

부하가 불규칙하게 분포된 배전선로의 전압추정 방법

Voltage Estimation Method for Distribution Line with Irregularly Dispersed Load

박 상 현* · 임 성 일*
(Sanghyeon Park · Seongil Lim)

Abstract - Most of the applications for distribution system operation highly rely on the voltage and current managements from the field devices. Voltage from the remote controlled switch contains unacceptably large measurement error due to the nonlinear characteristics of the bushing potential transformer. This paper proposes a new voltage magnitude estimation method by calculating voltage drop using current measurement, line impedance and loads deployment data. Contract demand power and pole transformer capacity managed by NDIS are used as a key element to improve accuracy of the proposed method. Various case studies using Matlab simulation have been performed to verify feasibility of the propose voltage estimation method.

Key Words : Distribution Automation, Voltage Estimation, State Estimation

1. 서 론

배전계통 운영에 사용되는 정전복구, 보호협조, 전압제어 등의 어플리케이션들은 자동화개폐기에서 측정되는 전압, 전류 측정치를 기반으로 동작한다. 자동화개폐기 내부에 설치되는 계기용변성기는 정전용량에 의해 유지되는 붓심전압을 이용하여 전압을 측정한다. 이러한 측정방식은 환경에 따른 정전용량의 변화 또는 기기의 비선형성에 의하여 1% 이상의 측정오차를 가지고 있다 [1]. 22.9[kV] 특고압선로에서 규정전압 유지를 위한 무효전력 제어 전압범위는 명확하게 규정되어 있지 않으나 실무적으로는 $\pm 1\% \sim \pm 3\%$ 수준이다. 전압을 2% 이내의 범위에서 제어해야 하는데 전압계측 오차가 1% 이상이면 오차가 너무 커서 전압기준의 무효전력제어는 불가능하다. 따라서 전압오차를 최소한 0.1% 이하로 줄일 수 있는 전압추정기법의 개발이 필요하다.

배전선로 전압을 정확히 추정하기 위한 연구는 다양하게 진행되고 있다. [2]에서는 최소자승법을 이용한 3상 상태추정기법을 제시하여 계통의 상태를 추정하였으며 [3]과 [4]에서는 계통에서 측정된 전류를 기반으로 한 계통 상태 추정방법을 제안하였다. 이외에도 Fast decoupled 상태추정 방법 [5], Fast decoupled 와 대칭행렬을 이용한 상태추정방법 [6], 가중치를 이용한 최소자승법 [7], 측정된 전류의 선형성 특징을 이용한 상태추정 방법 [8], 배전계통 운전상태의 특징을 이용한 상태추정 방법 [9], 방사상계통의 상태추정알고리즘 [10] 등이 제시되었다. 이러한 기존의 연

구들은 배전선로 각 구간의 부하를 정확히 안다는 가정 하에 해석적인 방법에 의해 전압을 추정한다. 그러나 배전선로의 부하용량이 작기 때문에 매우 가변적이고 일부하 곡선도 시간에 따른 변화의 폭이 크기 때문에 실계통 운영에 적용하기는 어렵다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 저자 등은 [11]에서 배전자동화시스템 개폐기에서 측정된 실시간 전류를 기반으로 반복적인 전압강하 계산을 통하여 배전선로 각 노드의 전압추정방법을 제시한바 있다. [11]의 한계는 배전자동화시스템에서 부하의 분포를 알 수 없기 때문에 배전선로 각 구간을 파이딩가회로로 모델링하고 측정전류의 평균치를 이용하여 전압을 추정하였다는 것이다.

본 논문에서는 이를 개선하여 배전선로 각 구간의 부하분포를 고려하여 좀 더 정확하게 전압을 추정하는 알고리즘을 제시한다. 구간부하의 분포는 한전의 신배전정보시스템에서 관리되는 고압수용가 계약전력과 저압변압기 용량을 기반으로 산정한다. 이를 위하여 배전자동화시스템, 변전소 SCADA 및 신배전정보시스템이 연계된 배전선로 전압추정 시스템 구성방안도 제안한다. 본 논문에서 제시된 배전선로 전압추정방법의 유용성을 검증하기 위하여 한전 도서지역의 실계통 배전선로 데이터를 대상으로 다양한 사례연구를 수행하였다. 매텔랩을 이용한 시뮬레이션 결과와 비교검토를 통하여 본 논문에서 제시한 방법이 매우 정확하게 배전선로 전압을 추정할 수 있음을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 배전선로 전압 측정 문제점

배전계통 전압은 배전선로에 설치된 자동화개폐기의 계기용변

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Kyungnam University, Korea.
E-mail : slim@kyungnam.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Kyungnam University, Korea.
Received : September 11, 2017; Accepted : March 8, 2018

성기에서 측정된다. 계기용변성기의 전압 측정방식은 CCPD (Coupling Capacitance Potential Device)와 BCPD (Bushing Capacitance Potential Device)가 있다. CCPD방식은 그림 1에 나타낸바와 같이 직렬로 적층된 캐패시터를 이용하여 측정한다. 1차측 전압이 인가되면 분압용 캐패시터 C_1 과 측정용 캐패시터 C_2 가 캐패시터 용량에 따라 전압을 분압하여 측정한다. CCPD방식은 정전용량이 일정한 캐패시터를 이용하여 전압을 측정하므로 오차가 적지만 부피가 커서 적당한 설치공간을 확보할 수 있는 변전소에서 주로 사용된다. 자동화개폐기는 전주상에 설치되므로 절연을 위한 공간확보의 제약이 있어 CCPD를 사용하기 어렵다.

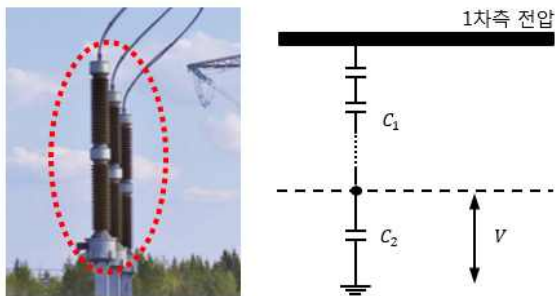


그림 1 CCPD 측정방식
Fig. 1 CCPD measurement type

BCPD 측정방식은 절연이 확보된 붓싱에 도체링을 설치하고 정전용량으로 유기되는 전압을 측정한다. BCPD 방식은 비용이 저렴하고 구조가 간단하여 설치공간이 협소한 자동화개폐기에 많이 사용된다. 하지만 붓싱에 설치된 도체링의 정전용량이 일정치 않고 외부영향에 따라 변하므로 전압을 정확히 측정하기에는 근본적인 한계가 있다. 즉, 설치 당시에는 측정모듈의 OP Amp Gain을 적당히 조절하여 변환비율을 튜닝할 수 있지만 시간이 지남에 따라 정전용량이 변하면 전압측정치를 신뢰할 수 없게 된다.

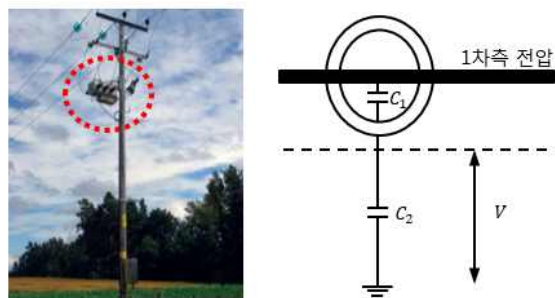


그림 2 BCPD 측정방식
Fig. 2 BCPD measurement type

과거에는 고장복구를 위한 부하절체가 배전운영에서 가장 중요하였기 때문에 전류 측정치가 중요하게 관리되고 전압 정밀도의 중요도는 상대적으로 낮았다. 최근에는 분산전원의 보급이 확대

되면서 역조류에 의한 과전압 발생이 배전운영의 중요한 이슈로 부각되면서 전압측정 및 관리의 중요성이 증가되고 있다. [1]에서는 BCPD의 전압측정 정밀도가 매우 낮아서 1% 라고 보고하고 있다. 제어대상인 특고압선로의 전압제어 범위가 2% 이므로 전압측정오차 1% 로는 제어가 불가능하다. 따라서 전압측정 정밀도 향상을 위한 대책이 필요하다. 본 논문에서는 상대적으로 계측 정밀도가 높은 전류를 기반으로 전압강하계산을 통하여 전압을 추정하는 방법을 제시한다.

2.2 전압 추정 알고리즘

그림 3은 배전선로 임의의 구간을 나타내고 있다. 그림에서 I_n 과 I_{n+1} 은 구간의 전원측(노드 n)과 부하측(노드 $n+1$)에서 측정된 전류이고, θ 는 각 노드에서 측정된 전압과 전류의 위상차이다. Load 는 구간에 분포된 부하를 나타내고 있다.

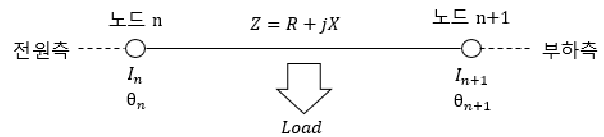


그림 3 배전선로 구간
Fig. 3 Section of distribution line

전원측으로부터 반복추정에 의하여 노드 n 의 전압 E_n 을 알고 있다고 하면 노드 $n+1$ 의 전압 E_{n+1} 은 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$E_{n+1} = E_n - (I_{n+1} + \frac{1}{2}(I_n - I_{n+1}))(R\cos\theta + X\sin\theta) \quad (1)$$

- 여기서, I_n : n 노드의 측정 전류
- I_{n+1} : $n+1$ 노드의 측정 전류
- θ : 전압과 전류의 위상차
- R : 구간의 선로저항
- X : 구간의 선로리액턴스

식 (1)은 배전자동화시스템에서 구간내의 부하분포를 알 수 없기 때문에 평균전류 $I_{n+1} + \frac{1}{2}(I_n - I_{n+1})$ 를 이용하여 전압강하를 계산하였다. 이와 같은 방법은 T형, π 형, 균등분포 등과 같이 구간내의 부하가 중점을 기준으로 좌우대칭으로 분포된 경우에만 적용될 수 있다. 그러나 실제통에서는 부하가 구간내에서 불규칙하게 분포하므로 식 (1)의 방법으로는 정확한 전압강하 계산을 기대하기 어렵다. 그림 4는 그림 3의 구간내에서 부하가 불규칙하게 분포된 예를 나타내고 있다.

부하가 불규칙하게 분포된 구간의 전압강하는 구간의 모든 부하가 부하중심점에 집중하여 분포된 것으로 보고 계산할 수 있다. 구간내에서 부하중심점 G 는 식 (2)와 같이 계산된다.

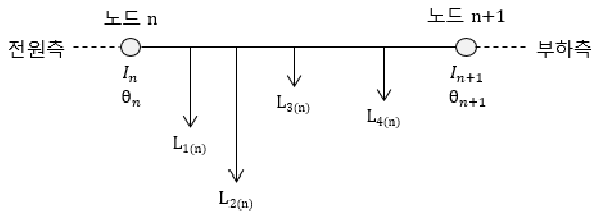


그림 4 부하가 불규칙하게 분포된 선로구간
Fig. 4 Line section with irregularly dispersed load

$$G = \frac{\sum_{k=1}^m (d_k \cdot L_k)}{d_{tot} \cdot \sum_{k=1}^m L_k} \quad (2)$$

여기서, d_k : k 번째 부하까지의 거리
 d_{tot} : 구간의 전체 길이
 L_k : k 번째 부하의 크기

배전자동화시스템(DAS)에서는 구간내에서 부하의 분포를 알 수 없지만 신배전정보시스템(NDIS)에서는 구간내에서 부하의 분포를 알 수 있으므로 식 (2)를 이용하여 부하중심점 G 를 계산할 수 있다. 전류측정치 I_n , I_{n+1} 과 부하중심점 G 를 이용한 전압강하 계산식은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{n+1} = E_n - (I_{n+1} + G(I_n - I_{n+1}))(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (3)$$

여기서, G : 식 (2)의 부하중심점

전압강하계산 반복추정에서 첫 번째 전압을 알고 있다고 가정한다. 실제 배전계통에서는 첫 번째 노드가 선로 인출단의 154[kV] 변전소 모선이 된다. 변전소에서는 캐패시터를 적용한 CCPD를 사용하므로 전압 측정치를 신뢰할 수 있다.

2.3 전압추정을 위한 DAS-NDIS-SCADA 연계

본 논문에서 제안하는 전압추정 방법에는 배전선로 자동화개폐기의 전류/위상 정보 외에도 변전소에서 취득한 선로 인출단의 전압/전류/위상 정보와 배전선로 구간내에서 부하분포를 나타내는 설비정보가 필요하다. 배전선로의 전류/위상 정보는 DAS에서 자동화개폐기에 취부되어 있는 FRTU로부터 측정한다. 선로 인출단의 전압/전류/위상 정보는 변전소의 원격감시제어를 담당하는 SCADA 시스템에서 취득한다. 구간내의 부하분포는 고압부하인 경우 수용가의 계약전력으로 알 수 있으며 저압부하인 경우 주상 변압기의 용량/이용률로부터 알 수 있는데 이러한 데이터는 NDIS에서 관리된다. DAS, NDIS 및 SCADA 는 각각 배전 자동화시스템, 배전 정보시스템 및 변전소 원방감시제어시스템으로서 각각 별도의 시스템으로 구축되어 있다. 그림 5는 본 논문에서 제안하는 전압추정방법을 구현하기 위한 시스템 구성방안을 나타내고 있다.

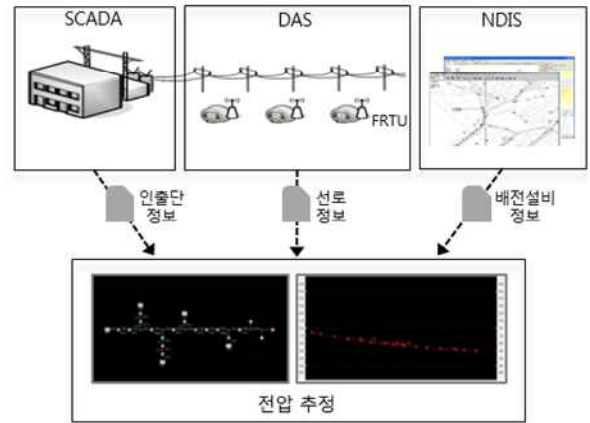


그림 5 전압추정을 위한 정보통합 체계
Fig. 5 Information integration for Voltage Estimation

배전선로는 특수한 경우를 제외하고 방사상으로 운전되므로 전압추정도 회선단위로 이루어진다. 전압추정이 수행되는 장치 혹은 시스템에서 정보를 요청하면 해당 회선의 인출단의 전압/전류/위상, 선로상 자동화개폐기의 전류/위상 정보를 각각 SCADA, DAS 로부터 취득한다. NDIS의 배전설비정보는 변경이 드물고 국소적으로 갱신되기 때문에 정보의 저장과 관리를 통해 쉽게 이용 가능하다. 이러한 데이터가 확보되면 본 논문에서 제안하는 전압추정방법에 의하여 해당회선 각 노드의 전압을 정확하게 추정할 수 있다.

2.4 사례연구

본 논문에서 제안하는 방법의 유용성을 검증하기 위하여 Matlab power system toolbox를 이용한 사례연구를 수행하였다. 사례연구 1에서는 먼저 하나의 구간내에서 부하가 불균등하게 분포된 예제배전선로 구간에 대하여 전압추정을 검증하였다. 사례연구 2에서는 이러한 불규칙 부하분포 구간이 여러 개 연결되어 있는 한전의 실제계통 배전선로에 대하여 전압추정을 검증하였다. 사례연구 3에서는 구간내 설비용량의 비와 실제 부하량이 다른 경우에 대하여 전압추정을 검증하였다.

2.4.1 사례연구 1 : 구간내 불규칙 부하분포

그림 6은 사례연구 1을 위한 예제구간으로서 배전선로에서 하

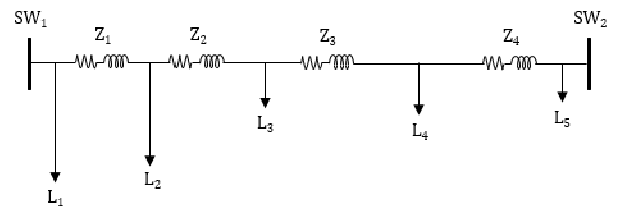


그림 6 사례연구 1 예제 선로구간
Fig. 6 A Example section for case study 1

나의 구간을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 구간내에는 5개의 불균등한 부하가 분포되어 있으며 양단의 끝에는 전류/위상 측정을 위한 자동화개폐기 설치되어 있다.

그림 7은 사례연구 1에 사용된 매틀랩 시뮬레이션 모델을 나타낸다. 불균등한 부하를 나타내는 정임피던스 부하, 파이등가로 모델링된 선로 및 양단의 전류/위상측정기로 구성되어 있다. 표 1은 각 선로의 임피던스로서 ACSR 160[mm²]이 적용된 선로에 공장을 고려하여 정상분 임피던스를 계산하였다.

표 1 사례연구 1 공장 및 임피던스

Table 1 Line length and impedance

구간	공장[km]	R[Ω]	X[Ω]
Z ₁	1.1	0.2226	0.4280
Z ₂	1.1	0.2226	0.4280
Z ₃	4.3	0.8704	1.6731
Z ₄	3.5	0.7084	1.3618

표 2는 각 부하의 유효전력, 무효전력 및 부하위치를 나타내고 있다. 부하위치는 개폐기 SW₁으로부터의 거리로 표시하였다.

표 2 사례연구 1 입력 데이터

Table 2 Input parameters for case study 1

부하	P[kw]	Q[kvar]	부하위치
L ₁	3075.30	1489.43	0
L ₂	2608.65	1263.42	1.1
L ₃	657.90	318.63	2.2
L ₄	719.10	348.27	6.5
L ₆	589.05	285.28	10

표 3은 사례연구 결과를 나타내고 있다. 시뮬레이션에 의한 SW₂의 전압은 13075[kV]이고 본 논문에서 제시한 전압추정 방법에 의해 계산된 SW₂의 전압은 13073[kV]로 매우 정확하게 전압을 추정할 수 있음을 알 수 있다. 또한 구간내의 불균등 부하분포를 고려하지 않는 참고문헌[11]의 방법에 비교하였을 때 오차율을 1.79[%]에서 0.01[%]로 현저하게 개선할 수 있음을 확

표 3 사례연구 1 시뮬레이션 결과

Table 3 Simulation results of case study 1

구간	기존 방법	제안 방법
시뮬레이션 전압[V]	13075.68	13075.68
추정전압[V]	12841.28	13073.73
오차[V]	234.39	1.94
오차율[%]	1.79	0.01

인할 수 있다.

2.4.2 사례연구 2: 실제 배전계통

본 논문에서 제안하는 전압추정기법의 유용성을 검증하기 위하여 한전에서 운영 중인 실계통 배전선로를 대상으로 사례연구를 수행하였다. 그림 8은 도서지역의 실계통 배전선로서 4개의 자동화개폐기로 분리된 5개의 구간으로 구성되어 있다.

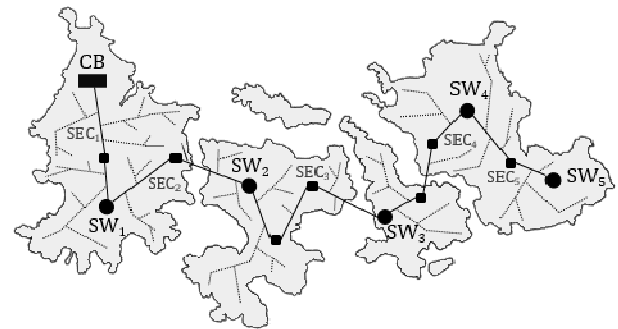


그림 8 사례연구 2 한전 배전선로

Fig. 8 KEPCO distribution line for case study 2

표 4는 매틀랩 시뮬레이션에 사용된 입력된 데이터로서 각 구간 부하의 유효전력, 무효전력 및 부하위치를 나타내고 있다. 표 5는 매틀랩 시뮬레이션, 참고문헌[11]에 의한 전압추정과 본 논문방법의 전압추정을 비교하여 나타내고 있다.

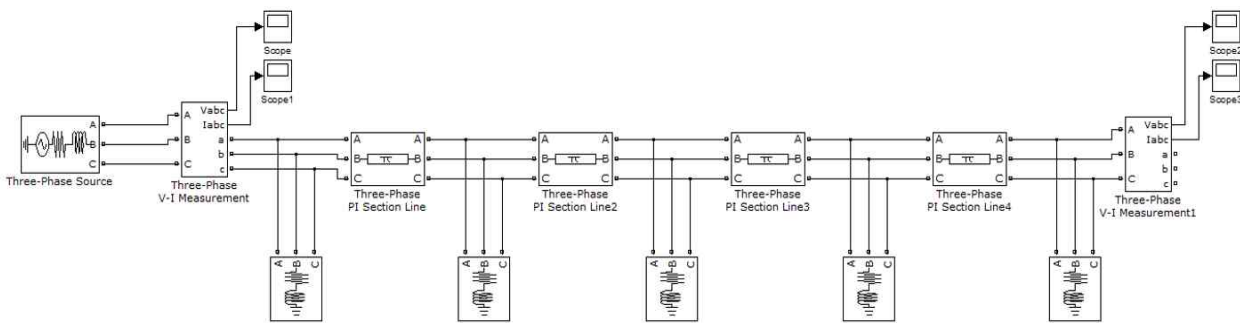


그림 7 매틀랩 시뮬레이션 모델

Fig. 7 Matlab Simulation Model

표 4 사례연구 2 입력 데이터

Table 4 Input parameters for case study 2

구간	부하	유효전력 [kW]	무효전력 [kVAR]	부하위치 [km]
SEC ₁	1	729.49	353.31	0
	2	610.74	295.79	0.04
	3	135.72	65.73	0.32
	4	101.79	49.29	1.68
	5	118.75	57.51	4
SEC ₂	6	933.07	451.90	0
	7	827.04	400.55	0.05
	8	169.65	82.16	0.7
	9	106.03	51.35	1.85
	10	84.82	41.08	5
SEC ₃	11	660.78	320.03	0
	12	676.90	327.83	0.03
	13	80.58	39.02	0.60
	14	112.81	54.64	1.86
	15	80.58	39.02	3.8
SEC ₄	16	778.69	377.13	0
	17	473.32	229.24	0.03
	18	76.34	36.97	0.57
	19	106.88	51.76	1.86
	20	91.61	44.36	3.8
SEC ₅	21	702.35	340.16	0
	22	396.98	192.26	0.03
	23	213.75	103.52	0.50
	24	137.41	66.55	1.36
	25	76.34	36.97	3.40

표 5 사례연구 2 시뮬레이션 결과

Table 5 Simulation results of case study 2

개폐기	시뮬레이션 결과[V]	기존방법		제안방법	
		추정전압 [V]	오차율 [%]	추정전압 [V]	오차율 [%]
SW ₁	12953.14	12926.82	0.203	12954.21	0.008
SW ₂	12724.20	12654.34	0.549	12726.12	0.015
SW ₃	12609.43	12516.14	0.739	12611.54	0.016
SW ₄	12549.38	12434.56	0.914	12551.55	0.017
SW ₅	12543.93	12410.28	1.065	12546.09	0.017

그림 9는 표 5의 사례연구 결과를 선로 전압의 프로파일로 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 본 논문에서 제시하는 방법이 실제용 배전선로에서도 매우 정확하게 전압을 추정할 수 있음을 알 수 있다. 또한 구간내의 부하 불균등 분포를 고려함으로써 참고문헌 [11]의 방법에 비하여 획기적으로 개선된 성능을 나타내고 있다.

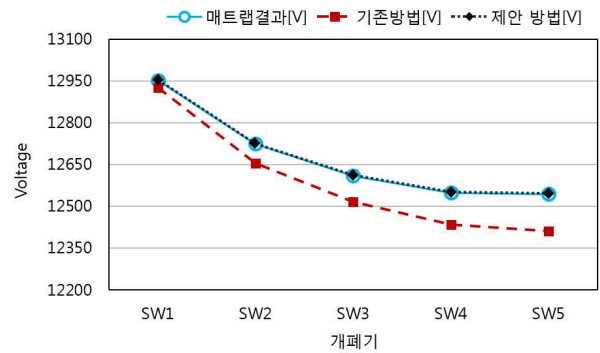


그림 9 사례연구 2 전압 프로파일

Fig. 9 Voltage profiles case study 2

2.4.3 사례연구 3: 부하 비율 산정 오차

배전선로의 부하는 사용량에 따라 실시간으로 변하기 때문에 설비용량의 비와 실제 부하량의 비가 다를 수 있다. 본 논문에서 제안하는 전압추정방법의 유용성을 검증하기 위해 구간내 부하설비 용량의 비와 실제 부하량의 비가 다른 경우에 대하여 사례연구를 수행하였다. 그림 10은 두 개의 부하가 양단의 끝에 배치된 배전선로 구간을 나타내고 있다. 표 6은 사례연구에 사용된 배전선로의 입력 데이터를 나타내고 있다.

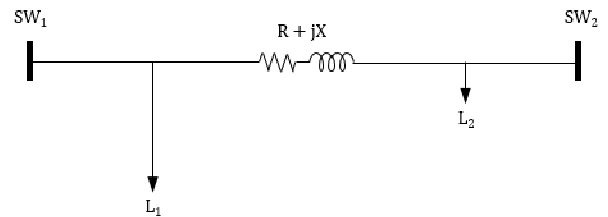


그림 10 사례연구 3 예제구간

Fig. 10 A Example section for case study 3

표 6 사례연구 3 입력 데이터

Table 6 Input parameters for case study 3

공장[km]	임피던스[Ω]	부하[kVA]	역률
10	2.024+j3.891	8000	0.9

표 7은 사례연구 결과로서 부하설비 비율은 일정하고 실제 부하량 비율은 변경될 때 SW₂의 시뮬레이션 전압과 두 가지 추정방법에 의한 전압을 나타내고 있다. 표에서 보는 것과 같이 부하 산정 비율의 오차로 인해 제안하는 추정방법에 오차가 다소 발생하였으나 기존방법인 참고문헌 [11]의 추정방법에 비해 매우 정확한 전압을 추정할 수 있음을 검증하였다.

표 7 사례연구 3 시뮬레이션 결과

Table 7 Simulation results of case study 3

부하 설비 비율	실제 부하량 비율	시뮬레이션 전압 [V]	기존방법		제안방법	
			추정전압[V]	오차율[%]	추정전압[V]	오차율[%]
2 : 1	2 : 1.2	12959.09	12869.70	0.68	12987.34	0.21
	2 : 1.1	12973.00	12869.47	0.79	12987.16	0.10
	2 : 1.0	12987.85	12869.23	0.91	12986.97	0.006
	2 : 0.9	13003.76	12868.97	1.03	12986.78	0.13
	2 : 0.8	12020.83	12868.74	1.16	12986.59	0.26
3 : 1	3 : 1.2	13020.83	12868.74	1.16	13045.39	0.18
	3 : 1.1	13032.93	12868.58	1.26	13045.30	0.09
	3 : 1.0	13045.65	12868.38	1.35	13045.17	0.003
	3 : 0.9	13059.04	12868.21	1.46	13045.06	0.10
	3 : 0.8	13073.16	12868.03	1.56	13044.95	0.21
4 : 1	4 : 1.2	13059.04	12868.21	1.46	13080.36	0.16
	4 : 1.1	13069.56	12868.06	1.54	13080.29	0.08
	4 : 1.0	13080.51	12867.94	1.62	13080.21	0.002
	4 : 0.9	13091.92	12867.79	1.71	13080.14	0.08
	4 : 0.8	13103.83	12867.67	1.80	13080.07	0.18

3. 결 론

배전계통에서는 전압측정오차가 너무 커서 이를 보정할 수 있는 전압추정기법의 개발이 필요하다. 본 논문에서 인출단 전압이나 자동화개폐기 전류 등 신뢰성 있는 데이터만을 이용하여 배전선로 모든 구간의 전압을 추정하는 기법을 제시하였다. 제안된 전압추정 방법의 유용성은 한전 실계통 데이터 기반의 사례연구를 통하여 검증하였다. 본 논문에서 제시하는 전압추정 방법은 전압측정치를 사용하는 다양한 배전운영 어플리케이션의 성능향상에 기여할 수 있는 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No. 20174030201790)

References

[1] KEPCO, "Development of high precision potential transformer for distribution system," pp. 2, 2016.
 [2] M. E. Baran and A. W. Kelley, "State estimation for real-time monitoring of distribution system," IEEE Trans. on Power System, Vol. 9, pp. 1601-1609, 1994.
 [3] M. E. Baran and A. W. Kelley, "A branch-current-based

state estimation method for distribution systems," IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, pp. 483-491, 1995.
 [4] H. Wang and N. N. Schulz, "A revised branch current-based distribution system state estimation algorithm and meter placement impact," IEEE Trans. on Power System, Vol. 19, pp. 207-213, 2004.
 [5] W. M. Lin and J. H. Teng, "Distribution fast decoupled state estimation by measurement pairing," Proc. Gen. Transmission & Distribution, vol. 143, no. 1, pp. 43-48, 1996.
 [6] W. M and Lin, J. H. Teng, "State estimation for distribution system with zero-injection constraints," IEEE Trans, vol. 11, pp. 518-524, 1996.
 [7] K. Li, "State estimation for power distribution system and measurement impacts," IEEE Trans. on Power Systems, vol. 11, pp. 911-916, 1996.
 [8] W. M Lin, J. H. Teng and S. J. Chen, "A highly efficient algorithm in treating current measurements for the branch-current-based distribution state estimation," IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 16, pp. 433-439, 2001.
 [9] I. Roytelman and S. M. Shahidepour, "State estimation for electric power distribution systems inf quasi real-time condition," IEEE Trans. on Power Del., vol. 8, no. 4, pp. 2009-2015, 1995.
 [10] M. K. Celik, W. -H. E. Liu, "A practical distribution state calculation algorithm, IEEE Power Engineering Society," 1999 Winter Meeting(Cat. No.99CH36233), Vol. 1, pp. 442-447, 1999.

- [11] J. Park, C. Jeon and S. Lim. "Accurate Section Loading Estimation Method Based on Voltage Measurement Error Compensation in Distribution System." Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 30, pp. 43-48, 2016.
- [12] G. Song, "New Transmission and Distribution Engineering," Dong-A, pp. 483-492, 2010.
- [13] M. Sin, "Transmission and Distribution Engineering", Gwangmyeong, pp. 451-454, 2000.

저 자 소 개



박 상 현 (Sanghyeon Park)

1990년 1월 5일생. 2016년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2018년 동 대학원 첨단공학과 졸업(석사)

Tel : 055-249-2630

E-mail : sangh3004@gmail.com



임 성 일 (Seongil Lim)

1967년 7월 10일생. 1994년 명지대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 경남대학교 전기공학과 교수

Tel : 055-249-2630

E-mail : slim@kyungnam.ac.kr