

電力系統 運用의 自動化

Computer Application for Power System Operation

金 昌 茂

韓電 發電處 自動給電部長

1. 緒 言

電力의 需要는 經濟成長 및 國民生活 水準의 向上에 따라 持續的으로 增加하고 있으며, 이에 對應하여 發電, 送電, 變電 및 配電設備等 電力을 發生·輸送하는 設備 또한 계속 建設 擴張되고 있다.

이러한 設備들이 相互 有機的으로 結合되어 形成된 電力系統은 需要의 增加에 따라 漸次 大規模·複雜化되어가고 있으며, 그 運用에 있어서도 信賴性과 經濟性을 동시에 만족시켜야 하는 서로 相反된 目的追求, 社會의 서어비스 改善 要求 및 系統運用技術의 複雜·高等化에 適切히 對處해야 하는 등 어려운 問題들이 계속 增大되고 있다.

따라서 종래의 人爲的 判斷에 의한 電力系統의 效率의 運用은 거의 不可能하게 되었다. 또한 短時間에 量的으로 集中된 單純 反復의 定型的 業務나 高度의 技術計算을 必要로 하는 系統特性 把握, 運用 및 豫測, 安全制御解析等 人間이 處理하기 어려운 業務를 컴퓨터시스템을 利用하여 自動으로 高速處理토록 하고 運轉員은 臨機應變의 판단, 조치 및 分析業務等に 專念토록 하는 경우 電力系統 運用의 效率化를 기할 수 있다.

이러한 電力系統 運用自動化 必要性 增加 및 컴퓨터 하드웨어·소프트웨어의 비약적인 技術向上에 힘입어 현재 各 電力會社들은 電力系統의 發達過程, 運用體制 및 設備構成等 各自의 特性에 알맞는 自

動化시스템을 設置·運用하고 있다.

다음은 韓國電力公社의 現 自動給電시스템 및 87年度 竣工을 目標로 推進中인 綜合自動化 시스템 (EMS: Energy Management System)을 中心으로 하여 電力系統 運用自動化 技術을 소개하고자 한다.

2. 電力系統 自動化 시스템

2.1. 自動化 시스템 現況

現在 하나의 中央給電自動化시스템과 2개의 地域給電 自動化시스템을 運用하고 있으며 相互間資料 連繫없이 各各 個別 制御하고 있다. 中央給電自動化시스템 (NCC: National Control Center)은 經濟給電을 위한 發電機 出力制御와 345KV 및 154KV 主要系統監視·制御用으로서, 全國 重要 發電所 및 變電所에 50개의 遠隔設備을 갖고 있다. 地域給電 自動化 시스템 (RCC: Regional Control Center)은 該當地域의 154KV以下 電力系統의 遠隔 監視·制御用으로 앞으로 5~6個 追加 建設될 豫定이다.

2.2. 自動化 技術 動向

電力系統 運用의 自動化 技術은 1950年代의 單純한 遠隔 監視機能으로부터 出發하여 1960年代의 컴퓨터를 利用한 集中 遠隔 監視·制御 및 自動 發電 制御(經濟給電), 1970年代의 運用計劃 및 實時間系

統解析 順으로 發展을 거듭하여 現在에는 安全制御 및 最適運用의 機能까지 可能하게 되었다.

또한 全体的인 觀點에서 綜合處理를 必要로 하는 NCC와 地域.Block 單位로 運用되는 RCC의 相互連繫에 의한 制御시스템의 階層構成으로 전체 電力系統 및 自動化시스템을 效率的으로 運用하기 위한 綜合自動化시스템이 必要하게 되었다.

以上과 같은 最新 運用 技術의 適用에 의한 電力의 品質改善과 經濟給電 效果增進, 階層構成에 의한 全体 시스템의 效果的인 運用을 目的으로 EMS 시스템의 導入이 推進되고 있다.

3. EMS 시스템

3.1. 시스템 概要

EMS 시스템은 狀態推定, 想定事故解析, 最適潮流計算 및 給電員 訓練模擬 機能等 最新 自動化 機能을 모두 갖추고 있으며, 各RCC와의 資料 連繫에 의한 階層制御로 全体 電力系統을 總括 制御할 수 있다.

즉, 全國 主要 發電所 및 345KV 變電所는 NCC에서 直接 監視·制御하고, 小規模 發電所 및 154KV 以下 變電所는 各 地域別로 設置된 RCC에서 監視·制御하면서 通信回線을 통한 資料連繫로 필요한 情

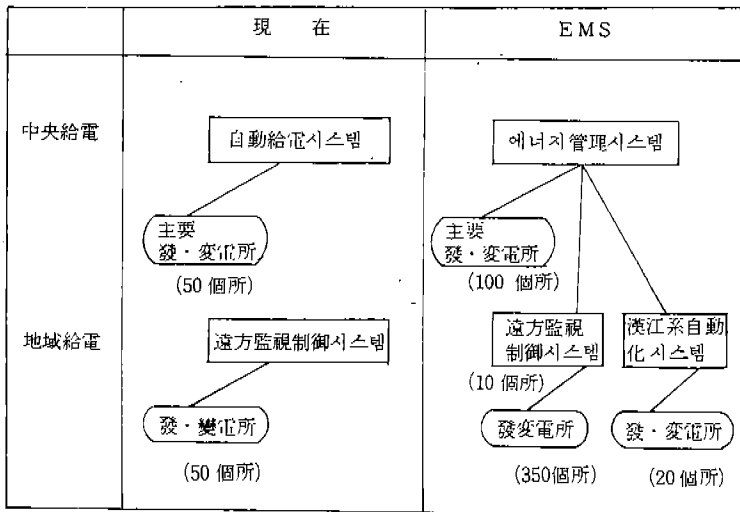
ಿತ아를 NCC에 傳送하며 또 NCC에 의해 間接 制御될 수 있다.(그림1 참조)

3.2. EMS 시스템 構成

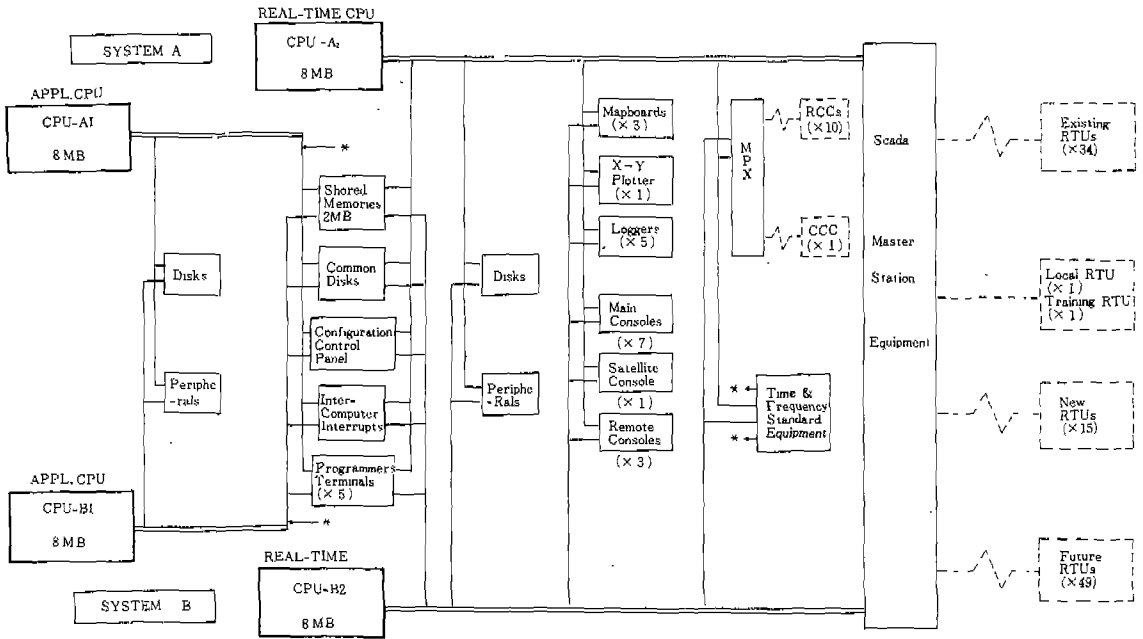
컴퓨터 負擔減少 및 效果的인 運用을 고려한 시스템 構成으로, 資料取得, 制御, 發電力 調整등의 單純·反復機能을 處理하는 컴퓨터와 安全制御, 計劃 및 運用等 高度의 技術計算을 수행하는 컴퓨터로 나뉘어 있으며, 信賴度 向上을 爲하여 各各 後備 컴퓨터를 具備하고 있다(그림2 參照).

EMS 시스템을 構成하는 主要設備는 다음과 같다.

- (1) 컴퓨터 시스템
 - CPU (32Bit, 8 MB) 4 대
 - 補助記憶裝置 (268 MB) 8 대
- (2) 人間·機械 連絡裝置 (MMI)
 - 콘솔 (2 CRT) 7 대
 - 大型 CRT (20"×70") 1 대
 - 리모트 콘솔 3 대
 - 프로그램용 터미날 5 대
 - 라인 프린터 7 대
 - X-Y 플로터 1 대
- (3) 通信 連絡裝置
 - 遠隔所 連繫 設備 (100RTU 可能)
 - 地域시스템 連繫 (10RCC, 1CCC)



〈그림 - 1〉 階層制御시스템 概念圖



〈그림-2〉 시스템構成圖

(4) 遠隔所 設備(RTU : Remote Terminal Unit)

- 既存 設備改造 (34대)
- 新設 (15대)

(5) 電力系統盤

- 主系統盤 (17^m × 5^m)
- 狀況室 系統盤 (2)

(6) 其他 (電源 供給設備)

3.3. EMS 主要機能

3.3.1 資料取得 및 制御

各 發·變電所에 設置되어 있는 遠隔所 設備(RTU)로 부터의 資料 取得 및 制御는 그 種類에 따라 다음의 週期로 實行한다.

- Status 資料(遮斷器等 狀態) : 2 sec, 10sec
- 아날로그資料(負荷, 電壓等) : 2 sec(發電所), 10sec(變電所)
- MWH (發電量等) : 1Hr
- 制御信號 : 4 sec(發電機 出力)

또한 EMS시스템은 RCC와 연결된 모든 發·變電所의 資料取得 및 制御도 가능하다.

3.3.2 資料 連繫

EMS 시스템은 現在 運用 중인 RCC는 물론 建設 또는 計劃 중인 모든 RCC(전체 10개소)와 資料連繫에 의한 階層 制御 機能을 가지며, 本社 事務用 컴퓨터(IBM 4341)와도 資料 傳送可能하다.

3.3.3 遠隔 制御

遠隔制御 命令은 誤操作 또는 通信系統 異常 등이 컴퓨터시스템에 의해 自動으로 檢討된 後 實行되며 다음의 制御가 可能하다.

- ON/OFF制御(發電機, 遮斷器等)
- 變壓器 TAP 調整
- 發電機 出力制御
- 遠隔 起動, 停止(內燃, 水力發電機)

3.3.4 人間-機械 連絡機能

(MMI : Man-Machine Interface)

EMS 시스템과 運轉員과의 連絡은 주로 콘솔에 의해 수행된다.

各 RCC 및 RTU로 부터 取得·演算處理된 모든 데이터는 CRT畫面을 통하여 要求 즉시 表示되며 데이터 베이스에 一定期間 貯藏되거나 가장 새로운

메이타로 更新(Update) 된다.

따라서 運轉員은 CRT畫面을 통하여 自己가 願하는 最新資料는 물론, 이러한 資料의 과거 動向을 나타내는 그래프도 지켜볼 수 있다.

取得된 資料나 이로부터 演算處理된 資料가 規定된 값을 超過하거나 急激히 變할 때 (또는 狀態 變動), 컴퓨터시스템은 그 重要度에 따라 各各 다른 警報 信號를 發生하며 CRT畫面에 表示하여 運轉員이 즉시 認知할 수 있도록 한다.

이밖에 全体 電力統運用 狀況을 表示하는 潮流計算 結果를 상세히 自動作成하는 X-Y 플로터를 具備하고 있다.

3.3.5 記錄

EMS시스템의 모든 取得된 資料, 演算處理된 結果 및 CRT畫面等은 라인 프린터로 出力 可能하며 마그네틱 테이프에 長期 保管된 후 再出力될 수 있다.

3.3.6 電力系統盤

全体 電力系統, 發·變電所와 送電線路等의 連結·運轉狀態를 On-Line 實時間으로 表示하는 系統盤으로 發·變電所의 遮斷器 動作, 異常條件 發生 停電事故와 送電線路의 遮斷, 過負荷 發生 즉시 該當 設備의 表示燈 點滅 및 적절한 警報發生으로 運轉員이 신속한 상황 파악 및 필요한 措置를 取할수 있도록 한다.

3.3.7 發電費用 計算 및 評價

發電機의 經濟的 運用計劃 및 評價는 다음과 같이 나누어 생각할 수 있다.

○事前計劃(負荷豫測, 發電機 起動, 停止, 水力發電計劃等)

○實行計劃(自動發電制御, 經濟給電)

○事後評價(發電費用 計算)

이와 關聯된 모든 프로그램은 相互有機的으로 結合되어 메이타의 원활한 轉換이 이루어지며, 計劃 및 檢討, 데이터의 保存 및 修正, 日間 또는 月間 發電費用 計算 및 評價等에 利用된다.

3.3.8 自動發電制御 및 經濟給電

이 機能은 經濟性과 신뢰성을 동시에 考慮한 發電力의 制御이다.

즉 實際 運用 및 安全制約 범위내에서 發電費用을 最少化하고 系統周波數의 瞬時, 偏差 및 그 累積值을 最少化한다.

○經濟給電

制御可能한 모든 發電機의 經濟的 出力值을 週期的으로 (每3分마다 또는 필요시) 計算하며, 各 發電機의 增分燃料費와 送電損失을 考慮한다.

○自動發電 制御

全体 系統負荷와 總發電力이 항상 一致되도록 各 發電機의 出力值을 配分하며, 系統 周波數 偏差 및 經濟給電 計算 結果에 의해 每2秒마다 週期的으로 實行한다.

○豫備力 監視

各 發電機의 運轉狀態 및 特性에 따라 瞬動 및 運轉豫備力을 計算한다.

3.3.9 運用計劃 및 豫測

○系統 負荷 豫測

一週日間의 每時間別 負荷를 豫測 計算하며, 發電機 起動·停止 또는 最適潮流計算 등의 프로그램에 利用된다.

○母線 負荷 豫測

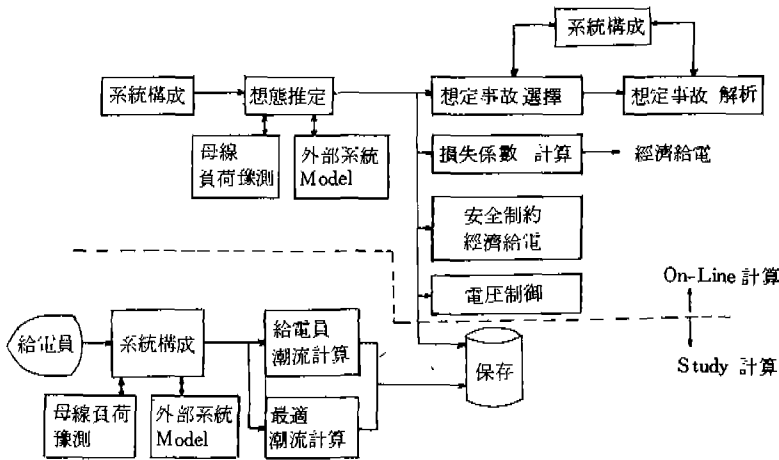
每時間別 各 母線의 MW, MVAR와 調相設備量 等을 系統負荷 및 그 分布率에 따라 計算하며, 系統 解析 프로그램과 함께 週期的으로 實行된다.

○發電機 起動·停止 計劃

各 火力發電機의 運轉制約 條件 運轉特性和 系統 負荷 豫測值等을 고려하여, 가장 經濟的인 發電燃料費가 되도록 一週日間의 每時間別 發電機 運轉·停止 計劃을 決定한다.

3.3.10 系統 解析

安定性 維持의 觀點에서 全体 電力系統의 運用을 綜合的으로 監視·制御·計劃하는데 利用되며, 關聯되는 여러 프로그램들이 相互 密接하게 結合되어



(그림-3) 系統解析프로그램 關聯圖

있다(그림 3 參照).

On-Line 프로그램들은 監視 및 制御情報를 提供하기 위하여 每30分마다 週期的으로 또는 遮斷器 狀態變化等の 系統變動時 實行되며, Study 프로그램은 短期計劃이나 運用의 目的으로 運轉員要請에 따라 實行된다. 個別 機能은 그림 3 과 같다.

○系統構成(Topology)

發·變電所의 設備와 送電線路의 相互連結에 의한 全体 系統의 構成狀態를 決定해주며, 모든 系統解析프로그램들의 基本資料로 利用된다.

즉, 遠隔測定된 데이터 베이스로부터 各 開閉器의 狀態를 파악하고, 變壓器, 負荷, 調相設備等 모든 機器의 相互 連結狀態를 分析하여 하나의 完全한 系統模型을 決定한다.

○狀態推定

統計學的 技術을 使用하여 遠隔測定된 모든 데이터에서 不良데이터를 檢出·除去한후 推定計算을 實行하며, 主로 다음 目的에 活用된다.

- 遠隔測定데이터에 根據한 母線電壓 및 位相角의 推定
- 推定解法에 의한 不良데이터의 檢出·除去
- 測定誤差 推定
- On-Line 系統解析 프로그램의 基本CASE 提供
- 監視範圍外 追加資料提供(非測定機器의 過負荷

狀態等)

○外部系統 모델

RTU 또는 通信系統 事故時 遠隔測定이 不可能해진 系統이나, 觀測對象 地域外의 系統(外部 系統)에 對하여 最少限의 假想데이터를 追加하여 系統解析이 可能해지도록 하며 狀態推定, 經濟給電 및 母線負荷豫測等の 프로그램에 活用된다. 따라서 一部系統의 觀測不可能時에도 全体電力系統의 解析이 가능하다.

○送電損失係數 計算

送電損失을 고려한 總發電燃料費가 最少가 되도록 經濟給電 및 發電機 起動·停止 프로그램에 利用되며 各 發電機別 On-Line 實時間 損失係數를 週期的으로 計算한다.

○想定事故 選擇

많은 量의 想定事故를 DC解法으로 簡略計算하여 想定事故 解析 프로그램에 의해 計算된 想定事故의 優先順位를 決定해 준다. 이 프로그램은 想定事故 解析프로그램에 앞서 實行되며 미리 選定된 500個의 想定事故(450개의 單純事故와 50개의 重復事故)를 週期的으로 計算하고 가장 重要한 想定事故 즉 過負荷等の 順位에 따라 縮少된 想定事故目錄을 作成한다.

○想定事故 解析

想定事故選擇 프로그램에 의해 作成된 主要 想定事故들을 精密하게 解析하여 系統의 安全性을 評價한다. On-Line 系統解析프로그램들과 함께 每30分마다 週期的으로 또는 實系統에서의 設備過負荷나 系統構成이 변경될 때, 自動으로 實行된다.

또한 運轉員이 系統分析을 위하여 作成한 特殊한 CASE에 대하여도 解析이 可能하다. 母線, 變壓器 發電機, 線路 등의 設備에 대하여 다음 量의 想定事故를 每週期마다 計算하고 過負荷, 低電壓 등의 警報를 表示해 준다

- 想定事故 選擇프로그램에 의해 作成된 50個의 單純事故와 25個의 重複事故
- 運轉員이 任意作成한 25個의 單純事故와 10個의 重複事故

○給電員 潮流計算

線路나 發電機의 脫落 또는 負荷變動時 電力系統 狀況을 파악하기 위한 潮流計算프로그램은 On-Line 으로 實行가능하다. 이러한 On-Line 潮流計算은 미리 貯藏된 20個의 基本 Case나 바로 直前に 實行된 狀態推定 結果中에서 給電員이 選定 開始하며 이를 基本 Case 로 하여 電力系統의 狀態를 變更시키면서 여러가지 Case 의 潮流計算을 할 수 있다.

○最適 潮流計算

系統의 安全性을 評價하고 發電機 出力및 無効電力의 調整, 變壓器 TAP, 調相設備의 開閉等 가장 適切한 制御手段을 決定하는데 利用되며, 系統構成 母線負荷豫測 및 經濟給電 프로그램 등과 相互關聯하여 實行된다.

實系統에 對하여는 狀態推定 및 外部系統 Model에 의한 母線負荷와 發電力, 그리고 遠隔測定된 On-Line 系統構成의 結果를 利用하며 豫想系統의 檢討時에는 關聯 豫測 프로그램의 結果를 直接 利用하여 計算한다. 이 프로그램에 의한 系統運用 狀態의 分析 및 必要한 改善 措置方案의 決定은 系統潮流, 母線電壓 運轉豫備力 등의 制約條件을 만족시키는 範

圍에서 다음 事項을 最適化한다.

- 電力損失의 最少化
- 發電燃料費의 最少化
- 燃料費 및 損失의 最少化
- 妥當性 最適化
- 制約條件의 완화

○安全制約 經濟給電

經濟給電에 의한 各發電機의 出力調整時, 設備의 過負荷 發生 및 이에 對한 安全制御措置를 計算하며 On-Line 또는 Study 用으로 사용된다.

經濟給電의 制約條件으로는 送電線路, 變壓器, 母線電壓, 發電機 등의 運轉限界值를 利用하며 이러한 制約條件을 만족시키면서 經濟給電할 수 있도록 發電機 出力 調整 및 負荷制限 등의 制御措置를 計算한다.

○電壓 制御

系統解析프로그램들과 함께 週期的으로 또는 運轉員 要請時에 實行되며 制御對象인 發電機 無効電力 및 電壓, 變壓器 TAP, 調相設備 등의 最適值를 計算하여 다음의 H的을 達成할 수 있도록 한다.

- 電力損失을 最少化한 無効電力源의 利用
- 系統電壓의 適正水準 維持
- 設備 負擔의 最少化
- 送電線路의 供給能力 向上

制約條件으로는, 各母線의 電壓 上·下限值, 變壓器 TAP 調整範圍, 發電機의 無効電力 限界 등이 사용되며 制御對象 設備別 制御 要求值 및 目的函數에 對한 制御感度 등이 計算된다.

3. 3. 11 給電員 訓練 模擬裝置

EMS 시스템 運用 및 그 機能에 對한 給電員의 訓練을 目的으로 後備컴퓨터 (Back-up CUP 2대) 전용 콘솔 (2 CRT) 및 關聯 소프트웨어를 利用하며, 實系統에서 發生 가능한 모든 狀況을 事實적으로 模擬한다. 實系統 模擬는 每10秒마다 On-Line 實時間 資料로 更新되며, 다음의 主要 機能을 갖는다.

- 發電機 運轉模擬
- 系統解析프로그램을 利用한 訓練

- 低周波數 自動負荷遮斷 模擬
- 潮流計算, 經濟給電 模擬 및 發電機 制御特性, 系統周波數 特性의 模型化
- On-Line 遠隔制御 및 資料取得 模擬
- 系統 日日負荷曲線 模型
- On-Line 警報 및 記錄 模擬
- 送電線路 自動再閉路 模擬
- 一連의 事故發生·給電員의 對應措置·結果 檢討 機能

3. 3. 12 其他 機能

○ NCC/RCC 同時化

EMS 및 各 RCC 시스템 基準時間을 同時化한다.

○系統事故 自動記錄

系統事故 發生 前·後의 各種데이터를 自動記錄 保管하여 事故分析 및 檢討에 利用된다. 記錄되는 資料는 時間, 開閉器 狀態, 電壓, 潮流等의 測定值로 事故直數 및 10秒, 30秒, 3分 後의 데이터를 記錄 保管한다.

○設備 運轉記錄

運轉停止 또는 性能低下 되는 모든 設備의 記錄을 自動 實行하여 事故 또는 計劃停止, 運轉制限 또는 性能低下, 實際 또는 豫定 運轉開始 및 停止時間等의 記錄이 포함된다. *

●案內●

전기기사보수교육등록

국가기술자격법 제 4조의 3 및 동법시행령 제 12조의 2의 규정에 의하여 1985년도 전기기사 보수교육 등록을 아래와 같이 안내합니다.

1. 보수교육 등록대상 : 1975년부터 1978년까지 전기기사 자격을 취득한자
단, 전기 사업법에 의하여 '85년도 보안담당자 법정교육을 이수한 자는 본교육을 이수한 것으로 가름함
2. 등록기간 : 1985. 5. 15 - 6. 14 (1개월)
3. 등록신청서 교부 및 접수 : 대한전기협회 본부 및 각지부 (우편접수도 가함)
4. 기 타
가. 교육일시 및 장소는 별도 통보함
나. 본 교육을 이수한자는 자격증을 갱신 등록하여야 하며 갱신등록을 하지 않을 경우는 자격이 정지됨
다. 기타 문의사항은 당협회 및 각지부에 연락하시기 바람

1985. 5

대한전기협회