

유비쿼터스 기반의 온라인 퍼지 ULTC 운전제어 전략 설계

고윤석
남서울대학교

Design of Ubiquitous based On-Line Fuzzy ULTC Operation and Control Strategy

Yun-Seok Ko
Namseoul University

Abstract - The distribution engineers experience some difficulty in getting to the voltage measuring sites because of severe traffic congestion and the long-distance feeders. Also, the 1,600,000 distribution transformers dispersed on the distribution feeder make it difficult to select the voltage measuring site properly and compute the voltage appropriateness ratio accurately. Accordingly in this paper, an on-line fuzzy operation and control strategy is designed based on the ubiquitous environments in order to improve the inefficiency of the existing off-line ULTC operation and control strategy. The simulation tool is designed in Visual C++ MFC language to show the effectiveness of the proposed strategy. And then it is proved by the simulation works.

1. 서 론

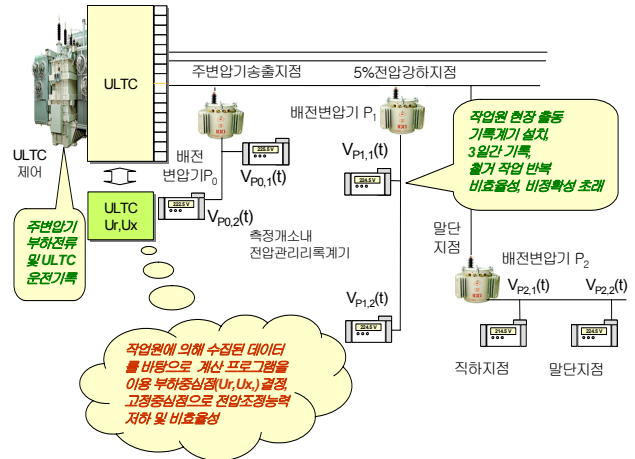
전력회사에서는 고품질의 전기를 공급하기 위해 특정한 시기에 특정한 수용가를 전압 측정개소로 선정하여 전압을 측정, 전압 적정율을 조사, 보고하는 전압관리 업무를 실시한다. 그리고 그 결과에 따라 전압강하 개선 공사를 실시하며 측정된 데이터를 기반으로 주변압기 ULTC의 부하중심점을 결정, ULTC의 U_r , U_x 를 조정, ULTC로 하여금 주변압기 부하전류에 따라 전압 강하 분을 실시간으로 보상하여 부하중심점의 전압을 일정하게 유지하도록 함으로써 수용가에 공급되는 전압을 허용범위내 ($220 \pm 13[V]$)에서 유지할 수 있도록 노력한다.

그러나 교통체증, 수용가의 외출 그리고 장거리 배전선로 등으로 엄청난 시간비용과 노력을 요구하며 동시에 정확성을 보장하기가 어렵다. 전력회사에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 노력하여 왔으며 그 일환으로 아날로그 측정계기를 디지털화하여 분석작업의 효율성을 기할 수 있었다[1-3]. 그러나 오프라인 측정업무 자체의 비효율성을 개선할 수 있는 솔루션을 도입하지 못하였으며, 이로 인해 최근 전압관리 담당자들로 하여금 전압관리 업무의 효율성과 정확성을 획기적으로 개선할 수 있는 온라인 전압관리에 대한 요구에 직면하고 있다. 특히 기존의 실측 데이터를 기반으로 하는 고정 부하 중심점 기반의 ULTC 제어기가 고정된 부하중심점의 전압을 추종함으로써 계절별로 부하변화를 효과적으로 고려하지 못해, 전압보상능력을 크게 저하시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 클러스터링 기법을 도입하여 실측 데이터로부터 다중부하중심점(MLTC : Multiple Load Center Points)을 설계하고 부하패턴의 변화에 따라 실시간으로 부하중심점을 적절한 위치로 이동시킴으로써 부하변화를 효율적으로 추적, 배전 변전소 주변압기 ULTC의 전압보상능력을 개선하고 전압편차를 최소화할 수 있도록 하는 MLTC 기반 온라인 퍼지 ULTC 제어기를 새롭게 제안한다. 퍼지 제어기는 기존방법에 비해 연속 입력패턴에 대한 퍼지적 선형/비선형 보간(interpolation) 추론을 위해 채택된다. 그리고 부하 중심점 군집화를 위한 클러스터링 기법으로는 최대, 최소거리 기법이 채택되며, 퍼지 출력 멤버십 함수 결정을 위해서는 최소거리 분류기가 채택된다.

2. 기존 전압관리 및 ULTC 운전전략

2.1 전압관리 데이터 실측 환경

일반적으로 전압관리 데이터 실측 환경은 그림 1에 보인바와 같이 주변압기 송출지점, 5% 전압강하 지점 및 말단지점에 해당하는 배전변압기 직하와 말단 등을 측정개소로 선정하고 전압관리 기록계를 직하 및 말단 수용가내에 설치한다[1-4].



<그림 1> 전압관리 측정개소 및 구성

2.2 ULTC 부하 중심점 결정 방법

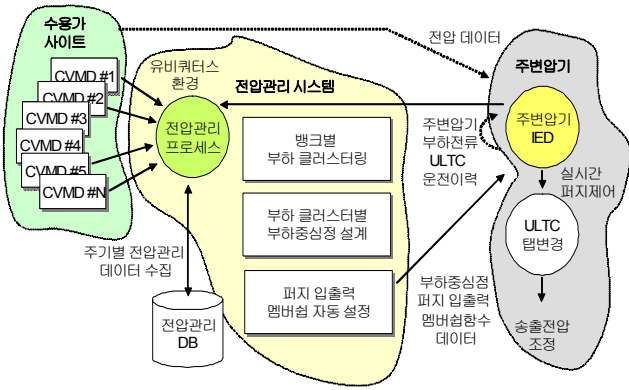
먼저 그림 1에서 가장 심각한 부하조건인 배전선로를 선택한 다음, 식 (1), (2)를 이용하여 부하 중심점의 임피던스 Z 와 그 부하 중심점에서 유지전압 V_o 를 구한다. 그리고 Z 로부터 ULTC 정정치 U_r , U_x 를 구한다.

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^n V_{opt}(k) \sum_{k=1}^n I(k) - n \sum_{k=1}^n I(k) V_{opt}(k)}{(\sum_{k=1}^n I(k))^2 - n \sum_{k=1}^n (I(k))^2} \quad (1)$$

$$V_o = \frac{\sum_{k=1}^n V_{opt}(k) \sum_{k=1}^n I(k) - Z \sum_{k=1}^n (I(k))^2}{\sum_{k=1}^n I(k)} \quad (2)$$

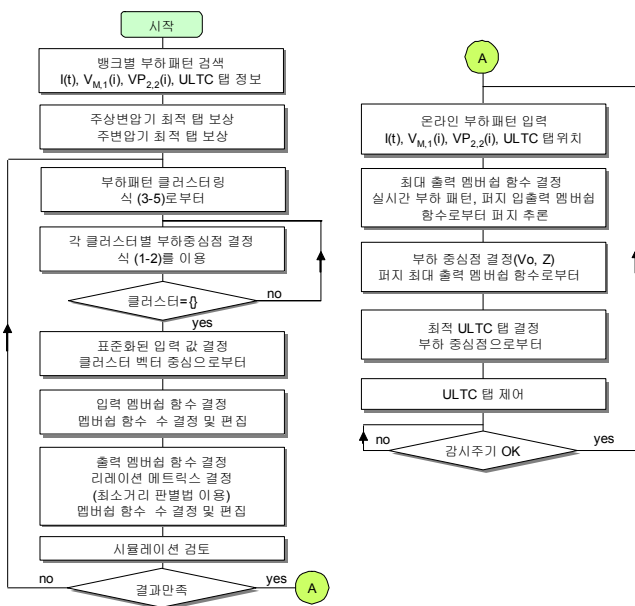
3. 온라인 퍼지 ULTC 운전제어 전략 설계

그림 3은 다중 부하 중심점 기반 온라인 퍼지 ULTC 운전제어 전략을 보인다. 먼저, 전압관리 프로세스는 블록별로 계측된 데이터들을 최대, 최소거리 클러스터링 기법을 적용하여 다중개의 대표적인 클러스터들로 분류하고, 각 클러스터에 속하는 실측 데이터에 대해, 기존 실측 데이터 기반 부하 중심점 결정 기법을 적용하여 각각의 부하 중심점(V_o , Z)를 결정한다. 다음 각 클러스터의 중심점을 기반으로 퍼지 입력 값을 정하고 퍼지 입력 멤버십 함수를 결정한다. 끝으로, 각 입력 조합에 대해 패턴 인식 기법을 적용하여 퍼지 출력 멤버십 함수를 결정한다. 그리고 이때 결정된 클러스터별 부하 중심점 정보, 퍼지 입력력 멤버십 함수 값을 주변압기 퍼지 ULTC 제어기에 온라인으로 제공한다. 이때, 주변압기 퍼지 ULTC 제어기는 온라인으로 제공된 다중 부하 중심점 데이터들을 새로운 부하 데이터로 업데이트 한 다음, 온라인으로 제공되는 MTr 부하전류 및 PTR 전압 데이터를 입력으로 하여 퍼지추론을 실행, 다중 부하 중심점 중에서 적절한 부하 중심점을 출력으로 추론한다.



<그림 3> MLCP 기반 온라인 퍼지 ULTC 제어전략

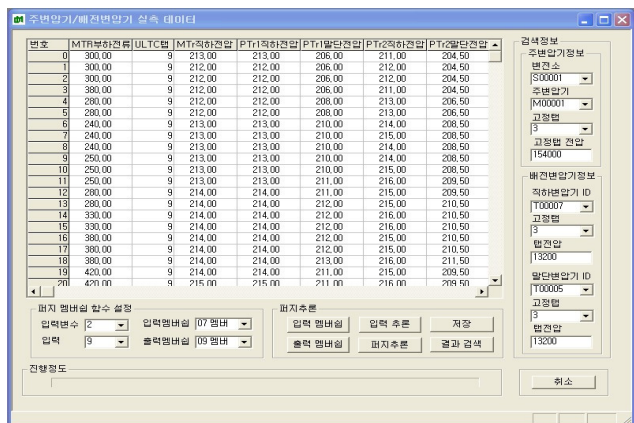
그리고 이것을 새로운 부하중심점으로 설정하고, 이를 기반으로 MTr 부하전류에 따라 실시간으로 전압강하 분을 계산, 적절한 ULTC 탭을 결정하여 최적 송출전압을 추종하도록 제어한다.



<그림 4> 온라인 퍼지 ULTC 제어기 설계절차

4. 시뮬레이션 검토

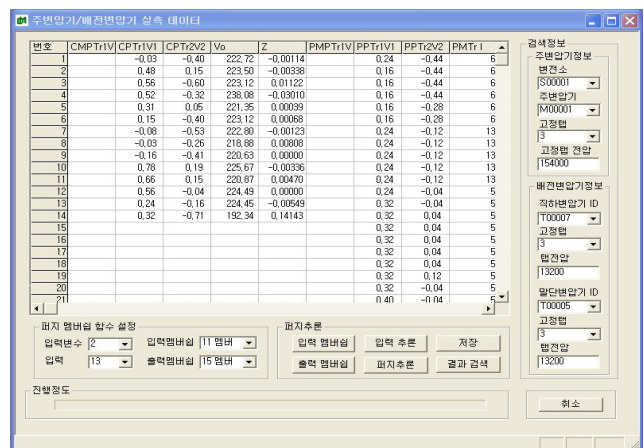
본 연구에서는 제안된 전략에 대한 유효성 검증을 위해 실시간 데이터, 퍼지 멤버십 함수 그리고 시뮬레이션 결과를 보일 수 있는 전압관리 시뮬레이션 툴을 개발하였다.



<그림 5> 모의 전압관리 데이터 에디터



<그림 6> 퍼지 출력 멤버십 함수 및 리레이션 행렬



<그림 7> 클러스터링 결과

그림 5는 개발된 시뮬레이션 툴의 모의 전압관리 데이터에 대한 편집기를 보인다. 그림 6은 퍼지 입출력 멤버십 편집기 및 리레이션 행렬 화면을 보이며, 그림 7은 주어진 전압관리 데이터에 대한 클러스터링 결과 표시 화면을 보인다.

5. 결론

본 연구에서는 기존의 ULTC 운전제어 전략의 비효율성을 개선하기 위한 온라인 퍼지 ULTC 운전제어 전략을 제안하였다. 그리고 제안된 전략의 유효성을 검증하기 위해서 비주얼 C++ MFC 기반의 시뮬레이션 툴이 설계, 구현되었다. 설계 툴은 퍼지 입출력 멤버십 함수 값을 튜닝하기 쉽게 편집할 수 있도록 설계되었으며 자동 추론 기능을 통해 작업자가 용이하게 퍼지 추론 결과를 확인할 수 있도록 하였다.

본 연구는 산업자원의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-7-095) 주관으로 수행된 과제임

[참고 문헌]

- [1] 배전전압 관리개선을 위한 전압조정장치최적운용연구, 한전연구소보, 1985.
- [2] 전압관리 기법의 효율화 방안에 관한 연구, 한전연구소보고서, 1988.
- [3] 고유석외 3인, "차세대 디지털 적산전력계 개발", 전기학회논문지, Vol. 21, No. 2, pp. 541-551, 2004년 8월.
- [4] 고유석, 하복남, "차세대 디지털 적산전력계에 기반한 배전원격관리 시스템 설계 및 프로그램 개발, 전기학회논문지, Vol. 54, No. 4, pp. 185-192, 2005년 4월.