summarized as follows.

1. Optimized distribution systems for rural electrification

- a) System economy— a computer program was developed for optimum design of line conductor sizes, and some discussions were made on the domestic production and utilization of 200 /100-V class electric home appliances for rural usage.
- b) System safety— some studies were made on pole-transformer insulation level and connections and a transposing problem in conjunction with the 22.9/13.2-KV three-phase four-wire distribution systems.
- c) System Reliability—peaking loads relaxations, system protections, domestic productions of fuses, switches, breakers, etc. were briefly dealt with.

2. Optimized rural illumination

- a) Economic design— Concrete suggestions were made on rational design of rural illumination in consideration of rural economy.
- b) Standardization— Concrete recommendations were made on the standardization of rural-type illumination facilities.

3. Single-phase operation of three-phase motors

- a) Development of a phase-converter—a phase-converter was theoretically developed to apply to single-phase operation of three-phase motors for rural usage, using an autotransformer and a condenser.
- b) Analysis of three-phase balanced-operating conditions— an analysis was made on three phase balanced-operating conditions, and an optimal values of condenser vs. phase-converter voltages relating to the balanced operation of a three-phase motor were determined for developing rural motors.

These studies were financially supported by Korean Traders Scholarship Foundation.

要 約

本 研究는 現在 政府에서 強力推進하고 있는 農漁村(새마을)電化事業에 關聯된 工學的 問題點을 調查, 分析하

*正會員 : 서울大教授(工博)當學會 調査理事

** " : " (") " 理事

*** " : " (") " 事業理事

고, 그 解決 및 改善策을 提示하는데 窮極의 目的을 두고 있으나, 이번 研究에서는 첫 단계로서 그 基礎的 問題에 力點을 두었다.

이번 研究의 範圍 및 內容은 農漁村配電線路(系統)의 適正化, 農漁村用 電燈 設備의 適正化 및 單相線路에서의 3相電動機의 運轉의 3部로 大別되는 바, 이에 對한 研究結果를 要約하면 다음과 같다.

I. 農漁村 配電系統의 適正化

- a) 配電系統의 經濟性 — 電子計算機에 依한 電線斷面積의 經濟的 設計法을 提示하고, 2次 電壓의 380/220V 昇壓에 따른 200/200V 級 兼用 電氣器具의 國產化 問題를 다루었다.
- b) 配電系統의 安全性 — 22.9/13.2KV 3相 4線式 配電線路 柱上變壓器의 絕緣 및 結線 및 線路撚架 問題를 檢討하였다.
- c) 配電系統의 信賴性 — 農村地域 尖頭負荷, 開閉器具의 國產化, 保護細電裝置의 協調 問題를 論하였다.

II. 電燈設備의 適正化

- a) 電燈設備의 經濟的 設計
農漁村住民의 經濟的인 零細性을 감안하여 各房에서 最低의 視作業을 할 수 있는 下限的인 照度を 얻기 위한 經濟的인 照明設計를 하였다.

- b) 電燈設備의 標準化
現在 우리나라에서 제작되고 있는 電燈의 規格은 都市型이며, 農漁村經濟를 감안한 것이 아니기 때문에 農漁村型規格의 制定이 필요로하여 이의 制定시안을 시도하였다.

III. 單相線路에서의 3相電動機의 運轉

- a) 相變換器의 開發
農漁村의 급진적 電化事業에 따라 單相配電線路의 地域이 넓어지고, 또한 線路長이 길어짐에 따라 線路의 電壓降下가 심하다. 이것을 完善시키는 方法으로는 單相線路에서 相變換器에 의한 3相電動機의 運轉方法이 가장 合理的인 方法이고 이에 適切한 相變換器의 開發에 單卷變壓器—콘덴서로 構成된 相變換器를 適用하였다.

- (b) 3相平衡運轉條件의 究明
電動機運轉에서 가장 중요한 起動과 定格運轉時의 特性을 감안하여 平衡條件을 구명하고 相變換器의 電壓, 콘덴서의 最適值에 따르는 電動機의 平衡運轉을 研究하였다. 이러한 運轉方法은 農漁村用 電動力應用에 많은 도움을 줄 것으로 豫測된다.

本研究는 產學協同財團의 後援으로 遂行되었다.

方法을 勸告하는 데 있다.

農漁村 配電系統의 適正化에 關한 이번 研究 結果를 記述하자면 아래와 같다.

第 I 部 農漁村配電 系統의 適正化

I—I 緒 論

配電系統의 適正化는 이 系統의 經濟性, 安全性 및 信賴性的 側面에서 追求되어야 하나, 特別 現在政府에서 새마을 事業의 一環으로서 強力히 推進하고 있는 農漁村(새마을) 電化事業은 그 事業自體가 目前의 收益性보다는 未來 指向的인 農漁村의 急速한 現代化에 目的을 두고 있고, 配電地域이 광활하고, 散在되어 있는 反面 電力需用의 單位容量이 적고, 또 負荷率이 낮은 農漁村 配電系統 特有의 與件을 지니고 있으므로 本研究는 上述의 農漁村 電化事業의 特殊條件을 念頭에 두어서, 工學的인 側面에서의 經濟性, 安全性 및 信賴性에 關聯된 몇가지 問題를 檢討한 후, 앞으로의 研究方向을 提示하고, 現時點에서 必要한 技術的 改善

I—II 配電系統의 經濟性

配電系統의 經濟性에 關係되는 主要技術的 事項으로서는 配電經路 및 配電容量의 合理的 選定, 線路電線斷面積의 最適決定, 200/100級 兼用 電氣器具의 國產化 問題等を 들 수 있다.

a) 配電經路 및 配電容量

前述한 바와 같은 이 事業의 特殊性에 비추어 技術的인 側面만으로서는 線路經過地의 最適選定 및 線路容量의 最適決定 問題를 다룰 수 없고, 多角的인 側面에서 綜合的으로 檢討되어야 한다. 따라서 이번 研究에서는 이를 除外하였다. 그러나, 이 問題는 系統의 經濟성과 깊은 關係가 있음을 附言한다.

b) 線路 電線 斷面積의 最適決定

現在 農漁村用 配電線路의 電線의 굵기 種類는 몇가지로 統一되어 있으나, 線路投資의 經濟性의 觀點에서 보다 多樣한 規格 및 種類로 擴大함이 바람직하다. 그리고, 豫想 負荷, 및 末端에서의 規定電壓降下 範圍를 유지하는 制約 條件下에서의 最適 電線斷面積決定問題는 線路構成이 複雜한 경우, 筆算으로서는 매우 힘들다. 따라서, 本研究에서는 線路設計 電算化의 첫 試圖로서 電線斷面積最適設計 알고리즘 및 프로그램을 開發하여 事例研究를 行하였다. 이에 對한 部分은 別途의 論文〔3〕으로 報告한다.

c) 200/100-V級 兼用電氣器具의 開發 및 普及

2次電壓의 380/220V 昇壓計劃에 따라 農漁村 需用家의 引込口 電壓은 220V로 供給하게 되어 있다. 그러나 現在家庭用 電氣器具의 200/100-V級 兼用電氣器具의 開發, 普及이 遲延되고 있어, 實際에 있어서는 引込口에 單捲變壓器(autotransformer) 등의 최종 變壓裝置를 따로 設置함으로써 需用家의 二重負擔이 不可避한 實情이다. 이와 같이 上記 兼用 器具의 開發이 遲延되고 있는 主要原因中的 하나는 配電系統의 高低壓 混觸等에 對해 線路事故가 경우에 따라서는 低壓 需用家의 引込線에 2000V 以上의 高壓이 侵入함으로써 야기되는 器具 破損, 感電事故에 對備하여 家庭用 電氣器具의 絕緣耐力를 一律적으로 2500V로 높게 規定(KS)하여 이 要件에 맞도록 製品을 生産하려면 製品의 生産原價를 約10%以上 높여야 하기 때문에 製造業者들이 市場性 等を 염려하여 生産에 消極的인 立場을 取하고 있는 데 基因하는 것으로 分析된다. 이 問題에 對하여는 配電線路故障時의 電壓上昇의 抑制, 및 그 迅速한 線路遮斷問題와 關聯해서 보다 根本的인 檢討가 要望된다.

前述한 바와 같이 高低壓混觸事故時의 中性線 電位上昇 및 그 事故 除去時間과 200/100-V級 兼用 電氣器具의 絕緣耐力間에는 相互密接한 關係가 있고 이 中性線 電位上昇과 中性線 굵기 및 多重接地 抵抗值間에도 역시 函數 關係가 成立한다. 卽 中性線의 굵기가 클수록 多重接地 抵抗值가 적을수록 또 高低壓混觸事故의 除去時間이 짧을수록 上記 電氣器具의 絕緣耐力를 낮게 할 수 있다. 筆者의 計算에 依하면 線路에 따라 값의 差異는 있겠으나, 多重接地 抵抗值를 $5[\Omega/\text{km}]$ 로 할 경우, 最惡條件의 高低壓混觸時 變電所隣近에서는 中性線 電壓이 2000V 以上에 達하고 線路 中間 近處에서는 大略 千 數百V, 線路 末端에서는 도리혀 上昇하여 1700V까지도 到達할 可能性을 보여주고 있다. 따라서, 早速한 時日內에 多重接地 抵抗值의 適

正值維持, 中性線의 굵기 문제, 上記 電氣器具의 生産原價 等 綜合的인 要因을 綿密히 分析하여 農漁村用 電氣器具의 多量 普及에 轉機가 될 上記 兼用 器具의 適正 絕緣耐力值가 決定됨으로써 그 開發 誘導에 拍車를 加해야 될 것으로 생각된다.

筆者의 所見으로는 上記 兼用 器具의 열가 供給의 方途는 高低壓混觸時의 中性線 電位上昇值를 可及的 보다 낮은 값으로 抑制함으로써 兼用器具의 絕緣耐力를 2000V (卽 500V 降下)程度로 낮추게 하는 方案에서 찾아야 할 것으로 본다. 中性線電位上昇值를 낮추려면 從前의 方法에 依하던 中性線의 굵기를 增加시키고, 多重接地抵抗值를 크게 하는 등의 線路 建設費의 增加가 不可避하다.

그러나 이와 같은 建設費의 增加없이도 上記 器具의 絕緣耐力를 낮추는 具體的 方法을 다음과 같이 提示한다.

즉 새로이 建設되는 線路에 對하여는 現行規定에서 처럼 中性線의 多重接地抵抗值를 均一하게 $5[\Omega/\text{km}]$ 로 一定하게 維持할 것이 아니라, 線路의 變電所 附近과 線路의 末端에는 더 낮게, 反對로 中央附近에는 더 높게 多重接地抵抗值를 分布시킴으로써 卽 多重接地抵抗值를 接地投資費最小의 觀點에서 最適分布시킴으로써 同一한 線路建設費用으로 中性線의 電位上昇值를 最大限 抑制하도록 線路를 設計하여, 最惡의 故障時에도 決코 電位上昇이 2000V 以上 上廻하지 않도록 하면, 200/100-V級 兼用電氣器具의 絕緣耐力 基準을 現在 規定 보다는 크게 緩和하여 2000V 以下로도 規定할 수 있으며, 結果는 農漁村用 電氣器具의 열가 供給에 크게 이바지할 것으로 본다. 그리고 上述 多重接地抵抗의 最適分布值는 電子計算機로 計算決定되어야 한다(筆算으로서는 計算이 複雜하여 거의 不可能함)

I—III. 配電系統의 安全性

昇壓計劃에 따라 新規線路는 22.9/13.2KV 3相 4線式 또는 이 線에서 分岐되는 13.2KV 單相 2線式으로 統一하게 되어 있고, 農漁村 配電線路도 大部分 이 方式으로 建設되고 있다. 이 方式이 經濟的인 周知의 事實이나, 一定한 水準의 安全性을 維持하기 위하여는 格別한 配慮가 要請된다.

이 問題의 關聯해서 다음 몇가지 點을 記述한다.

a) 柱上變壓器의 絕緣

現在 新規로 建設되고 있는 1次 配電線路의 柱上變壓器는 一端接地(봉칭 1個)變壓器로서 그 1次側 定格電壓은 13.2KV이다. 그러나, 變壓器의 燒損에 依한 高低壓混觸 事故 等 其他原因으로 電壓線과 中性線間

에 短絡事故가 發生하면, 變壓器 1次側 端子電壓이 上昇한다 이 上昇電壓이 變壓器의 絶緣耐力보다 過大하

면 變壓器의 絶緣을 위협할 수도 있다. 따라서, 이 電壓上昇의 程度를 解析하기 위하여, 韓電 所屬 水原—烏山 間 約 10km의 22.9/13.2-KV 線路의 경우에 對한 事例研究를 行한 結果를 아래에 記述한다.

즉, 電壓線 a相線과 中性線間에 混觸이 發生하였을 경우(混觸地點을 約 1km 間隔으로 變化시킨), b 相線—中性線과 c 相線—中性線 間에 結線된 柱上變壓器의 1次側 電壓을 筆者가 이미 開發한 프로그램 패키지 (program package)를 使用하여 電子計算機로 計算한 結果는 그림 1.1~1.4와 같다.

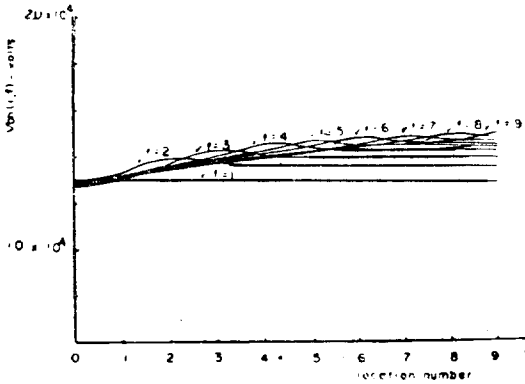


그림 1.1 混觸地點의 變化에 따른 b 相線—中性線間의 電壓分布

Fig. 1.1 B-phase-to-neutral potential distributions with variation of fault location

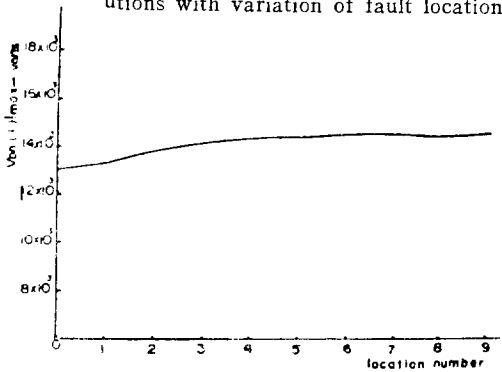


그림 1.2 b 相線—中性線 間의 最大 電壓分布

Fig. 1.2 Maximum b-phase-to-neutral potential distribution

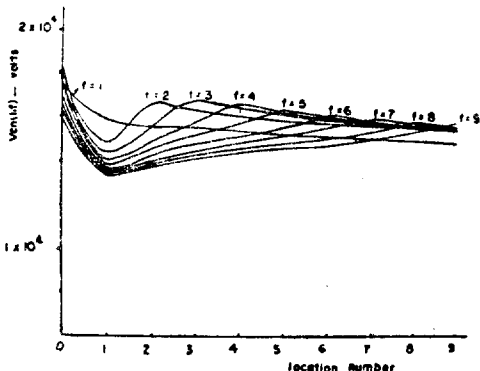


그림 1.3 混觸地點의 變化에 따른 c 相線—中性線間의 電壓分布

Fig. 1.3 C-phase-to-neutral potential distributions with variation of fault location

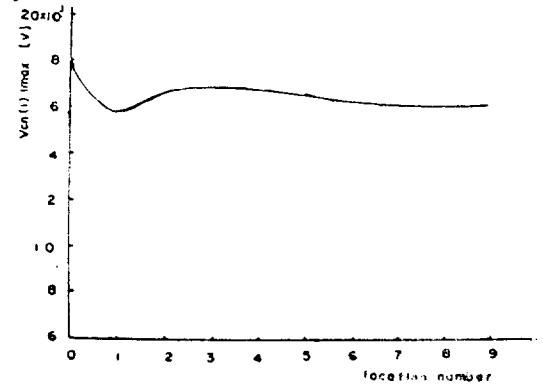


그림 1.4. c 相線—中性線間의 最大電壓分布

Fig. 1.4 Maximum c-phase-to-neutral potential distribution

그림 1.2 및 1.4에 依하면, b 相線의 變壓器의 電壓上昇은 別로 問題視되지 아니하나, c 相線의 變壓器에 是 最高 約 1.8KV까지 上昇한다. 이 電壓의 定格電壓에 對한 比는 1.38倍에 이므로, 現在 有効 接地를 基準으로 設計된 一端 接地變壓器의 絶緣 레벨에 對하여 검토가 요망된다. 이 問題에 對하여는 柱上變壓器 燒損率減少의 觀點에서 앞으로의 研究課題가 될 것으로 본다.

b) 柱上變壓器 結線

22.9/13.2-KV 配電線路에 設置하는 柱上變壓器는 1次側은 電壓線과 中性線間에 Y—結線하고, 2次側도 1端은 1次側 中性線과 電氣的으로 連結된 2次側 中性線에 結線하는 것이 原則이나, 實際로는 地域에 따라서는 2次側을 逆—V, 또는 △로 結線하여 使用하는 경우가 間或 있을 수 있다. 이것은 變壓器容量의 效率의 利用 및 變壓器 燒損率 減少의 觀點에서 極力 회피해야 할 것으로 본다.

c) 配電線路의 擔架

現行規程에 依하면, 配電線路의 擔架는 全혀 考慮되지 않고 있다. 그러나, 22.9/13.2-KV 配電線路는 그 規模面에서 過去의 20-KV 級 3次 送電線路와 對等하

고, 또 標準 裝柱面에 依하면 各相의 電線配置 間隔이 甚히 不等하다. 特히 農漁村 配電線路는 그 長이 긴 것이 特徵이므로, 現行대로 하면 各相의 impedance가 不平衡狀態에 있게 된다.

이 impedance의 不平衡이 特히 線路末端에서 相間 電壓의 不平衡要因에 附加되어 常時電磁誘導障害의 輕減面으로서도 不利하며 其他의 線路特性을 阻害한다. 따라서, 22.9/13.2-KV 線路에 對해서는 送電線路와 마찬가지로 撚架를 施行하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

I—IV. 配電系統의 信賴性

農漁村電化事業의 觀點에서 본 配電線路의 信賴性에 關聯된 事項으로서는 農村地域의 尖頭負荷의 抑制, 開閉器具의 早速한 國產化, 保護繼電裝置의 圓滑한 協調 등을 들 수 있다.

a) 尖頭負荷問題

農漁村 負荷는 負荷가 넓은 地域으로 分散되어 있고, 部落當의 負荷量이 微少하고 따라서 柱上變壓器의 單位容量도 極히 小한데 그 特徵을 찾을 수 있다. 그러나, 最近 主로 單相電動機로 驅動되는 脫穀機 등의 普及으로, 特히 夕食後 갑자기 尖頭負荷가 同時에 集中되어 柱上變壓器의 劣化를 誘起하거나 柱上變壓器를 燒損하는 경우가 많으며 앞으로 TV, 電氣다리미, 其他 動力 器具의 普及으로 尖頭負荷가 夕後에 集中될 要因이 漸高될 것으로 豫想된다. 따라서, 이 尖頭負荷 解消問題에 對한 研究가 遂行되어야 할 것으로 믿는다.

b) 開閉器具의 國產化

配電線路에 使用되는 各種 開閉器具를 從前에는 主로 輸入에 依存하여 왔으나 近年에 이르러서는 國產化가 이루어져, 漸次로 國產品으로 代替되어 가고 있으며, 品質面에서도 많이 改善되고 있다. 그러나, 外國製에 比하여 아직도 信賴度面에서 遜색이 있으며, 特히 製品의 品質管理面에서 均一性이 결여되고 있다. 이 主原因은 製造會社의 技術未熟과 零細性에 基因하나, 特히 技術的으로 問題가 되는 것은 이 製品의 性能을 檢證하는 試驗裝置가 國內에는 아직 設置되고 있지 아니하다는 點이다. 그 主要 試驗裝置는 遮斷 試驗裝置인바, 이 裝置는 高價이므로, 우리나라의 實情으로 보아 어느 한 製造業者나 需要者가 이 裝置를 保有하기에는 너무나 負擔이 크다. 따라서 筆者의 所見으로서는 需要者, 製造業者, 研究所 등이 共同出資 運營하는 등의 方途에 依하여 이를 施設, 運用하여, 上述한 開閉器具類의 國產化 促進 및 철저한 性能檢査 體制를 早速한 時日內에 確立하는 것이 配電線路의 信賴

度 向上面에서나, 工產品의 輸入代替(國產化)의 觀點에서 바람직하다고 본다.

c) 保護繼電裝置의 相互協調

技術的인 觀點에서 볼 때 配電線路의 信賴度 評價의 主要 尺度는 그 시스템에 採用된 保護繼電裝置의 性能이며, 이 裝置의 良否는 그 投資額의 多寡와 거의 比例關係가 있다. 그러나 우리나라의 實情으로 볼 때, 되도록이면 小額의 投資로서 適正 水準의 信賴度 維持 方案을 모색하는 것이 앞으로 研究課題라 하겠다.

特히 22.9/13.2-KV 配電線路의 信賴度 向上에는 繼電器, line fuse, recloser, sectionalizer, 柱上變壓器의 primary cutout switch(또는 禍子型 開閉器) 및 catch holder, 其他 開閉器具의 相互協調에 의하여 圓滑한 區分遮斷을 行함으로써 事故의 波及을 極小化하는 보다 철저한 研究가 必要하고, 이와 併行해서 前述한 國產 開閉器具類의 品質改善 및 生産原價節減方案이 講究되어야 할 것으로 본다.

I—V 結 論

1. 農漁村用 配電線路電線 斷面積의 最適設計를 위한 電子計算 프로그램을 開發하였다.
2. 200/100-V 級 兼用 電氣器具의 農漁村에의 普及 促進을 위하여, 그 絕緣耐力과 配電系統 異常電壓(商用周波)과의 關聯性을 究明하고, 그 絕緣耐力 引下 및 異常電壓의 經濟的 抑制方法을 提示하였다.
3. 柱上變壓器 燒損率 減少의 觀點에서 柱上變壓器의 絕緣耐力 및 結線에 關聯된 問題를 提起하였다.
4. 22.9/13.2-KV 配電線路의 撚架를 提案하였다.
5. 農漁村의 尖頭負荷問題, 開閉器具의 國產化問題 및 保護繼電裝置의 相互協調問題를 論議하였다.

參 考 文 獻

1. 農漁村電化 推進本部— 73年度農漁村電化事業指針, 12/1972
2. 韓電— 配電線路電壓降下計算方法, 5/1972
3. 朴永文— 電子計算機에 依한 配電線路 電線斷面積의 經濟的 設計法, 電氣學會誌 Vol. 24, No. 59/1975

II 農漁村電燈設備의 適正化

II—I 電燈設備의 經濟的 設計

a) 農漁村의 住宅構造 및 意匠

우리나라 農漁村의 住宅構造는 대체로 다음과 같다.

(1) 房의 규모

안방의 구조는 2.7×2.7m, 2.4×3.0m 및 2.7×3.0m 형이 가장 많고, 이들 중에서도 2.7×2.7m가 대표적이다.

천정의 높이는 2.2m이다.

건너방은 2.4×2.7m, 2.4×3.0m, 2.7×2.7m, 2.7×3.0m 형이 가장 많고 2.4×2.7m가 대표적이다. 천정 높이는 2.2m이다.

사랑방은 2.4×2.7m, 2.4×3.0m에 높이 2.2m로서 2.4×3.0m가 대표적이다.

주방은 3.0×3.0m, 2.7×2.7m에 높이 3.1m가 가장 많고, 2.7×2.7m가 대표적이다.

(2) 房內裝材의 反射率

안방, 건너방, 사랑방등의 사람이 늘 거주하는 방의 內裝材는, 대체로 시판되고 있는 內裝材를 사용하는 밝은 방과, 신문지나 마분지를 사용하거나 흡치장을 하는 등의 어두운방으로 나누어지며, 밝은 방은 천정 벽면의 反射率이 각각 80%, 50%이고, 어두운방은 각각 50% 30%로 된다. 방바닥의 反射率은 장판이나 신문지 또는 돛자리를 사용하는 경우 대체로 10% 내외로 된다.

b) 各房의 照明設計

각방에서 최저의 視作業을 할 수 있는 下限의 照度를 40lx로 하고, 안락한 작업을 할 수 있는 照度를 100lx로 취하였다.

그리고 작업면의 높이는, 안방, 건너방, 사랑방등의 座席生活의 경우는 45cm로 하였고, 주방은 立席이므로 75cm로 취하였다.

(1) 안방의 照明設計

방의 특징 2.7×2.7m, 높이 2.2m
실내면 반사율 천정 80%~50% 벽면 50%~30%
전등의 높이 H=2.2-(0.5+0.45)
=1.25m

여기서 0.45m는 작업면의 높이 0.5m는 전등의 천장으로부터의 매달림의 길이

燈器의 종류 配照型 直接照明器具

$$\text{房指數} = \frac{XY}{H(X+Y)} = \frac{2.7 \times 2.7}{1.25(2.7+2.7)} = 1.08$$

減光補償率 전구를 사용하는 경우 1.3

형광램프의 경우 1.5

照明率 방내면의 反射率이 좋은 경우 (밝은 房) 0.48

反射率이 나쁜 경우 (어두운 房) 0.44

照度 40lx 또는 100lx

$$\text{필요한 總光束 NF} = \frac{DEA}{U}$$

電球 사용하며, E=40lx 이고, U=0.48 또는 0.44인 경우

$$NF = 789 \sim 861 \text{ lm}$$

E=100lx 이고 U=0.48 또는 0.44의 경우

$$NF = 1974 \sim 2153 \text{ lm}$$

螢光램프를 사용하며 E=40lx의 경우 U=0.48 또는 0.44

$$NF = 911 \sim 994 \text{ lm}$$

E=100lx의 경우

$$NF = 2278 \sim 2485 \text{ lm}$$

(2) 건너방의 照明設計

방의 특징 2.4×2.7m 천정높이 2.2m 실내면 반사율 천정 80%~50%, 벽 50%~30%, 電燈높이 H=1.25m

燈器는 配照型 直接照明器具

$$\text{房指數} = \frac{2.4 \times 2.7}{1.25(2.4+2.7)} = 1.01$$

減光補償率 전구의 경우 1.3

螢光燈의 경우 1.5

照明率 밝은 방의 경우 0.47

어두운 방의 경우 0.43

照度 40lx~100lx

電球를 사용하며

$$\text{照度 } 40lx \quad NF = 716 \sim 783 \text{ lm}$$

$$\text{照度 } 100lx \quad NF = 1792 \sim 1958 \text{ lm}$$

螢光燈 사용할 경우

$$E = 40lx \quad NF = 827 \sim 904 \text{ lm}$$

$$E = 100lx \quad NF = 2068 \sim 2260 \text{ lm}$$

(3) 사랑방의 照明設計

방의 특징 2.4×3.0m, 천정높이 2.2m, 실내면의 반사율 천정 80%~50%, 벽 50%~30% 전등의 높이 H=1.25m

燈器는 配照型 直接照明器具

$$\text{房指數} = \frac{2.4 \times 3.0}{1.25(2.4+3.0)} = 1.06$$

減光補償率 전구의 경우 1.3, 螢光燈의 경우 1.5

照明率 밝은 房의 경우 0.48

어두운 房의 경우 0.44

照度 40lx~100lx

電球를 사용하며

$$\text{照度 } 40lx \quad NF = 780 \sim 850 \text{ lm}$$

$$\text{照度 } 100lx \quad NF = 1950 \sim 2127 \text{ lm}$$

螢光燈을 사용하며

$$\text{照度 } 40lx \quad NF = 900 \sim 981 \text{ lm}$$

$$\text{照度 } 100lx \quad NF = 1950 \sim 2127 \text{ lm}$$

(4) 주방의 照明設計

房의 尺寸 2.7×2.7m, 높이 3.1m, 房內面의 反射率 추정 80%~50%, 벽 50%~30% 電燈의 높이 H=1.65m, (작업면 높이 0.75m 器具다는 길이 0.75m)

燈器는 配照型直接照明器具

$$\text{房指數} = \frac{2.7 \times 2.7}{1.65(2.7+2.7)} = 1.15$$

減光補償率 電球는 1.3 螢光燈 1.5

照度 40lx~100lx

電球를 사용하며

$$E=40lx \quad NF=773\sim842lm$$

$$E=100lx \quad NF=1934\sim2104lm$$

螢光燈을 사용하며

$$E=40lx \quad NF=892\sim971lm$$

$$E=100lx \quad NF=2231\sim2428lm$$

II-II 電燈設備의 標準化

a) 電燈의 標準化

안房, 건너房, 사랑房, 주방등에 電球照明을 할 경우 最低照度 40lx에 필요한 總光束은 밝은 房으로부터 어두운 房에 716~861lm이며 이것은 白熱電球 100V 60W의 發散光束 760±137lm에 해당한다. 한편 안락한 照度인 100lx에서는 必要한 總光束이 1792~2153lm으로서 白熱電球 100V 100W의 發散光束 1500±270lm보다 많으며, 100V 150W인 2450±441lm보다 적다. 그러므로 이 照度에 필요한 白熱電球의 規格은 다음과 같이 제정할 必要가 있다. 즉 100V 120W 發散光束 1880±380lm이다.

螢光燈照明을 할 경우에는 照度 40lx에서 필요한 總光束은 827~994lm이며, 이것은 100V.20W인 白色螢

光램프의 發散光束 900±150lm 범위내에 해당된다. 照度 100lx에서는 필요한 總光束이 1950~2485lm으로서 100V 40W인 白色螢光램프의 發散光束인 2300±360lm에 해당된다.

그러나 房의 구조에 調和시키기 위하여 直管이 아니고 環型管인 썬크라인램프로 하는 것이 適當하다.

b) 照明器具의 選定

經濟的인 照明器具로서 또한 效率的인 照明方式으로서, 作業面에서 高照度를 얻기 위하여는, 大部分(90~100%)의 發散光束을 아래방향으로 향하게 하는 直接照明器具가 가장 適當하다. 그러나 이器具는 주위와 의 심한 光度對比, 질은 그림자, 反射 눈부심등으로 작업자를 괴롭히는 흠이 있다. 이 器具에서는 白熱電球를 사용할 경우 直射光이 직접 눈에 들어오는 것을 방지하기 위하여 15~25° 정도 의 遮光角이 必要하다.

이 反射型器具는 配光을 넓게 하는 配照型이 適當하며, 銅板製反射값에 器具의 效率를 증가 시키는 反射率이 80% 정도 의 白色케인트 塗布가 가장 經濟的인 이며 堅固하다.

螢光램프를 사용할 경우에는 램프가 低輝度이므로, 遮光角이 필요 하지 않다. 길이 가 낮은 配照型反射값 이면 충분하다.

그러나, 安定器에서의 電力損에 의한 溫度過昇을 방지하기 위하여, 安定器 內장부분에, 溫度放出에 충분한 通風口의 설치가 必要하다.

II-III. 結 論

1. 우리나라 農漁村住宅의 各房의 經濟的인 照明으로 는 白熱電球 60W 또는 環型 白色螢光램프 20W가 適當하고, 안락한 照明을 얻기 위해서는 電球 120W, 螢

<표 II-1>

各房의 照明에 適當한 電燈

房의 종류	房의 크기	필요한 總光束			電球 사용		螢光램프사용		備考
		電燈의 종류	40lx	100lx	40lx	100lx	40lx	100lx	
안 房	2.7×2.7m	電 球	789~861	1974~2153	60W	120W			추정고
		螢光燈	911~994	2278~2485			20W	40W	2.2m
건너房	2.4×2.7m	電 球	716~783	1792~1958	60W	120W			"
		螢光燈	827~904	2068~2260			20W	40W	
사랑房	2.4×3.0m	電 球	780~850	1950~2170	60W	120W			"
		螢光燈	900~981	2250~2450			20W	40W	
주방	2.7×2.7m	電 球	773~842	1934~2104	60W	120W			추정고
		螢光燈	892~971	2231~2428			20W	40W	3.1m

光램프白色 40W 環型이 적당하다.

2. 照明器具는 經濟的이고 效率的이고 堅固性이 좋은 鋼製配照型直接照明器具가 적당하다.

Ⅲ 單相線路에 있어서의 3相電動機의 平衡運轉

III—I 緒 論

우리나라 農漁村의 급진적 電化開發에 따라 單相配電線路의 지역이 넓어지고, 또한 線路가 장거리로 된 結果 線路의 負荷時 電壓降下가 심하다.

특히 農漁村에서 必要한 負荷로 펌프, 탈곡기 기타 여러가지 電動力이 있는데 이의 起動運轉의 Inrush 電流에 의한 線路電壓降下때문에 電動機의 使用이 힘들고, 심지어는 運轉不能한 경우가 생기고 또한 隣接負荷에도 영향을 끼친다. 이러한 현상은 負荷容量이 커질수록 크게 나타난다. 그리고 여기에 使用되는 電動機는 모두 單相電動機는 3相電動機에 比較하여 같은 容量에서 起動時의 Inrush 電流는 크고 效率는 낮고, 價格은 비싸다. 그림 III-1은 單相과 3相 電動機의

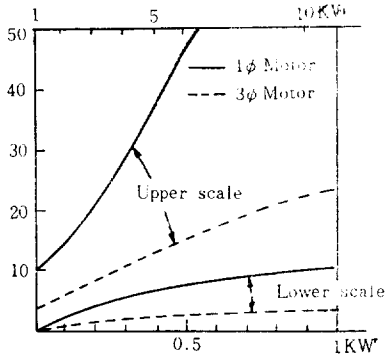


그림 III-1 200V用 電動機의 Inrush 電流
Fig. III-1 Inrush Current of 200V motor

Inrush 電流에 대한 比較曲線 (1)이다. 그림에서 표시한 바와 같이 6A의 電流인 0.35KW의 單相電動機는 같은 6A의 電流基準에서 2KW의 3相電動機를 使用하여도 電壓降下가 같다는 結論이 된다. 이것은 다시말하면 使用負荷를 5배이상으로 증가시킬 수 있다. 이러한 實用可能性은 相變換에 의한 單相의 3相化에 의해 이루어진다고 본다. 그리고 單相線路만으로 電力이 供給되었던 지역이 장차 3相線路로 改修되는 경우 위의 3相動力負荷는 그냥 使用할 수 있다. 끝으로 單相電動機의 製作은 限界가 있다. (약 3HP이하) 美國의 農村은 이미 이러한 것을 감안하여 50HP까지 單相線路에서

相變換器에 의한 3相電動機를 사용하고 있다.[2]

이러한 것을 종합 검토하건데 單相線路에서 相變換器(Phase Converter)에 의한 3相電動機의 運轉은 農漁村用 電動力應用에 많은 도움을 줄 것이다.

相變換回路로서는 종래 3相誘導電動機의 端子에 각각 아드미턴스콘 콘덴서와 리액터를 接續하여 單相電源으로 운전하는 소위 모노사이클 방식(3)이 있다. 이외에 콘덴서 單獨插入 또는 콘버터모터(4)등이 이러한 目的에 대해 研究되어 왔다. 위의相變換器들은 平衡運轉에 있어 콘덴서單獨의 경우는 콘덴서 容量의 過大와 運轉時의 容量可變이 힘들고, 모노사이클方式은 콘덴서, 리액터의 可變이 복잡하고, 콘버터모터의 경우는 너무 高價의 裝置가 된다. 本文에서는 콘버터모터의 動作原理를 利用한 單卷變壓器-콘덴서相變換器를 適用하여 平衡條件을 구하고 3相電動機의 圓線圖를 사용한 平衡條件時의 單卷變壓器의 電壓, 콘덴서의 값을 圖式的으로 어떠한 速度에서도 最適平衡運轉이 되도록 규명하였다.

III-II 相變換器의 選定

相變換器는 單相線路에서 3相電動機 運轉에 불가결한 것이다. 따라서 相變換器의 形態의 選定은 3相平衡條件에 대단히 중요하다. 本 研究에서는 그림 III-2

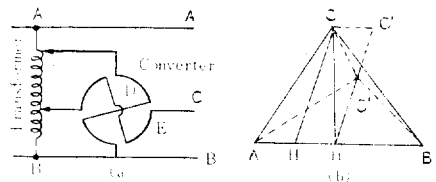


그림 III-2. 2相電動機相變換器回路와 벡터線圖
Fig. III-2. Twophase motor phase Converter Circuit and its output voltage vector

에 표시한 2相電動機相變換器回路의 原理를 利用하여 單卷變壓器-콘덴서로 구성되는 相變換回路를 使用하였다. 그림 III-2에서 $AB=$ 單相起電力, $CH=\frac{\sqrt{3}}{2}AB$ 이고 相 E에 발생하는 起電力이다. 位相關係는 $AB \perp CH$, $AC=BC=AB$ 이면 평형 3相電壓은 A, B, C 端子에서 얻어진다. 電動機負荷의 變化에 의해 그림 (b)와 같이 不平衡이 되는 경우 CH는 C'H로 推移하고, 3相電壓은 AB, AC' 그리고 BC'가 된다. 이 負荷狀態에서 平衡狀態電壓을 유지하기 위해 E相의 電壓을 HC'에서 HC''로 증가시키려면 電動機 D相의 電壓을 증가시켜야 한다. 여기서 CC''는 AB와 平行이므로 H점을 H'점에 이동시키면 $HH'=CC''$ 이고 C''는 C에 일치되고 平衡이 유지된다.

그림 III-2의 HC''의 電壓降下는 $X_c=1/\omega C$ 로 보상

하고 CC'의 電壓降下는 單卷變壓器의 2次電壓으로 보 상하면 2相電動機-相變換回路의 等價로 그림 III-3(a) 와 같은 單卷變壓器-콘덴서 相變換回路를 구성시킬

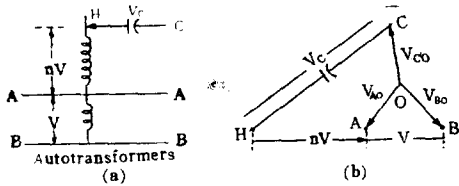


그림 III-3. 單卷變壓器-콘덴서 相變換器 回路와 電壓벡터

Fig. III-3 Autotransformer-condenser phase converter circuit and out put voltage vector diagram.

수가 있고 이것에 의한 3相電動機의 電壓벡터를 표시 하면 그림 III-3 (b)와 같다.

電動機의 相電壓 V_{AO} , V_{BO} , V_{CO} 는 不平衡의 경우 식(III-1)로 표시 된다.

$$\begin{pmatrix} V_{AO} \\ V_{BO} \\ V_{CO} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{A00} \\ V_{A0P} \\ V_{A0N} \end{pmatrix} \quad (III-1)$$

여기서 a 는 operator 이고 다음과 같이 표시된다.

$$\left. \begin{aligned} a &= e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\sqrt{\frac{3}{2}} \\ a^2 &= e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - j\sqrt{\frac{3}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (III-2)$$

또 V_{A00} , V_{A0P} , 그리고 V_{A0N} 은 相零, 正相 및 逆相 電壓이 된다. 또 線間電壓과 相電壓의 關係는

$$\left. \begin{aligned} V &= V_{AO} - V_{BO} \\ nV &= V_C + V_{C'} - V_{BO} \end{aligned} \right\} \quad (III-3)$$

로 표시되고 식(IV-1)과 식(III-3)에서 單卷變壓器의 1次電壓에 대한 2次電壓의 배수 n 는

$$n = \frac{V_{A0P}(a-a^2) + V_{A0N}(a^2-a) + V_C}{V_{A0P}(1-a^2) + V_{A0N}(1-a^2)} \quad (III-4)$$

平衡運轉狀態에서는 $V_{A00}=0$, $V_{A0N}=0$ 이므로

식(III-4)는

$$\left. \begin{aligned} n &= \frac{a}{1+a} + \frac{V_C}{(V/\sqrt{3})e^{-j30^\circ}(1-a^2)} \\ nV &= Ve^{j60^\circ} + V_C \end{aligned} \right\} \quad (III-5)$$

A相 및 C相에 흐르는 電流는

$$\left. \begin{aligned} I_A &= \frac{V}{\sqrt{3}} I^{-j30^\circ} \dot{Y}_s \\ I_C &= I_A e^{j120^\circ} = \frac{V}{\sqrt{3}} I^{-j90^\circ} \dot{Y}_s \end{aligned} \right\} \quad (III-6)$$

이고, Y_s 는 電動機의 슬립 S 일 때의 1相卷線의 어드미턴스가 된다. 따라서 콘덴서에 걸리는 電壓 V_C 의 크기 및 位相은

$$V_C = I_C X_C = \frac{V}{\sqrt{3}} \dot{Y}_s e^{j90^\circ} X_C \quad (III-7)$$

이 식을 식(III-5)에 대입하면

$$\sqrt{3} ne^{-j30^\circ} Y_C = \sqrt{3} e^{-j30^\circ} Y_C + Y_s \quad (III-8)$$

위의 식(III-8)은 슬립 r 로 電動機를 運轉할 때의 平衡運轉條件식이 되며, 여기서 $Y_C = 1/X_C$ 이다.

III-III 平衡運轉時의 n , C 의 決定

a) 相變換器의 調整

誘導電動機에 있어, 卷線어드미턴스의 값은 起動에서 부터 定格速度에 걸쳐 變化되나 이 값의 軌跡는 圓線圖로 표시되기 때문에 平衡條件의 값은 그 電動機의 圓線圖를 利用하여 구할 수 있다.

그림 III-3은 電動機의 圓線圖이고, 콘덴서의 어드미턴스 $Y_C = \overline{MO}$ 를 純캐파시티브로 보면 $\overline{OM} \perp \overline{OV}$ 이다. $\overline{KO} = \sqrt{3} n \overline{MO} e^{-j90^\circ}$, $\overline{LO} = \sqrt{3} \overline{MO} e^{-j30^\circ}$, 그리고 $\overline{OP} = Y_s$ 의 P 는 圓線圖의 圓周上에 존재하고 電動機의 어드미턴스가 된다.

$$\overline{KO} = \overline{PL} = \overline{LO} + \overline{OP}$$

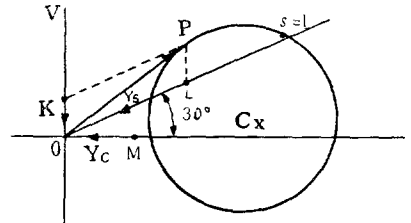


그림 III-4. 平衡運轉條件의 圖示表示

Fig. III-4 Graphical representation of the balanced running conditions

즉 \overline{KP} 와 \overline{OL} 는 方向과 크기가 같다. 주어진 Y_s 즉 \overline{OP} 에 대해 식(III-8)의 平衡條件을 充足시키는 平行四邊形 $OKPL$ 는 존재하고 어떠한 슬립에 대해서도 平衡條件을 만족하는 外部어드미턴스 C 와 電壓이 존재한다.

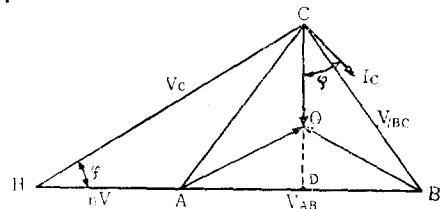


그림 III-5 電動機에 印加되는 平衡電壓, 電流의 벡터
Fig. III-5 Voltage, current vector of Motor under balanced running Conditions.

b) 數值測定

平衡運轉의 n, C 値를 알기위해 그림 IV-4의 $\overline{OK}, \overline{OL}$ 상에 n, C 의 全速度에 대한 값이 표시되어야 한다. 그러기 위해서는 電動機의 어느 任意的 한點에서의 平衡條件의 n, C 値를 구하여야 한다. 本文中에서는 起動時의 n, C 를 구한다. 그림 III-5는 起動時의 電動機平衡電壓의 벡터線圖이다. 여기서

$$V_{CD} = V_C \sin \phi = \frac{\sqrt{3}}{2} V,$$

$$V_C = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{V}{\cos \phi} = I_C X_C = I_C \left(\frac{1}{2\pi f C} \right)$$

· 므로

$$C = \left(\frac{I_C}{V_C} \right) \left(\frac{1}{2\pi f} \right) \\ = \left(\frac{I_{st}}{V} \right) \left(\frac{2 \sin \phi_{st}}{\sqrt{3}} \right) \left(\frac{1}{2\pi f} \right) \quad (III-9)$$

여기서 $I_A = I_B = I_C = I_{st}$ 즉 起動電流가 된다. 또 ϕ_{st} 는 이때의 電壓, 電流의 位相角이다. 또 n 의 값은

$$nV = \frac{1}{2} V + \left(\frac{\sqrt{3}}{2 \sin \phi_{st}} \right) \cos \phi_{st}$$

혹은

$$n = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi_{st} \quad (III-10)$$

식(III-9), 식(III-10)에 의해 平衡運轉(起動時)의 相變器의 C, n 가 決定된다.

그림 III-6은 本研究에서 사용한 7.5[HP], 60[Hz], 220[V],의 3相誘導電動機의 圓線圖이고 起動時($s=1$)의 相變換器의 C, n 値는

$$C = \left(\frac{92}{220} \right) \left(\frac{2 \times 0.86}{\sqrt{3}} \right) \left(\frac{1}{2 \times 3.14 \times 60} \right) \\ = 1,100 [\mu F] \\ n = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \times 0.64 = 1.05$$

이 값을 $S=1$ 에서 $\overline{OK}, \overline{OL}$ 상에 기입하고, 이 눈금에 따라 모든 슬립에서 平衡條件을 充足하는 C, n 를 표시한 것이 그림 III-7이다.

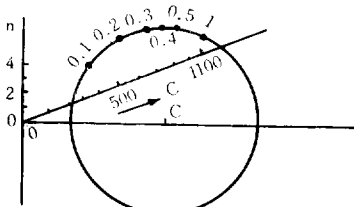


그림 III-6. 相變換器用 콘덴서와 電壓을 사용한 경우의 平衡條件의 圖示表示

Fig. III-6. Graphical representation of the balanced running Condition when a Condenser and a autotransformer Voltage are use as Y_c and n respectively

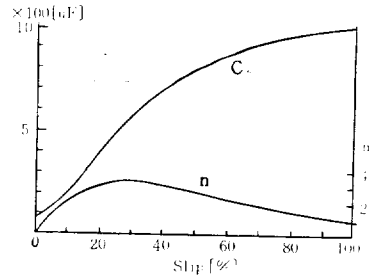


그림 III-7. 平衡條件을 充足시키는 콘덴서 C와 電壓 n
Fig. III-7. Required static Capacity and Voltage n Vs. Slip of Motor under balanced running Conditions

이 C 와 n 와의 曲線에서 슬립 $s=5\%$ 에 대해서 $C=110[\mu F]$, $n=1.2$, $s=10\%$ 에서는 $C=250[\mu F]$, $n=2.3$ 인 것을 알 수 있다. 이 電動機의 定格負荷速度는 $s=2.7\%$ 이고 $C=100[\mu F]$, $n=0.7$ 이고 실제의 값과 거의 비슷한 값이 된다.

III-IV 結 論

農漁村의 單相線路에서의 電動力應用에 있어서는 平衡 3相化가 必要하였고 이렇게 하기 위해서는 適切한 相變換器가 要求된다.

本 研究에서는 單卷變壓器 및 1개의 外部 어드미턴스를 사용하여 3相誘導電動機를 單相으로 運轉함에 있어, 平衡運轉을 위해 필요한 外部 어드미턴스 및 變壓器 2次電壓의 값을 決定하였다. 그 방법으로서는 平衡條件의 數式과 電動機의 全速度에 대한 卷線어드미턴스를 표시하는 圓線圖를 結合시켜 어떠한 경우의 速度에 있어도 平衡運轉이 되는 값을 定하였다. 全速度에 대한 平衡條件의 값의 규정은 일반적인 解析方法으로는 복잡한 대 비하여 이 방법은 平衡基本式과 圖式으로 解를 얻기 때문에 비교적 簡單하고 實用的이면 數值計算에서도 아는 바와 같이 實測値와 거의 비슷하다.

앞으로의 本研究課題로서는 速度에 따르는 콘덴서 및 電壓을 몇 區分하며, 速度에 따라 어떠한 方法으로 自動적으로 이것을 切換하는 가 하는 것이다.

參 考 文 獻

[1] 元鍾洙著 「電動機條理」 敎文社 1972.
[2] M.J. Keuper, "Operating Experiences with Three-phase Motors on Single-phase line" IE-EE Trans. Ind. Gen. Appl., Vol. IGA-2 No.6, pp. 443-445, Jan./Feb. 1966.
[3] Liwshitz and Whipple "Electric Machines