

韓電 EMS의 狀態推定技法과 MMI 形式

李 曠 宰, 劉 承 哲, 金 榮 漢, 李 孝 祥

(韓國電力公社 發電處)

State Estimation Method and MMI Format of KEPCO EMS

Kyung-jae Lee, Sung-chul Yu, Yeong-han Kim, Hyo-sang Lee

(Power Generation Department of KEPCO)

ABSTRACT

In the operation of a power system, the security of the system has acquired significant importance to supply electric power of better quality. The State Estimator, a part of security functions, provides a complete real time solution estimate of the steady-state conditions of the power system for use by the Real Time Network Analysis functions.

This paper briefly introduces the Fast Decoupled Weighted Least Square State Estimator which is adopted in the KEPCO EMS with features of Man-Machine Interface.

1. 緒 論

高品質의 전력공급을 위해 전력계통운용에서 계통의 안전도 (Security)가 유지되도록 하는것이 중요한 요소가 되고 있다.

전력계통의 안전도는 그림 1에 보인바와 같이 여러가지 관련된 응용기능에 의해 평가되는데 온라인 실시간에서 주기적으로 수행되기 위하여는 이들 기능에로의 精度높은 계통입력데이터가 요구되며 이를 위해 狀態推定기능이 이용된다.

전력계통의 상태추정은 계통으로 부터의 측정치를 기준하여 미지의 상태변수에 대하여 그 값을 할당하는 과정으로서 다음과 같이 그 목적을 요약할 수 있다.

- .最適의 狀態變數 推定 (母線電壓, 位相角)
- .不良測定值 檢出 (不良個所 點檢)
- .測定메타 Bias 算定 (變換器 校正)
- .Base Case 提供 (온라인 解析可能)
- .附加的 資料提供 (測定設備 未設置個所)

한전 EMS의 상태추정법으로는 세계적으로 현재 널리 이용되고 있으며, 信賴性이 우수한 高速分割加重最小自乘狀態推定法 (Fast Decoupled Weighted Least Square Estimation Method)이 채용되고 있는데 여기에서는 이 기법의 기본 알고리즘에 대하여는 널리 알려져 있으므로 간략하게 기술하고 주로 이 기능이 다른 응용기능과 어떻게 관련하여 이용되고 있으며, 입출력 Display와 관련한 MMI形式은 어떻게 구성되어 실제통에서 운용되고있는지에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

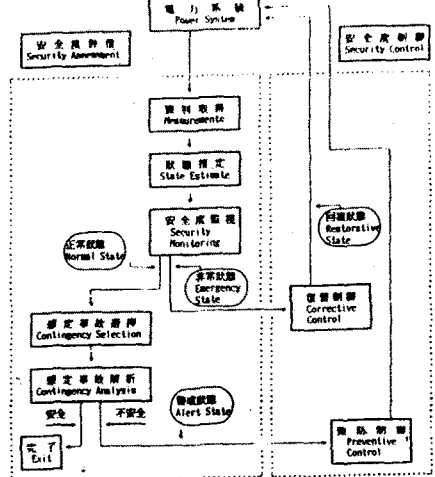


그림 1. 安全度給電 機能의 概略圖

2. 狀態推定技法

2.1 推定解 算出 (Solution Estimation)

1) 測定値 利用性 算出 (Measurement Availability Computation)

$$A_t = \text{ALPHA} \cdot A_{t-1} \quad (1)$$

단, A_t : availability index at time t
ALPHA: smoothing parameter

2) 母線負荷計劃 (Bus Load Scheduling)

o. Bus Load MW

$$WLD_m = WLG_k \cdot WLDP_m \quad (2)$$

단, WLD_m : MW load for load point m
 WLG_k : MW load for load group k
 $WLDP_m$: percent of load group MW load for load point m

o. Bus Load MVAR

$$RLD_m = RLG_k \cdot RLDP_m \quad (3)$$

3) 可觀測性 處理 (Observability Processing)

One zero-pivot of the active gain matrix.

4) 可觀測系統推定解 (Observable Network Solution)

$$\text{Minimize } J = [Z-h(x)]^T W [Z-h(x)] \quad (4)$$

단, Z : flow, injection, voltage magnitude measurements

$h(x)$: vector of non-linear functions

W : weights of measurements

5) 非正常檢出 (Anomaly Detection)

$$PI = \sum_{i=1}^m \frac{((Z(i)_{\text{meas}} - Z(i)_{\text{est}}) / \sigma(i))^2}{m} \quad (5)$$

단, PI : performance index

$\sigma(i)$: standard deviation for the i^{th} measurement

m : number of measurements

6) 측정메타 Bias 계산 (Bias Value Calculation)

$$\text{BIAS}(i) = (1/N) \cdot \sum_{k=1}^N (Z(i,k)_{\text{meas}} - Z(i,k)_{\text{est}}) \quad (6)$$

단, i : measurement index

k : solution index

N : total number of solutions

2.2 負荷파라메타修正 (Load Group Parameter Adaptive Update)

1) Conforming Load Distribution Factor

$$DF_t = \text{ALPHA} \cdot DF_{t-1} + (1-\text{ALPHA}) \cdot (W_{SE} + W_G) / (W_G - W_{NLG}) \cdot 100 \quad (7)$$

단, DF_t : MW distribution factor for time t

W_{SE} : sum of the real branch flows

W_G : net real generation

W_G : area MW load

W_{NLG} : sum of non-conforming loads

2) Non-Conforming Load Updating

$$WLG_{t+1} = \text{GAMMA} \cdot WLG_{t+1} + (1-\text{GAMMA}) \cdot (W_{SE} + W_G) \quad (8)$$

WLG_{t+1} : load group MW for time t

GAMMA: smoothing constant

3) Load Group Power Factor Updating

$$PF_t = \text{BETA} \cdot PF_{t-1} + (1-\text{BETA}) \cdot (R_{SE} + R_C + R_G) / (W_{SE} + W_G) \quad (9)$$

단, PF_t : power factor for time t

R_{SE} : sum of the reactive branch flows

R_C : net capacitor/reactor injection

R_G : net reactive generation

BETA: smoothing constant

3. MMI 形式

3.1 他機能結合 (Interfaces with other functions)

1) 入力 데이터 結合 (Input Data Interfaces)

- o. From SCADA data base
 - SE measurements and quality codes
- o. From AGC function
 - Current KEPCO and area loads
 - Unit high and low dispatch limits
 - Unit status (ON=1, OFF=0)
- o. From NMB (Network Model Builder)
 - Real time bus model
 - Transformer tap ratios
 - Logical device status change flag
- o. From application database
 - Load distribution coefficients
 - Measurement sigma
 - Measurement locations
 - Static electrical network parameters

2) 出力 데이터 結合 (Output Data Interfaces)

- o. To RNA functions
(Network Sensitivity, Security analysis, Voltage Control, SCED)
- Complete real time solution for base case.

o. To OPF function

- Adaptive load group
- Area load distribution parameters

3) 制御 結合 (Control Interfaces)

- RNAC (Real-time Network Analysis Control) functions
- By Operator at a VDU page

3.2 Display 概念圖 (Display overview diagram)

그림 2. SE 機能 表示 概念圖 참조

3.3 Display 種類 (Displays)

- 1) SE Station Tabular
- 2) SE Execution Control
- 3) Weighting Factor and BIAS
- 4) Measurement Override
- 5) Boundary Mismatch Summary
- 6) Voltage Controlled Bus Menu
- 7) Abnormal Pending & History
- 8) Anomaly Pending & History
- 9) Significant BIAS
- 10) Conforming & Nonconforming Load Group Parameters
- 11) New & Exist Overloads & V. Violations
- 12) Area Load Distribution Factor Violations

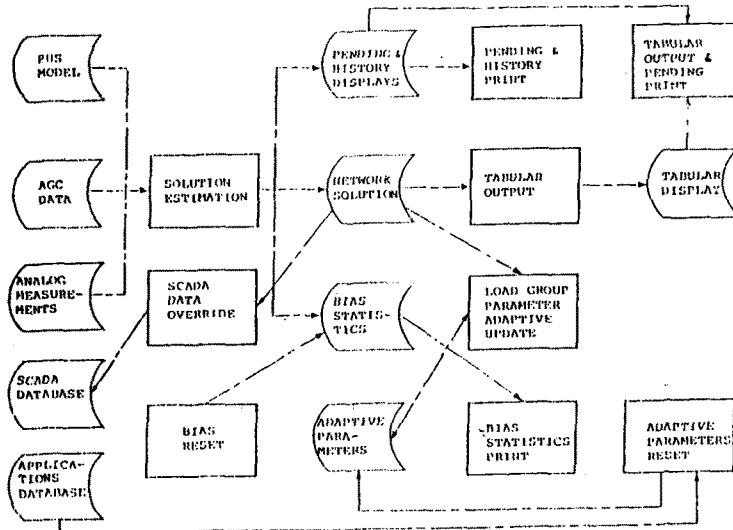


그림 2. SE 機能 表示 概念圖

1724 1/1
NOT UPDATED

SE STATION TABULAR

88-05-17 TUE 17:41:04
OPERATIONAL MODE

AREA NAME.....SEOUL		STATION NAME...DSO P/O		WEIGH. RESIDUAL		S
MEASUR TYPE	MEASUREMENT NAME	--- MEASURED --- (KV, MW) (MVAR)	---- ESTIMATED ---- (KV, MW) (DG, MVAR)	((M-E)/SIGMA) (KV, MW) (MVAR)		
VOLT	DSO DOB#2		0	-6		
NETJ	DSO DOB#2		-151	-148		*
VOLT	DSO 62-61		0	-7		
NETJ	DSO 62-61		0	0		*
VOLT	DSO 82-81		149	-9		
NETJ	DSO 82-81	0	0	0		
LINE	DSO-ICT #2	22	-13	0		
VOLT	DSO DSU#2		149	-9		
NETJ	DSO DSU#2	0	0	0		
LINE	DSO-DSU #2	-71	986	0		
VOLT			0	-5		
NETJ			0	-0		*

그림 3. 狀態推定結果 表示 例

3.4 SE의 遂行能力 (SE Performance)

1) Dimensional limitation

- o. 10 networks
- o. 900 buses
- o. 9000 measurement pairs
- o. 200 entries per each pending display
(anomaly or abnormal)
- o. 1000 entries per each history display
- o. 10 observable island

2) Execution frequency

- o. every 30 minutes

4. 結 論

상태추정기능에서 측정치에 대한 여유도 (Redundancy) 가 높을수록 精度 높은 추정을 安定하게 수행할 수 있다.

대전력계통에서 이들 측정치는 중앙의 EMS에서 기간계통의 자료는 직접취득하지만 154KV Loop 계통의 자료는 지역제어소의 SCADA시스템을 통하여 취득된다.

따라서 실계통에서 이 기능을 효과적으로 운용하기 위하여는 이들 측정자료의 유실방지, 측정치별 가중계수등 Parameter의 Tuning, 상태추정 주기의 단축 및 급전원의 측면에서 이용하기

편리하도록 일부기능개선과 실계통 변경에 따른 데이터베이스나 화면수정등이 꾸준히 시행되어져야 한다.

*참고문헌

- 1) T.E. Dy Liacco, "Security Functions in Power System Control Centers, The State-of-the Art in Control Center Design", IFAC Symposium, New Delhi, India, August 16-18, 1979.
- 2) A.J. Wood and B.F. Wollenber, "Power Generation Operation, and Control", John Wiley & Sons, 1984, Chapter 11-12, PP.355 - 439.
- 3) Planning Report and Technical Specification for the KEPCO EMS Project, ECC, USA, June 1984.
- 4) F.C. Schwepper, et.al., "Power System Static State Estimator - Parts I through III", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-89, PP.120 - 135, January 1970.
- 5) R.E. Larson, et.al., "State Estimation in Electric Power Systems-Part I and II", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-89, PP.345 - 363, March 1970.
- 6) 宋吉永, 金榮漢, 崔祥圭, "線型變換分割技法에 의한 새로운 狀態推定 알고리즘 開發에 관한 研究" 電氣學會 論文集, 第35卷 第4號, PP. 148 - 155, 1986年 4月.