

주상변압기 이용률 계산방법에 대한 문제점 연구

이원정, 원태승, 최문수
한국전력공사 중앙교육원

Research on problem the method of calculating the utilization coefficient of a polmounted TR

Lee Won-jung , Won,Tai-seung, Chio,moon-su
Korea Electric Power Corporation Central Education Institute

Abstract - 한편에서는 배전용 변압기의 부하관리를 위하여 전국사업소에 산재해 있는 변압기를 NDIS¹⁾ 부하관리 시스템으로 데이터 베이스화 하고, 각 변대에 수용되어 있는 고객의 월별 전기사용량을 추출하기 위하여 영업정보시스템과 연계하여 변압기, 배전선 개체관리는 물론 부하계산, 부하실적 및 부하예측 자료를 관리하고 있다. 이중 전등부하는 고객의 월간 사용전력량(kWh)과 최대부하(kVA)의 부하특성에 따른 상관 계수를 산정하여 이를 상관식에 적용하여 최대부하를 산출하고 있으며, 동력부하는 계약전력 및 종합수용률을 적용하여 부하전류를 계산하고 있으나 최근 고객의 냉방부하 급증으로 인하여 고객의 계약전력과 실제 설비용량과의 많은 차이가 발생하고 있어 변압기 관리에 어려움이 있고, 과부하로 인하여 변압기가 소손되는 사례도 발생하고 있다. 따라서 변압기 무선부하 감시시스템으로 측정된 결과를 토대로 변압기 이용률 계산의 정확도를 높이고 변압기 관리를 효율적으로 할 필요가 있다.



전전류 계산	당기 최대부하 계산
인입주변 전압강하 계산	내년 동계부하 예측
단위kW당 전압강하 계산	내기(6개월 후)부하예측
이용률 계산	
단위 kW당 이용률 계산	

1. 서 론

현재 전등사용량에 대한 부하계산은 단상전등과 3상전등 사용량을 합산하여 이것에 부하계산 상관계수를 곱하여 백크별 110V 환산 등가전류를 계산하며, 동력사용량의 경우는 단상 동력호수, 삼상 동력호수, 단상동력 계약전력 그리고 삼상동력 계약전력과 호당 수용률을 곱하여 110V 환산 단상 동력전류 및 삼상 동력전류 및 삼상 동력전류를 계산한다. 이에 대한 자세한 변압기 이용률 산출방법을 아래와 같다.

1.1 부하계산 대상부하

가. 전등수용

- 주택용 전력
- 일반용 저압전력, 교육용 저압전력 및 가로등(을)로 계약전력이 단상 9kW 이하인 수용

나. 동력수용

- 일반용 저압전력, 교육용 저압전력 및 가로등(을)로 계약전력이 단상 9kW를 초과하는 수용 및 삼상수용
- 산업용(갑) 저압전력, 농사용전력(갑),(을),(병)인 단상수용 및 삼상수용

다. 심야전력

- 심야전력(갑), 심야전력(을)

※ 부하관리대상 제외수용 : 농사용 전등, 가로등(갑)등 정역수용, 임시전력

1.2 현재 변압기 이용률 계산식

전 등 부 하				동 력 부 하	
※ 월간 전기사용량(kWh)에 의한 계산 $I = A \cdot X + B$				※ 계약전력(kW)에 의한 계산 $I = \sum kW \times \frac{1000}{110} \times \frac{1}{\text{역률}} \times \text{수용률}$	
계절	지역별	X(사용량)kWh	A(계수)	B(계수)	
동 계	변화가	2,000이하	0.0554	0	변대당 수용호수 수용률
		2,000초과	0.0384	34.0	
	주택가	1,000이하	0.0913	0	
		1,000초과	0.0323	59.0	
	농어촌	500이하	0.1210	0	
		500초과	0.0533	34.0	
하 계	변화가	2,000이하	0.0680	0	
		2,001~10,000	0.0438	48.0	
	주택가	10,000초과	0.0197	287.0	
		1,000이하	0.1010	0	
	농어촌	1,001~7,500	0.0422	59.0	
		7,500초과	0.0166	260.0	
		500이하	0.1199	0	
		500초과	0.0339	43.0	

1) NDIS(New Distribution Information System) : 전국에 시설된 방대한 배전설비를 효율적으로 관리·운영하기 위하여 지리정보 시스템(GIS) 지원을 받아 구축한 종합배전시스템

1.3 적용산식

가. 전등전류

전등사용량에 의해 산출한 상관계수를 적용하여 1차함수로 계산한다.

○ 합산 전등사용량 = 1 ϕ 전등 사용량 + 3 ϕ 전등 사용량

○ $I \ell = AX + B$

- $I \ell$: 110V 환산 전등전류(A)

- A, B : 부하계산 상관계수

- X : 백크단위의 전등사용량(kWh)

○ 110V 환산 전등전류

- 110V 환산 1 ϕ 전등전류 ($I \ell 1$) = $I \ell \times \frac{1\phi \text{ 전등사용량}}{\text{전체사용량}}$

- 110V 환산 3 ϕ 전등전류 ($I \ell 3$) = $I \ell \times \frac{3\phi \text{ 전등사용량}}{\text{전체사용량}}$

나. 동력전류

계약전력에 수용률을 곱하여 산출한다.

○ 동력호수 = 1 ϕ 동력호수 + 3 ϕ 동력호수

○ 동력계약전력 = 1 ϕ 동력 계약전력 + 3 ϕ 동력 계약전력

○ $I p 1, p 3 = K \times 103 \div (0.9 \times 110)$

= $\sum (K_i - K_{i+1}) \cdot j \cdot i$ 호 종합수용률 + $(K_7 + \dots + K_n) \times 103 \div (0.9 \times 110)$

= $[(K_1 - K_2) \times 0.852 + 2(K_2 - K_3) \times 0.71 + 3(K_3 - K_4) \times 0.586 + 4(K_4 - K_5) \times 0.480 + 5(K_5 - K_6) \times 0.452 + 6(K_6) + (K_7 + \dots + K_n) \times 0.430] \times 103 \div (0.9 \times 110)$

- $I p 1$: 1 ϕ 동력 부하전류(A)

- $I p 3$: 3 ϕ 동력 부하전류(A)

- K : 동력호당 계약전력(kW)

• 배열 : $K_1 > K_2 > \dots > K_n$ 순

• K_i = 6인 경우 : K_{i+1} 은 0을 대입

- 1 ϕ 동력과 3 ϕ 동력을 구분하여 계산

○ 110V 환산 동력전류

- 110V 환산 1 ϕ 동력전류 = 1 ϕ 동력부하전력 $\times 103 \div (0.9 \times 110)$

- 110V 환산 3 ϕ 동력전류 = 3 ϕ 동력부하전력 $\times 103 \div (0.9 \times 110)$

다. 합성부하전류

○ 1 ϕ 전류 : $I 1 = I \ell 1 + I p 1$

○ 3 ϕ 전류 : $I 3 = I \ell 3 + I p 3$

라. 부하용량 계산

○ 1 ϕ 부하($P 1$) = $I 1 \times 115 \div 103$ (kVA)

○ 3 ϕ 부하($P 3$) = $I 3 \times 115 \div 103$ (kVA)

○ 합성부하 $P = (P 1 + P 3) \times D$ (kVA)

- D (전류감소율) = $K 2 - K + 1$

- K (단상 구성율) = $\frac{I 1}{I 1 + I 3}$

- $I 1, I 3$: 변대인출에서 본 공급방식별 전류

마. 합성 선전류 계산

○ 선전류 = $(I 1 + I 3) \times D$ (전류감소율)

바. 이용률(%) = $\frac{\text{부하전력}(kVA)}{\text{설비용량}(kVA)} \times 100$

○ 1상 (12, 13, 21, 22 결선변압기)

- 이용률(%) = $\frac{1\phi\text{부하}(P_1)}{\text{변압기 용량}} \times 100$

○ 3상 (43 결선변압기)

- A=B=C인 경우

• 변압기 이용률(%) = $\frac{(1/3)(P_1 + P_3) \times D}{\text{변압기 용량}} \times 100$

- A>B=C인 경우

• A 변압기 이용률(%) = $\frac{(P_1 + (1/3)P_3) \times D}{\text{변압기 용량}} \times 100$

• B, C 변압기 이용률(%) = $\frac{(1/3)P_3}{\text{변압기 용량}} \times 100$

- A=B>C인 경우

• A, B 변압기 이용률(%) = $\frac{((1/2)P_1 + (1/3)P_3) \times D}{\text{변압기 용량}} \times 100$

• C 변압기 이용률(%) = $\frac{(1/3)P_3}{\text{변압기 용량}} \times 100$

2. 본 론

2.1 변압기 무선부하 감시시스템

가. 시스템 개요

○ 변압기의 부하상태를 실시간으로 측정(각 상별 전압, 전류)하여 무선 또는 유선통신(CDMA모뎀, 광모뎀, RF모뎀)을 이용, 서버로 전송 후 인터넷 망을 통해 각 지사 및 지점 사용자에게 알려주는 시스템

나. 시스템 구성 및 통신 방식

○ 구성

- 감시장치(주단말기/종단말기) + FEP + Web Server + DB Server

- 그룹구성 : 3상 주단말기 1대 + 3상/1상 종단말기 (주상용 종단말기 : 최대 19대, 지상용 종단말기 : 최대 9대)

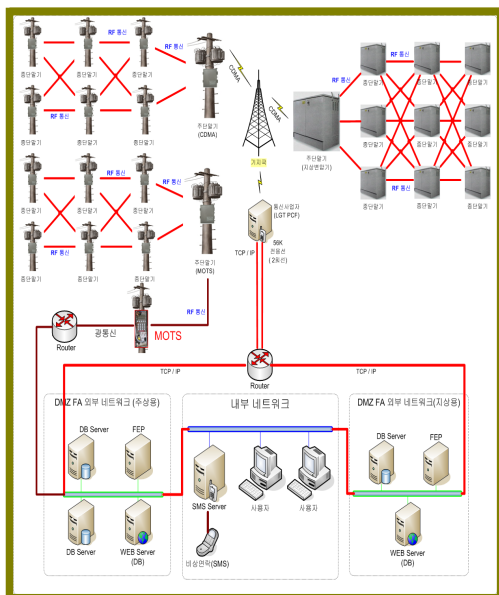
○ 통신 방식

- 종단말기 ↔ 종단말기 : RF 통신

- 주단말기 ↔ 웹서버 : CDMA 통신, 광통신

- 웹서버 ↔ 운영자 : TCP/IP 통신

다. 시스템 구성도



〈그림 1〉 시스템 구성도

2.2 변압기 이용률 계산 대비 실시간 측정 이용률 오차발생 원인

현재 변압기 이용률 계산에 의한 이용률을 계산할 경우 서론에서 기술한 바와 같이 일반용 저압전력, 교육용 저압전력 및 가로등(을)로 계약전력이 단상 9kW를 초과하는 수용 및 삼상수용과 산업용(갑) 저압전

력, 농사용전력(갑),(을),(병)인 단상수용 및 삼상수용은 계약전력을 기준으로 산정하나, 계약전력에 비하여 실제 고객의 설비용량은 매년 증가되어 많은 오차가 발생되고 있다.

2.3 변압기 이용률 계산 대비 실시간 측정 이용률 오차발생 사례

전주번호	변압기용량			실시간 측정값			계산값			오차율(100%)		
	A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상
대신간7L4	50	50	50	89	86	105	34.4	34.4	34.4	259	250	305
가좌간8R1	20	20	20	26	28	34	19.8	19.8	19.8	131	141	172
가좌간95	30	50	30	32	16	47	36	28.3	36	89	57	131
대신간24L21	50	50	75	58	112	114	67.9	67.9	63.4	85	165	180
대신간24L23	75	100	75	82	13	77	25.4	70.4	25.4	323	18	303
대신간6L5	100	100	150	78	76	50	51.8	51.8	69.1	151	147	72
대신간30R3	30	30	30	108	111	118	45.4	45.4	45.4	238	244	260
대신간30R4	100	100	100	76	77	46	36.1	36.1	36.1	211	213	127
대신간30R4L4	30	100	30	18	64	55	14.3	84.3	14.3	126	76	385
대신간30R5	50	75	50	35	44	56	8.3	94.7	8.3	422	46	675
대신간30R6	50	50	50	45	55	36	34.5	34.5	34.5	130	159	104
대신간30R6L1	50	50	50	112	48	48	51.8	51.8	51.8	216	93	93
대신간30R7	30	30	30	123	78	117	78.6	78.6	78.6	156	99	149
신촌간18	75	75	75	73	63	81	56.6	56.6	56.6	129	111	143
신촌간6R1	30	100	30	33	54	35	49.5	37.2	49.5	67	145	71
신촌간6R4	100	100	100	101	111	111	62.6	62.6	62.6	160	161	177
신촌간6R5L5	30	75	30	53	71	56	33	85.1	33	161	83	170
연신간13L10	75	30	30	49	17	55	52.8	58	52.8	93	29	104
연신간17H1	50	50	50	85	31	40	18.8	18.8	18.8	452	165	213
연신간18	50	50	50	70	47	38	39.1	39.1	39.1	179	120	97
연신간20	75	75	75	87	52	72	46.6	46.6	46.6	187	112	155
연신간1R1	75	75	75	72	75	95	50.7	50.7	50.7	142	148	187

위의 사례와 같이 실시간 측정된 값과 계산된 값과는 29%~305%까지 오차가 발생하여 이런 오차를 줄이기 위해서는 고객의 계약전력을 기준으로 이용률을 산정하는 방식에 대한 개선이 필요하다.

3. 결 론

3.1 전기공급약관상의 저압공급 범위

한전에서 저압으로 공급하는 범위는 1전기사용장소가 2이상의 전기 사용계단위로 구분되고 각각의 계약전력이 100kW미만으로서 그 계약 전력의 합계가 199kW이하일 경우에는 저압으로 공급가능하도록 규정

3.2 변압기 이용률 정확도 향상을 위한 장애요인

가. 고객사용 설비가 증가되더라도 비용이 발생하여 증설 회피

나. 한 건물의 계약전력합계가 199kW인 경우 증설을 하게되면 특고압으로 수전을 받아야 하므로 비용이 발생하여 증설 회피

다. 변압기 2차에 1상 2선식 인입선을 시설할 경우 3상 동일용량 변압기의 경우 각 변압기에 부하 불평형이 발생하지 않도록 시설하는 것이 한계가 있음

3.3 개선방안 및 향후 계획

위 3.2의 “가”, “나”의 장애요인을 개선하고, 안정적으로 변압기를 운영하기 위해서는 동력수용에 대한 계약전력산정방식을 개선하여 전등수용과 마찬가지로 월간 전기사용량(kWh)에 의한 계산방식을 적용하여 실시간 측정된 값과 상관관계를 분석함으로써 오차범위를 줄이기 위한 과제를 향후에 수행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 저압부하관리 업무 편람(한국전력공사 배전처, 1999.05)
- [2] 변압기 무선부하 감시시스템 교육자료 (한국전력공사 배전운영처, 2008.04)