

히 정리하면 다음과 같다.

부하군 선정 규칙

- 규칙 1>. 부하군 조정 대상 선정
- 규칙 2>. 조정대상 부하군 순위 결정

부하군의 계수 진단 규칙

- 규칙 3>. 부하곡선과 조정대상 부하군 곡선 형태 비교
- 규칙 4>. 조정대상 부하군의 연속적인 기울기 부호 진단
- 규칙 5>. 미지부하군 기울기와 부하곡선 기울기 크기 비교 진단

부하군 계수 조정 규칙

- 규칙 6>. 규칙 4 에 의한 기울기 조정
- 규칙 7>. 규칙 5 에 기울기 조정
- 규칙 8>. 상대계수 재조정
- 규칙 9>. 조정대상 부하군 순위 결정
- 규칙 10>. 조정된 상대계수 기울기 재조정

3. 상하한값 고려

기존의 부하구성비 추정 알고리즘에서 초기 설정된 상하한값은 및 부하군에 대한 경험을 근거로 하였으므로 오차를 포함하고 있다고 사료되어 상대계수의 진단 및 조정 후 만족치 못한 결과를 얻는 경우는 초기 상하한값의 신뢰성을 고려해야 할 것이다.

3.1 상하한값 진단 규칙

규칙 11>. 미지부하의 각 시간별 기울기를 구하여 연속 변곡점의 시간대와 갯수를 산정한다. 또한 부하곡선의 연속 변곡점의 시간대와 갯수를 계산하여 미지부하군과 부하곡선의 일치한 연속 변곡점을 제외한 미지 부하군의 연속 변곡점 시간대와 갯수를 진단한다.

$$\sum B(i) > 0$$

B(i) : i시간대의 연속 변곡점 . 단, 부하 곡선과의 상관 관계가 높은 부하의 경우는 i시간대의 부하곡선의 연속 변곡점과 일치하거나 일정범위 이내면 제외

규칙 12>. 규칙 11의 경우 근무시간과 비근무시간의 연속변곡점 갯수를 진단한다. 여기서는 규칙 11>과 같이 i시간대에서 부하곡선의 연속변곡점과 일치하지 않는 연속 변곡점만 진단한다.

$$p + q = \sum B(i)$$

p : 근무시간의 변곡점 갯수

q : 비근무시간의 변곡점 갯수

3.2 상하한값 조정 규칙

규칙 13>. 상하한값 진단 규칙에 의하여 진단된 변곡점의 시간대의 변화량을 계산하여 상하한값을 결정한다.

4. 각 부하군 에너지 비율 고려

입력 자료인 상대 계수와 상하한값의 진단 및 조정에 의한 결과의 적합성 여부에 따라 최종적으로 입력자료의 오차로

볼 수 있는 각 부하군 에너지 비율의 진단 및 조정을 하여 합리적인 부하 구성 비율을 추정한다.

4.1 각 부하군 에너지 비율 진단 규칙

규칙 14>. 상하한값 진단 조정 규칙에 의해 부하 구성 비율을 추정 후, 다시 미지 부하군의 적합성을 진단하기 위하여, 미지 부하군의 연속 변곡점 시간대와 갯수를 산정하고 변곡점에서 미지 부하군의 전력 변화시, 변화분을 감당하게 될, 조정 대상 부하군의 변곡점을 진단한다.

규칙 15>. 규칙 14에 의해 진단된 변곡점 시간대와 갯수에 따라, 미지 부하의 전력크기와, 이와같은 변화의 전력을 조정 대상 부하군의 조정 가능한 전력크기를 진단한다.

Case 1. $XP \leq MP$

Case 2. $XP > MP$

단, XP : 미지부하의 선형화 하는 경우의 전력크기

MP : 조정 대상 부하군의 조정 가능한 전력크기

4.2 각 부하군 에너지 비율 조정 규칙

규칙 16>. 규칙 14와 규칙 15에 따라 미지 부하의 선형화에 따른 전력의 변화를 충분히 조정대상 부하군이 감당한 경우는 미지 부하의 변곡점 시간대의 전시간과 2시간 이후까지의 기울기를 산술평균하여 변곡점 시간대의 새로운 전력크기를 조정하고, 이 변화분에 따른 조정대상 부하군이 전력크기 감당과 함께, 미지 부하군과 구 조정 대상 부하군의 에너지 비율을 조정한다.

$$NewX(i) = \frac{1}{3} \{ [X(i-1)-X(i)] + \frac{[X(i-1)-X(i+1)]}{2} + \frac{[X(i-1)-X(i+2)]}{3} \}$$

$$= \frac{1}{6} \{ 11X(i-1) - 6X(i) - 3X(i+1) - 2X(i+2) \}$$

$$DX(i) = NewX(i) - X(i)$$

$$EDX(i) = DX(i) * RX$$

$$NewL(i) = L(i) - [EDX(i)/RL]$$

단, X(i) : i시간대 미지부하 상대계수

NewX(i) : i시간대 갱신된 상대계수

DX(i) : i시간대 미지부하 상대계수의 갱신된 변분

EDX(i) : i시간대 미지부하 에너지

RX : 미지부하의 초기 에너지 비율

RL : 조정대상 부하 에너지 비율

NewL(i) : i시간대 미지 부하 에너지 변화의 감당에 따른 조정대상 부하의 갱신된 상대계수

규칙 17>. 규칙 15진단에서 미지부하의 변화량이 조정대상 부하군의 변화가 적은 경우는 규칙 16과 같이 미지 부하군의 변곡점 시간대 전시간과, 2 시간 이후까지의 기울기를 산술평균하여 갱신된 전력크기를 구하고, 조정대상 부하군이 갱신된 전력크기를 감당하지 못할 경우, 미지 부하군의 변곡점 시간대의 전력은 조정대상 부하군이 감당 할 수 있는 최대량 만큼 조정된다.

$$EDX(i) > EDL(i)$$

$$NewX(i) = X(i) - [EDL(i)/RL]$$

단, EDL(i) : i시간대 조정대상 부하군 최대 감당 가능 에너지

규칙 18> 규칙 16, 규칙 17에서 조정된 후 미지 부하군과 조정대상 부하군의 에너지 비율을 재 산정한다.

$$SumX = \sum NewX(i) \quad SumL = \sum NewL(i)$$

$$NRX = \frac{SumX}{24.0} * RX \quad NRL = \frac{SumL}{24.0} * RL$$

단, SumX : 갱신된 미지부하로 상대계수
SumL : 갱신된 조정대상부하로 상대계수
NRX : 갱신된 미지부하의 에너지 비율
NRL : 갱신된 조정대상 부하군

규칙 19> 규칙 18에서 갱신된 에너지 비율 아래 각 부하군의 상대계수의 재 산정을 행한다.

$$MODX(i) = \frac{NewX(i)}{SumX} * 24.0$$

$$MODL(i) = \frac{NewL(i)}{SumL} * 24.0$$

단, MODX(i) : 갱신된 에너지 비율에 따른 미지부하 상대계수

MODL(i) : 갱신된 에너지 비율에 따른 조정대상부하 상대계수

규칙 20> 규칙 14의 진단 규칙에 의하여 다시 부하군 에너지 비율 조정 여부를 결정하여, 조정의 필요시 조정 규칙을 반복 시행한다.

5. 합리적인 부하구성비 추정 알고리즘

합리적인 부하구성비 추정 방법은 기존의 통계자료, 문헌, 경험등을 근거로 해서 객관적인 부하구성비를 추정하는 것으로 전체적인 개념도는 그림 2와 같다. 개념도에 의하면 크게, 입력자료와 상대계수 고려 영역, 상하한값 고려 영역, 에너지 비율 고려 영역으로 구분될 수 있으며, 입력자료와 상대계수 고려 영역은 기존의 부하 구성비 추정 알고리즘과 동일하며, 상하한값과 에너지 비율은 보완하였다. 입력자료의 부하곡선은 오랜 실적자료를 근거로 하여 대표적인 계절별 부하곡선이 작성된 것으로 가장 신뢰할 수 있는 자료라 할 수 있고, 상대계수와 초기 상하한값 및 에너지 비율은 추정된 것으로서 오차를 갖고 있다. 특히 상대계수는 실제적으로 다른 입력자료에 의하여 부하구성비율에 크게 영향을 주므로, 입력자료의 신뢰도 최저 순위가 되며, 그 다음으로 초기 상하한값은 미지부하에 대한 경험을 근거로 하기 때문에 상대계수 다음의 최저 순위의 신뢰도를 갖는다. 그 다음으로 각 부하군 에너지 비율을 최저 순위로 볼 수 있다. 그리하여 입력자료에 의하여 상대계수 조정 후에도 만족치 못할 경우, 초기 상하한값 고려 영역에서 진단 및 규칙에 따라 갱신된 상하한값에 의해 부하구성비를 추정하며, 이에 따른 결과를 검토하여, 최종적으로 각 부하군 에너지 비율의

조정을 반복 시행해서 객관적인 부하구성비를 얻으며 여기서, 상대계수, 에너지비율은 오차로 인하여 변화가 있을 수 있으나 부하곡선은 불변이다.

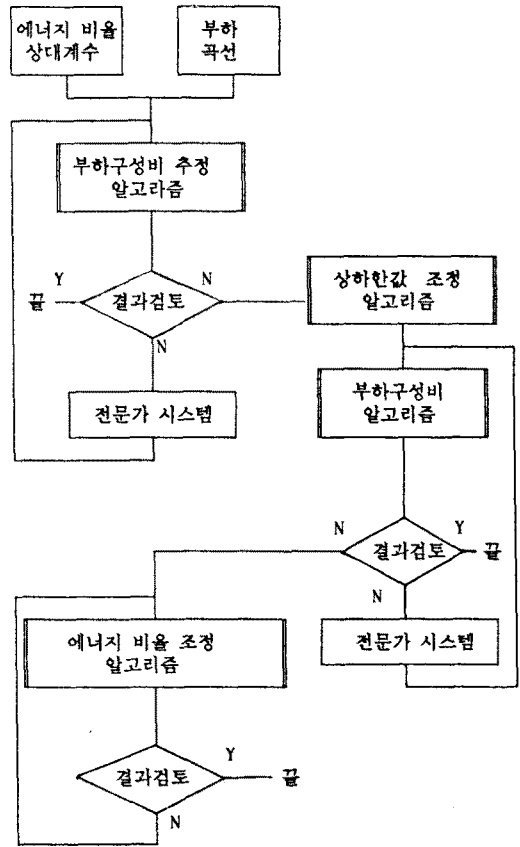


그림 2. 합리적인 부하구성비 추정 알고리즘

여기서 합리적인 부하구성비 추정 방법에 대한 제약 조건을 정리하면,

- ① 부하곡선의 입력 자료는 신뢰 할 수 있으며
- ② 오차를 갖고 있는 입력 자료중 상대계수, 상하한값, 에너지 비율 순으로 신뢰도가 저하되며
- ③ 일반적으로 각 부하군의 시간별 변화는 지속적으로 증가나 감소를 하며
- ④ 따라서 각 부하군의 변화가 연속적으로 증감을 교번 하는 경우는 물리적 현상에 위배되며, 다만 부하곡선의 교번 시간대는 제외한다.

6. 사례 연구 결과

본 논문에서 제시된 합리적인 부하 구성비 추정 알고리즘을 상업용 부하의 3월달 근무일을 적용한 결과로 그림 3은 기존 부하구성비 추정 알고리즘에 의한 결과로, 부하군 선정 규칙에 따라 에너지 구성 비율이 큰 조명 부하와 동력 부하의 상대 계수를 고찰하면, 미지 부하인 동력 부하의 19-20 시간대의 변곡점 발생을 알 수 있으며, 이는 부하 구성비 추정방법의 제약 조건에 위배되어, 고찰 신뢰도 순위에 따라 상하한값을 고려하였다. 상하한값 고려 결과 그림 4와

같으며 비근무시간대의 하한값이 5[%] 증가 함으로써, 이러한 증가 분은 상대 계수가 상하한 값이 아닌 시간대에서 감당하게 되는데, 상대 계수의 크기에 비례하여 감당한다. 이러한 결과 19-20 시간대의 변곡점 깊이가 미소하게 완화되었으며, 그리고 최후의 고찰 신뢰도 순위인 에너지 비율의 고찰은 진단 및 조정 규칙에 의한 결과, 동력 부하가 19-21 시간대에 변화하고, 에너지 비율은 27.44[%]에서 27.52[%]로 증가하고, 이러한 증가분은 조정 대상 부하인 조명이 39.60[%]에서 39.52[%]로 감소를 나타내어 0.08[%]의 에너지 변화를 가져와, 보다 객관적인 부하 구성비를 얻었다.

LOAD RELATIVE COEFFI.(3.WORK)

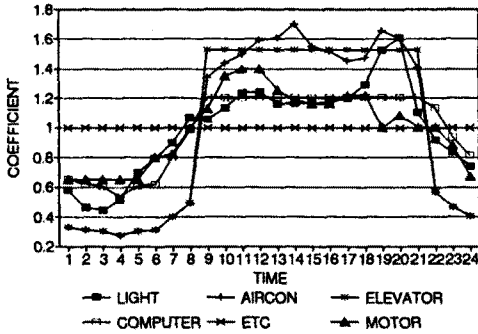


그림 3. 기존의 부하 구성비 추정 알고리즘

LOAD RELATIVE COEFFI.(3.WORK) (VARIABLE MAX MIN)

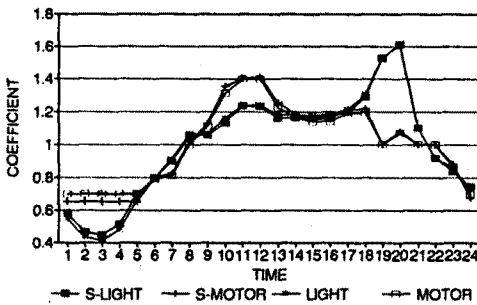


그림 4. 상하한값을 고려한 경우

LOAD RELATIVE COEFFI.(3.WORK) (VARIABLE ENERGY)

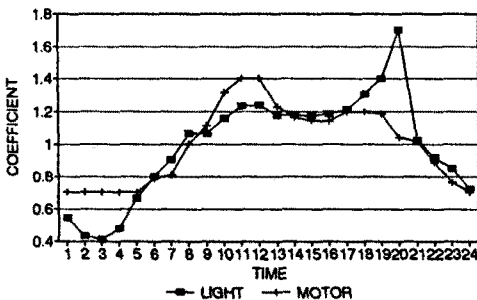


그림 5. 에너지 비율을 고려한 경우

7. 결론

본 연구는 부하구성비 추정에 대한 보다 더 합리적인 알고리즘을 제시하여, 조사를 통하여 신뢰성 있는 자료를 얻기 어려운 문제를 전문가 시스템으로 해결하고자 하였다.

- 1) 부하모델을 구축하기 위한 자료를 제공하고
- 2) 입력자료를 상하한값과 에너지비율의 불확실성을 전문가 시스템을 도입하여 추가 고려함으로써 기존의 연구 결과보고 보다 신뢰성이 향상되고
- 3) 보다 논리적이고 객관적인 부하구성비 추정 알고리즘을 제안 하였고
- 4) 현장근무자의 경험을 지식화할 수 있는 방안도 제시하였다.

아울러 부하 예측으로 인하여 발생하는 오차를 줄이기 위한 방법으로 구성 성분별 예측방법이 검토되는데 이에 대한 기본 자료를 제공할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, '전력계통 안정도 해석을 위한 적정 부하 모델에 대한 연구', 1990.10
- [2] G. E. Company, "Load Modeling for Power Flow and Transient Stability Computer Studies", Vol 1-2 1987.1
- [3] E. Vaahedi, M. A. F. I-Kady, et al, "Load Model for Large-Scale Stability Studies from End-user Consumption", IEEE Trans. Vol. PWR-2, No. 4
- [4] J. R. Ribeiro, F. J. Lange, "A New Aggregation Method for Determining Composite Characteristics", IEEE Trans. Vol. PAS-101, No. 8, Aug. 1982.
- [5] C. Concordia, s. Ihara, "Load representation in power system Stability Studies", IEEE Trans. Vol. PAS-101, No. 4, April, 1982
- [6] B. Y. Lee, J. H. Kim, K. B. Shim, "System wide load models for load flows and transient stability in Korea's power system," IEEE International Conference, Beijing, pp.183-188, Sep. 1991
- [7] 김형섭, 이재혁, 임재운, 김정훈, '전문가 시스템을 도입한 부하구성비 추정', 대한전기학회 하계학술대회, pp345-349, 1991. 7
- [8] 한국전력공사, "가전기기 보급을 조사 연구" 1987.12
- [9] 한국전력공사, "하계 냉방 무하 특성 조사 연구", 1989. 11
- [10] 에너지 관리 공단, "대형건물 전력사용 실태 보고서", 1987. 7