

전기자기 적합성(EMC)

K 60725

[IEC 60725 Ed.2.0 : 2005-07]

전기기기의 방해특성 결정을 위한
저압 배전계통의 공급 및 기준
임피던스(상당 정격전류 75 A이하)

목 차

서 문	3
1 적용범위	3
2 인용규격	3
3 공급계통	4
4 공급 임피던스	4
5 기준 임피던스	7
6 고조파 임피던스	9

부 록

A(정보) 상당 100 A 이상의 3상 공급과 관련된 공공 전기 공급 저압 네트워크 임피던스의 최대 모듈값 측정 방법 (50 Hz) · 10

전기용품안전기준(K 60725)

전기자기 적합성(EMC) Electromagnetic compatibility(EMC)

전기기기 방해특성 결정을 위한 저압 배전계통의 공급 및 기준 임피던스(상당 정격전류 75 A 이하) Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase

서 문

이 규격은 국제표준기술 변화에 신속히 대응하고, 현 전기용품안전기준의 운영 및 표준기술 발전을 위해 2005년 7월에 발행된 IEC 60725:Ed 2.0 전기기기 방해특성 결정을 위한 저압 배전계통의 공급 및 기준 임피던스(상당 정격전류 75 A이하)(Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase)을 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 작성한 안전인증기술기준이다.

1. 적용범위

본 기술 보고서는 이전에 IEC 60555¹⁾에 편입되어 있었으나, 현재는 K 61000-3의 일부분에 편입되어 있는 기준 임피던스를 결정하는데 고려되었던 요인과 이용 가능한 정보를 기록하고 있다.

추가적으로, 정보는 상당 100 A 이상의 공급 전류 용량과 연관된 공공 공급 네트워크의 임피던스로 나타낸다.

2. 인용규격

다음의 인용규격들은 본 규격의 적용을 위해 필수 불가결한 것이다. 날짜가 명기된 규격에 대해서는 인용된 것만 적용한다. 날짜가 명시되지 않은 규격에 대해서는 기준 문서의 (개정안을 포함하여) 최신판이 적용된다.

K 61000-3-3, 전기자기 적합성(EMC) - 제3부 : 한계값 - 제3절 : 정격전류 16A까지의 기기에서 사용하는 저전압 배전시스템의 전압변동과 플리커의 한계값

K 61000-3-11, 전기자기 적합성(EMC) - 제3부 : 한계값 - 제11절 : 공공저전압 시스템에서의 전압 변동 및 플리커의 한계값 - 75A이하의 정격전류와 조건부 연결 기기

K 61000-3-12, 전기자기 적합성(EMC) - 제3부 : 한계값 - 제12절 : 공공전원 시스템에 연결된 기기

1) IEC 60555(모든 파트), 가정용 및 이와 유사한 전기기기에 의해 발생하는 공급 계통의 방해(폐지)

에서 발생하는 고조파 전류 방출의 한계값(기기의 입력전류 상당 16 A 초과 75 A 이하)

3. 공급계통

3.1 3상 공급 시스템

3상 4선식 배전 계통은 공칭전압 220 / 380 V 범위의 저압 수용가에 널리 사용되고 있다.

KS C IEC 표준전압과 일치시키기 위하여, 본 규격서에서는 220 / 380 V로 기술되어 있다.

개별 소비자로서의 공급이 3상 계통에 연결되는 방법에서 상당한 차이가 있다.

몇몇 국가에서는 230 V에서 하나의 선로용 도체와 중성선 사이에 연결된 경회로와 소형 기기들을 가지는 중부하의 경우 3상 400 V방식의 소비자의 건물로 모든 4선을 인입 시킨다.

다른 국가에서는 230 V에서 하나의 선로용 도체와 중성선 사이에 연결된 경회로와 소형 기기들을 가지는 중부하의 경우 2상과 교차하는 400 V방식의 소비자의 건물로 모든 3선을 인입 시킨다.

영국과 같은 국가에서는 주거용 소비자의 건물로 단상 이상의 배전선이 인입되는 것은 특이한 일이다. 결과적으로 15 kVA 미만이 양쪽 중부하와 경회로는 230 V에서 선로용 도체와 중성선 사이에 공급된다.

3.2 단상 공급 시스템

미국이나 일본 같은 국가에서는 단상 3선식 배전방식이 사용된다. 소형기기 및 경회로가 115 V에서 하나의 외부선(out wire)과 중앙선(center wire)사이에 연결되는 동안 중부하는 230 V에서 외부선들과 교차하여 연결된다. 이는 3상 배전 계통의 공급 임피던스와 완전히 다른 공급 임피던스를 제시하고 다른 기준 임피던스가 필요 할 수 있다.

단상 3선식 배전 계통 및 60 Hz 기본 주파수에서 동작하는 모든 시스템에 적절한 기준 임피던스의 권고치는 본 문서에 제시하지 않는다. 이러한 시스템을 운영하는 국가가 충분한 기술 정보를 공개할 경우 이 문제는 차후 연구과제로 받아들여질 것이다.

4. 계통 임피던스

4.1 일반 주거용 건물 설비

일반 주거용 소비자의 건물에 전력을 공급과 연관된 공급 계통 임피던스는 공급 계통을 설계하는데 사용되는 최대 부하에서의 고정 상태 전압강하와 일반 네트워크에 연결된 모든 소비자의 최대 전력 수요의 평균값으로 결정된다.

공급 계통 임피던스에 대한 정보는 가능한 한 많은 국가들로부터 수집하여 표 1에 나타내었다. 고려된 임피던스는 다른 소비자들과 공동으로 연결된 지점까지의 임피던스이다. 다만, 많은 공급 계통중에서 특히 같은 빌딩의 개별 아파트의 공동 연결 지점이 계량기 설치점이다. 따라서 일반적으로 얻어진 임피던스 그림들은 공급 계통 임피던스와 인입 연결 임피던스를 포함한다.

230 V 50 Hz에서 각 소비자에게 3상 공급 계통의 상-중성 임피던스 특성은 표 1에 명시된 국가들 간에 크게 다르게 나타나고 있다.

표 1 - 1980년 50 Hz 단상 연결에 관한 주거용 소비자의 복합 공급 임피던스의 국제조사

[단위 : Ω]

국 가	명시된 복합적인 값 이하 공급임피던스를 갖는 소비자 비율(%)			
	98%	95%	90%	85%
벨기에	—	$0.63 + j0.33$	$0.32 + j0.17$	$0.28 + j0.15$
프랑스	—	$0.55 + j0.34$	$0.45 + j0.25$	$0.34 + j0.21$
독일	—	$0.45 + j0.25$	$0.36 + j0.21$	$0.31 + j0.17$
아일랜드 ^a	$1.47 + j0.64$	$1.26 + j0.60$	$1.03 + j0.55$	$0.94 + j0.43$
이탈리아	—	$0.59 + j0.32$	$0.80 + j0.26$	$0.44 + j0.24$
네덜란드	—	$0.70 + j0.25$	$0.41 + j0.21$	$0.32 + j0.17$
스위스	—	$0.60 + j0.36$	$0.42 + j0.25$	$0.30 + j0.18$
영국	$0.46 + j0.45$	—	$0.25 + j0.23$	—
러시아	—	$0.63 + j0.30$	$0.50 + j0.26$	—

^a 폴란드의 주거용 소비자에 대한 계통 임피던스는 아일랜드와 유사함.

임피던스 조사가 표 1과 같이 발간된 1981년 이래로 자연스러운 발전 및 공공 공급 네트워크의 강화가 추진되어왔고 주거용 전력에 관한 기준 임피던스에 기초한 90 % 열의 값은 공급 임피던스가 전체적으로 감소했기 때문에 현재 95 % 열과 보다 관련이 있다.

한국의 국가위원회(National Committee)는 2004년 3월 60 Hz, 380 / 220 V 저압 공급 계통과 연관된 네트워크 임피던스의 광범위한 전국적인 조사를 실시하여 한국 실정에 적합한 네트워크 임피던스를 95 % 확률을 이용하여 다음과 같이 제시한다.

- 단상 2선식 220 V의 경우, 공급 용량 < 100 A(상당), $(0.67 + j0.37) \Omega$
- 3상 4선식 380 V의 경우, 공급 용량 < 100 A(상당), $(0.33 + j0.20) \Omega$

4.2 큰 주거용, 상업용 및 경공업용 건물 설비

이 절에서 다루는 건물은 상당 100 A를 이상의 공급 전류 용량을 가진다.

소비자와 전원 단자에서의 계통 임피던스와 관련된 배전 네트워크 운영 사업자로부터의 요구가 KS C IEC 61000-3-11 발행의 결과로 증가할 것이고 공표한 기기의 조건부 연결에 관한 절차가 증가할 것으로 예상된다.

개별 소비자의 건물 설비에 실제 공급 임피던스의 실행값을 결정할 때 전 세계적인 배전 네트워크 운영 회사를 돕고 전 세계적으로 개별 국가의 제품들의 시장성을 평가할 때 제조자들을 돕기 위해서, 최대 공급 임피던스 결정을 위한 기본적인 접근법은 발전되어 왔고 부록 A에 나타내었다.

공급 임피던스의 다음 값들은 부록 A에 주어진 방법을 적용하여 다음과 같은 가정하에서 얻어진다.

- a) 배전용 변압기는 정격 500 kVA, 3 % 전압 변동률 또는 2.68 % 리액턴스를 가진다.

b) 95 %의 발생 확률을 가진다. 즉, 소비자의 5 %가 표에 나타난 값보다 큰 공급 계통 임피던스를 가질 것이다.

필요하다면, 부록 A의 표 A1과 표 A2에 수록된 권고 공급 임피던스 또는 최대 공급 임피던스는 부록 A의 A.5 항을 이용하여 국가 혹은 개별 공공 공급 네트워크를 대표하도록 개정될 것이다.

한국 국가위원회(National Committee)는 2004년 3월 60 Hz, 380 / 220 V 저압 공급 계통과 연관된 네트워크 임피던스의 광범위한 전국적인 조사를 실시하여 한국 실정에 적합한 네트워크 임피던스를 95 % 확률을 이용하여 다음과 같이 제시한다.

- 단상 2선식 220 V, 공급 용량 ≥ 100 A(상당), $(0.29 + j0.33) \Omega$
- 삼상 4선식 380 V, 공급 용량 ≥ 100 A(상당), $(0.26 + j0.30) \Omega$

4.2.1 3상기기의 연결과 관련된 공급 임피던스

표 2는 4.2에 명시된 3상 공급과 관련된 공공 전기 공급 네트워크인 230 / 400 V, 50 Hz 선로용 도체의 공급 임피던스의 모듈값(Ω)을 포함하고 일반적으로 전기 사용 시 소비자 건물과 공급용량으로 공시된 여러 가지 법정 전압 범위를 포함한다.

**표 2. 초과되지 않는 95% 확률을 가지고 3상 기기의
연결과 관련된 50 Hz에서 공급 임피던스의 모듈값(Ω)**

공시된 전압 범위 %	상당 공급 용량(A)				
	150 A	200 A	300 A	400 A	600 A
8	0.90	0.07	0.04	0.03	0.02
9	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03
10	0.11	0.09	0.06	0.04	0.03
11	0.13	0.10	0.06	0.05	0.03
12	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04
13	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04
14	0.17	0.12	0.08	0.06	0.04
15	0.18	0.13	0.09	0.07	0.04
16	0.19	0.14	0.10	0.07	0.05
17	0.20	0.16	0.10	0.08	0.05
18	0.23	0.17	0.11	0.09	0.06
19	0.24	0.18	0.12	0.09	0.06
20	0.25	0.19	0.13	0.10	0.06

4.2.2 단상기기의 연결과 관련된 공급 임피던스

표 3은 4.2에 명시된 가정하에서 3상 4선식 공급에 대한 단상 기기의 연결과 관련된 공공전기 공급 네트워크인 230 / 400 V, 50 Hz 선로용 도체-중성선의 공급 임피던스의 모듈값(Ω)을 포함한다.

**표 3. 초과되지 않는 95% 확률을 가지고 단상 기기의
연결과 관련된 50 Hz에서 공급 임피던스의 모듈값(Ω)**

공시된 전압 범위 %	상당 공급 용량(A)				
	150A	200A	300A	400A	600A
8	0.13	0.10	0.06	0.05	0.03
9	0.15	0.11	0.06	0.06	0.04
10	0.18	0.13	0.09	0.07	0.04
11	0.20	0.15	0.10	0.08	0.05
12	0.23	0.17	0.11	0.09	0.06
13	0.24	0.18	0.12	0.09	0.06
14	0.27	0.20	0.13	0.10	0.07
15	0.29	0.22	0.15	0.11	0.07
16	0.30	0.23	0.15	0.11	0.08
17	0.34	0.26	0.17	0.13	0.09
18	0.37	0.28	0.18	0.14	0.09
19	0.39	0.29	0.20	0.15	0.10
20	0.42	0.31	0.21	0.16	0.10

5. 기준 임피던스(Reference Impedance)

60 Hz 기본 주파수에서 운전하는 배전 계통에 적절한 기준 임피던스가 권고되는 본 문서에 제시하지 않는다. 이러한 시스템을 운영하는 국가가 충분한 기술 정보를 공개할 경우 이 문제는 차후 연구과제로 받아들여질 것이다.

5.1 16A 이하의 정격전류를 가지는 기기에 관한 기준 임피던스

16 A 이하 정격전류를 가진 기기는 상당 100 A 미만 공급 전류의 용량을 갖는 건물에 주로 연결된다. 이런 건물은 1980년도에 조사되었던 주거용 공급 지역에 널리 퍼져있고 16 A 이하 정격 전류를 가지는 기기의 연결에 관련한 기준 임피던스는 표 1에 있는 값에서 유도된다.

기준 임피던스가 현행 계통 임피던스를 설명하여야 하고 공공 공급 네트워크에 대한 기기의 연결이 과도한 전압 방해와 왜곡을 야기 시키지 않도록 보장하는 것을 예상하여 전압 한계값에 대한 기기의 방출을 평가하는데 사용될 수 있어야 한다.

기준 임피던스를 계통 임피던스의 범위로 연관시키는 자동적이고 논리적인 방법을 찾을 수 있다고 증명

되지 않았다. 소비자의 10 %가 주어진 값보다 큰 공급 임피던스를 가졌다고 말하는 것은 소비자의 10 %가 방해되는 것을 포함하지 않았음을 알 수 있었다. 선에서 멀리 떨어진 끝부분에서 소비자는 인접한 이웃보다 전원에 보다 가까운 소비자에 대해서 적은 방해(전압 변동 혹은 고조파 왜곡)를 야기시킨다.

단일 기준 임피던스 사용에 대한 관점의 차이를 아래와 같이 요약할 수 있다.

- a) 고 임피던스 네트워크를 갖고 있는 몇몇 국가들은 경제적으로 그들의 배전계통을 보장하기 어렵기 때문에 보장할 생각이 없다.
- b) 고 임피던스 네트워크를 갖고 있는 몇몇 국가들은 요리를 위해 사용 가능한 다른 연료와 난방기기를 가지고 있기 때문에 그들의 네트워크를 강화시킬 필요가 없다.
- c) 몇몇 국가들은 400 V에서 2상 혹은 3상에 큰 기기가 연결되기 때문에 230 V에서 대용량 부하의 개폐와 연관되지 않는다.

다음 세부항목에서 표기된 값은 기준 임피던스로 선택되었고, 표 1에 명시된 계통 임피던스의 조사값과 마찬가지로 현행 배전계통에 관한 현행 기기의 사용 경험을 고려한다.

5.1.1 3상 4선식 230 V 공급

다음 시험 기준 임피던스(Z_{ref}) 채택은 다음과 같이 권고한다.

상도체	$(0.24 + j0.15) \Omega$
중성선	$(0.16 + j0.10) \Omega$
	$(0.16 + j0.10) \Omega$

5.1.2 단상 2선식 230 V 공급

아일랜드의 경우 소비자의 높은 퍼센테이지(%)가 $(0.4 + j0.25) \Omega$ 보다 높은 공급임피던스를 갖고 있다. 이탈리아와 폴란드 또한 교외지역 배전계통의 상당 부분이 상대적으로 높은 임피던스를 갖고 있다. 영국은 수용가의 2% 만이 $(0.4 + j0.25) \Omega$ 을 초과한다.

50 Hz에서 $(0.4 + j0.25) \Omega$ (상-중성)의 기준 임피던스의 단일값이 다음과 같은 이점을 가진 것으로 채택되었다.

- a) 이 값은 모든 국가에서 사용하도록 제조된 전기기기에 관한 동일한 한계 조건을 준다.
- b) 상당 정격 16 A 이하 기기에서의 방출을 평가하기 위해 사용된 단일 기준 임피던스가 존재해야 함을 결정하는데 따른다.
- c) 이것은 시험실 과정을 단순화한다.
- d) 공공 공급 계통에 이미 연결된 대부분의 전기기기들이 이 임피던스에 기초한 한계치에 따름을 경험으로 보여준다.(예외 있음)
- e) 이것은 고조파 한계치의 설정을 단순화한다.

이러한 단일 임피던스의 선택은 다음과 같은 단점을 갖는다.

- a) 상대적으로 고 임피던스를 가지는 네트워크에 관한 조건이 일반적으로 현재 허용될지라도, 많은 수의

기기가 동시 사용되도록 의도된 전기기기가 예상된 전압변화의 최대값을 산출하도록 설계되었다면 이는 불가능할 수 있다.

b) 짧은 주기동안 운전되고 허용되는 것으로 알려진 대용량 전기기기를 형성하는 전기기기는 금지된다.

기준 임피던스로 시험되는 경우 K 61000-3-3의 전압 한계값에 따르지 않는 16 A 이하 정격 전류를 가지는 기기는 K 61000-3-11에 관한 적합성을 나타내기 위해 재시험되거나 평가 될 수 있다. 제3-11부는 상당 75A 이하 정격 입력 전류를 가진 기기에 적용할 수 있고 공공 배전 네트워크 운용회사가 기기를 조건부 연결 할 수 있다.

5.2 75A 이하 정격 전류를 가지는 기기에 관한 기준 임피던스

상당 75 A 이하의 정격전류를 가지는 기기는 상업 및 산업용 건물에서 광범위하게 사용되고 상당 100 A 이상 공급 용량을 가지는 주거용 건물 보다 작은 범위에서 사용된다.

많은 공급 용량 범위에 관한 계통 임피던스 값은 표 2와 표3에 주어진다.

다음 시험 기준 임피던스 채택 Z_{test} 는 75 A 이하 정격 전류를 가지는 기기에 관해 권고되고 상당 100 A 이상 공급 용량을 가지는 건물에서만 사용 되어야 한다.

상도체	$(0.15 + j0.15) \Omega$
중성선	$(0.10 + j0.10) \Omega$
	$(0.25 + j0.25) \Omega$

5.3 단상 3선식 120 / 240V 배전방식 공급

단상 3선식 120/240 V 배전공급 방식에 대한 기준 임피던스가 제안되었었다. 그러나 제안된 기준 임피던스 값은 서로 다른 나라에서 서로 다른 방해 특성을 만족시키기 위하여 정격전압 230 V 배전방식에 가깝게 전기기기들이 설계되는 결과를 낳았다. 이는 국제무역에 문제를 가져왔다. 이러한 어려움이 발견되었을 때, $0.4 + j0.3 \Omega$ (60 Hz의 상도체 대 중성선)의 기준 임피던스가 네트워크에 상관없이 모든 230 V 전기기기들에 적용되어야 한다는 제안서에 대한 미국과 일본의 전문가들의 대답을 얻는 데는 불충분하였다. 이 보고서에서는 어떠한 권고치도 만들어지지 않았다.

6. 고조파 임피던스

역률 보정 캐패시터(예, 형광등)와 계통의 인덕턴스 사이에 공진이 가능하다는 이론적인 고찰이 제안되었지만, 측정으로는 이런 현상은 단지 몇가지 경우에서만 고찰 된다. 이러한 이유로, 기준 임피던스는 고조파 방출을 평가하는데 순수한 저항성과 유도성으로 간주된다고 권고한다.

본 시방서에 표시된 공급 임피던스 값은 기기로부터 고조파 전류 방출의 한계값을 설정하기 위해 KS C IEC 61000-3-12에서 사용된 기본 주파수에서의 최소 단락 레벨을 결정하는데 사용된다.

부록 A (정보)

상당 100 A 이상의 3상 공급과 관련된 공공 전기 공급 저압 계통 임피던스의 최대 모듈값 측정 방법(50 Hz)

A.1 개요

본 기술 보고서는 IEC 60555 방출 규격용 시험 표준 임피던스를 제공하여 공공 공급 저압 네트워크로 주거용 기기의 연결을 용이하게 하기 위해 1981년에 발간되었다.

그러나 IEC 60555 규격이 KS C IEC 61000-3 규격으로 개정되었을 때, 적용범위는 정격 16 A 이하 대부분의 기기를 통합하도록 변경되었다. 이 변경은 상업용, 경공업 및 산업용 건물 설비에 사용되는 전문적인 기기로 이미 간주되었음을 의미하고 고조파 및 전압 변동용 방출 한계값에 따라야 함을 의미한다.

모든 환경에서 사용되는 많은 최신 기기들(예 : 대형 TV 장치, 개인용 컴퓨터, 사진 복사기, 에어컨 및 고출력 물 분사 장치)의 신규 규격에 대해 제조자들은 현재 기기를 설계하고 시험한다.

본 부록의 목적은 상당 100 A를 초과한 공급 용량에 대하여 전기 공급 기관에 의해 제공되는 공급 임피던스 정보를 확장시키는 것이다. 따라서 특정 전원 연결용 전기기기의 평가를 용이하게 할 것이고 국가적 차원에서 전기 공급 기관과 제품 마케팅을 논의할 경우 기기 제조자들이 사용할 수 있는 일반 기본 지식을 형성하게 할 것이다.

법정 공급 전압, 허용 편차 및 발전소와 기기에 관한 전기 공급 기관에 의해 사용된 시방서의 세계화를 통한 거대한 변화가 예상되기 때문에, 특정한 공급 용량과 관련된 공급 임피던스를 결정하기 위한 통계적 조사는 과도한 비용이 발생할 것이고 그 결과는 매우 구체적일 것이다.

성능이 강화된 기기를 원하는 소비자의 요구는 기기의 정격을 올리는 효과가 있고 특히, 제조업자들은 KS C IEC 61000-3-3의 전압 변동 한계에 직면하는 문제점을 나타낸다. 이러한 문제의 해법은 KS C IEC 61000-3-3을 포함한 범위를 갖은 KS C IEC 61000-3-11을 발간함으로써 제조업자들의 문제를 해결할 수 있다.

KS C IEC 61000-3-11은 조건부 공급(연결)을 필요로 하는 정격 75A 이하기기에 적용할 수 있고 기준 임피던스 Z_{ref} 로 시험할 경우, 가변 시험 기준 임피던스를 갖는 기기를 재시험하기 위해 KS C IEC 61000-3-3의 한계값을 충족하지 못하는 기기를 생산하는 제조업자를 허가하고 그 내용은 다음과 같다.

- 규격 한계값에 관한 적합을 보여주는 사용자 전원 공급점에서 최대 허용 공급 임피던스 Z_{max} 을 측정한 후 기기 사용 설명서에 최대 허용 공급 임피던스 Z_{max} 값을 명시하고 필요하다면, 공급 임피던스에 기기를 연결한 전기 공급 기관과 상의하여 결정하도록 사용자에게 지시하거나
- 시험 임피던스가 $(0.25 + j0.25)\Omega$ 인 시험용 단상기기, 선로용 시험 임피던스가 $(0.15 + j0.15)\Omega$ 이고 중성선 시험 임피던스가 $(0.1 + j0.1)\Omega$ 인 시험용 3상기기. 기기가 규격 한계값에 직면한다면, 제조자는 기기 사용설명서에 기기가 400 / 230 V 공칭 전압의 배전 네트워크에서 공급된 상당 100 A 이상 공급 전류 용량을 가지는 건물 설비에만 기기를 사용할 것이라고 명시하여야 하고, 필요하다면

공급점에서 공급 전류 용량이 기기에 대하여 충분히 제공되도록 전기 공급 기관과 상의 하여 결정하도록 사용자에게 지시하여야 한다.

a)와 b)의 선택, 공급 용량, 공급 전류 용량 및 기기가 사용되는 건물 설비의 공급 차단기에서의 실제 계통 임피던스가 명시되어 있거나 사용자 혹은 기기 설치자에 의해 측정되었다면, 이 정보는 전기공급 기관에 대한 참조 없이 기기의 적합성을 평가하는데 사용될 수 있다.

따라서 본 부록은 공급 계통의 구조에 의해 나타나는 특정값과 법정의 의무를 세계적인 전기 공급 기관이 결정할 수 있게 하는 형식으로 임피던스 자료를 제출한다. 임피던스 값은 상당 200 A의 공시된 공급 용량을 가지고 차례로 공급되는 400 / 230 V, 50 Hz, 3상 공공 배전 네트워크를 공급하는 500 kVA 변압기의 기본 모델을 고찰하여 얻은 값이다.

A.2 저압 일반 전기 공급시스템의 적당한 계통 모델

공공 전기 공급 네트워크에서 공급 임피던스를 측정하는데 사용된 기본 모델은 단상이고 공시된 전압 U_{dec} 과 공시된 전압 편차 범위 R_{ange} 를 사용하고, U_{dec} 의 퍼센트로 표현된다. 그리고 전압 상한값 $+R_{up}$ 과 전압 하한값 $-R_{down}$ 구성되고 둘 모두 U_{dec} 의 퍼센트로 표현된다.

단상 모델은 그림 A.1과 같고 다음과 같은 뜻을 의미한다.

a) 허용 가능한 최대 전압 즉, $U_{dec} \left[1 + \frac{R_{up}}{100} \right]$ 과 동일한 e.m.f(기전력)를 갖는 변압기 T ,

무부하에서 전부하 U_{reg} 까지의 전압 변동률, U_{dec} , 임피던스 Z_T 및 정격 전부하 전류인 $I_{full\ load}$ 은 퍼센테이지로 표현된다.

b) 변압기 용량과 동일하게 간주되는 공급 용량을 함께 가지는 변압기에 직접 연결된 네트워크 부하 L.

c) 결합 임피던스 Z_{cable} 인 배전 케이블 및 인입선.

d) 공시된 공급 용량과 동일한 상당 공급 부하인 I_{load}

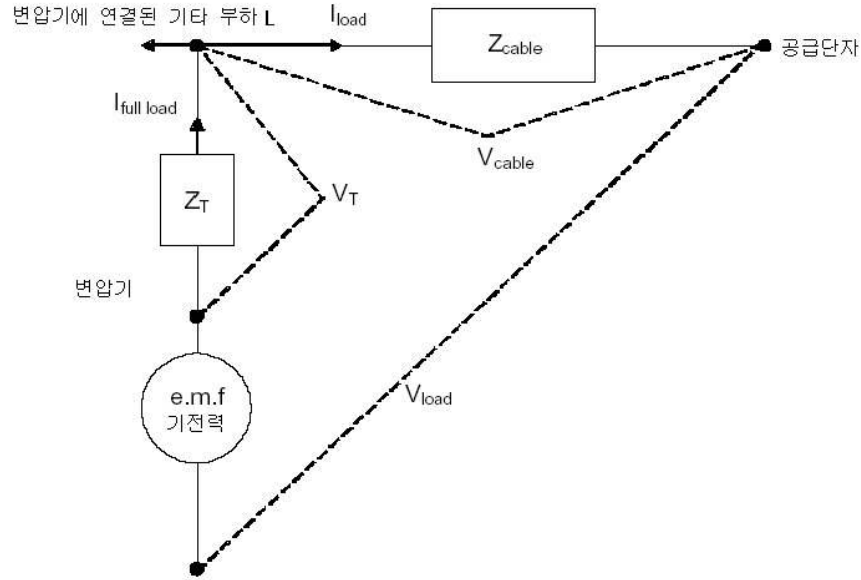


그림 A.1 변압기에서 3상 공급 차단기까지 네트워크 선로용 도체의 임피던스 측정에 사용되는 모델

Z_{cable} 과 교차하는 전압 U_{cable} 다음과 같다.

$$U_{cable} = e.m.f - U_T - U_{load}$$

$$U_{cable} = U_{dec} \left[1 + \frac{R_{up}}{100} \right] - U_{dec} \frac{U_{reg}}{100} \left[1 + \frac{R_{up}}{100} \right] - U_{dec} \left[1 + \frac{R_{down}}{100} \right]$$

$$U_{cable} = \frac{U_{dec}}{100} \left[R_{ange} - U_{reg} \left(1 + \frac{R_{up}}{100} \right) \right] \quad (A.1)$$

Z_{cable} 의 모듈값은 U_{cable} 을 공급 차단기 상전류 용량인 I_{load} 로 나누어 구한다.

Z_{cable} 의 복합적인 값은 선로용 임피던스 성분 중 임피던스 비율의 적용에 의한 모듈값에서 얻어진다. 0.877인 R/Z 비율이 케이블에 적용되는 경우 A.3 참조. Z_{cable} 에 Z_T 를 더한 벡터는 네트워크 선로용 도체의 임피던스를 산출한다. 이 지역에서 가정된 부하의 역률이 0.9이상이라면, 합리적으로 정확한 결과가 이 방법으로 구할 수 있다.

3상 공급 Z_{cable} 에 단상 전기기기가 연결에 관련한 공급 임피던스의 값을 얻기 위해서는 KS C IEC 61000-3-3에서 채택되고 5.1.2에 주어진 Z_{ref} 의 중성선 성분에 대한 선로용 성분의 비율에 따라 케이블의 중성선 복귀 경로의 임피던스를 반영시키기 위해 Z_T 을 더하기 전에 Z_{cable} 에 1.667을 곱한다.

A.3 230 / 400V 50Hz 공공 공급 계통에 대한 네트워크 모델의 적용

230 / 400V 50Hz의 공급 계통의 경우, 이미 알려진 임피던스와 간선 케이블과 가정된 부하 전류 역률의 임피던스 특성과 함께 배전용 변압기의 전압 변동률 특성을 사용할 수 있고 공급 임피던스의 최대값을 구하기 위해 직접적으로 모델에 이 값을 적용할 수 있다.

네트워크 임피던스를 나타내는 선로용 도체의 모듈값 Z_{sys} 는 Z_{cable} 의 계산값에 간선 케이블 임피던스 Z_{Tequiv} 를 가지는 상(phase)의 Z_T 성분을 더하여 구한다. 여기서, $U_{reg}=3.0$ 일 경우 Z_{Tequiv} 성분은 0.0076Ω 이고, $U_{reg}=4.0$ 일 경우 Z_{Tequiv} 성분은 0.0102Ω , $U_{reg}=5.0$ 일 경우 Z_{Tequiv} 성분은 0.0127Ω 이며 $U_{reg}=6$ 일 경우 Z_{Tequiv} 성분은 0.0152Ω 이다.

이들 Z_{Tequiv} 의 공칭값은 $R : Z$ 비율은 모든 3상 변압기를 대표하는 것으로 $R : Z$ 비율이 $0.877 : 1$ 인 일반적으로 사용되는 간선 배전용 케이블의 임피던스를 갖는 상의 성분을 고려하여 500 kVA 델타-스타 결선 변압기($0.00509 + j 0.0171$)의 임피던스로부터 구한다(그림 A.2 참조).

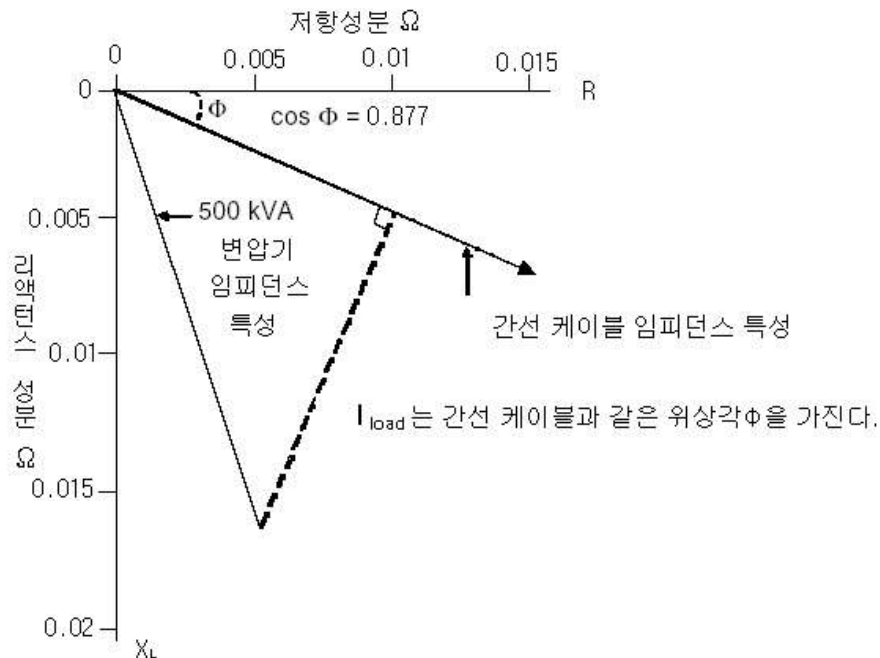


그림 A.2 전형적인 500 kVA 변압기와 간선 케이블의 3상 임피던스 도표

전형적인 간선 케이블 임피던스 선로는 소비자 건물내 부하의 역률을 대표하는 것으로 R/Z 의 값 0.877 을 가진다. 전압이 전류와 임피던스의 벡터 곱으로 계산되기 때문에, 모든 임피던스를 간선 케이블로 인용하는 것과 모든 값들이 상에 있다고 가정하는 것도 합당하다. 따라서 계산은 간소화되지만, 전압 범위가 충분히 빈틈없이 고려되어야한다.

위 그림 A.2는 5.6% 리액턴스와 0.0178Ω 의 임피던스 값을 가지는 500 kVA 변압기는 부하 전류와 간선 케이블 임피던스를 갖는 상에서 0.0127Ω 의 저항 성분을 가짐을 보여주고 있다.

이 방법에 의해 얻어진 임피던스 값은 3상기기를 인입선에 연결하는 것과 관련된다.

3상 공급 Z_{cable} 에 단상기기를 연결시키는 것과 관련된 임피던스 값을 얻기 위해서는 5.1.1에서 주어진 Z_{ref} 의 중성선을 이루는 성분에 대하여 선로용 성분 비율에 따라 케이블의 중성선 복귀 경로의 임피던

스를 반영하기 위하여 Z_T 에 더하기 전에 1.677을 곱한다.

표 A.1은 상당 200 A인 I_{load} 용량을 갖는 공급선에 3상 부하를 연결시키는 것과 관련된 계통 임피던스 값 Z_{sys} 을 포함하고 있다. 계통 임피던스의 값은 A.1에 Z_T 을 더한 A.2을 적용하여 얻어진다. 소수 4 자리까지로 계산하고 소수 2자리까지 조정한다.

$$Z_{sys3} = \frac{U_{dec}}{100 \times I_{load}} \left[R_{range} - U_{reg} \left(1 + \frac{R_{up}}{100} \right) \right] Z_{Tequiv} \quad (A.2)$$

표 A.2는 A.3을 적용하여 구해진 상당 200 A인 I_{load} 용량을 갖는 공급선에 단상 부하를 연결시키는 것과 관련된 계통 임피던스 값 Z_{sys1} 을 포함한다. 소수 4자리까지로 계산하고 소수 2자리까지 조정한다.

$$Z_{sys1} = \frac{1667 \times U_{dec}}{100 \times I_{load}} \left[R_{range} - U_{reg} \left(1 + \frac{R_{up}}{100} \right) \right] Z_{Tequiv} \quad (A.3)$$

변압기의 전압 변동률특성은 권선 임피던스와 관련이 있고 3%의 전압 변동률은 2.5 % ~ 3.0 % 내에서 전부하 때에 전류로 분리된 단자 전압에 의해 나타내는 임피던스의 퍼센테이지로 표현되는 리액턴스를 가지는 변압기에 해당한다. 4 % 전압 변동률은 3.5 % ~ 4 %내의 리액턴스에 해당하고, 5 % 전압 변동률은 4.5 % ~ 5 % 내의 리액턴스에 해당한다. 6 % 전압 변동률은 5.5 % ~ 6.0 %내의 리액턴스에 해당한다.

따라서 변압기의 전압 변동률 또는 % 리액턴스는 A.1과 A.2의 공급 임피던스의 최대값을 확인하는데 사용될 수 있다.

A.2 또는 A.3 은 Z_{sys} 의 특정값을 계산하는데 사용되고 퍼센트 리액턴스 값에만 이용 할 수 있다면, 등가 전압 변동률 값이 계산 시 사용될 수 있다.

A.3.1 계산 예

상당 200 A인 3상 공급 용량 I_{load} 와 무부하에서 전부하 때의 전압 변동률 3 % ($U_{req}=3$)을 갖는 500 kVA 변압기에서 공급되는 네트워크에 연결된 400 / 230 V +/-10 % (즉 $R_{up}=10$, $R_{down}=10$, $R_{ange}=20$)로 공시된 공급 전압(U_{dec})을 가지는 소비자 건물로 전기 공급을 고려할 경우,

선로용 도체 임피던스

$$Z_{sys3} = \frac{U_{dec}}{100 \times I_{load}} \left[R_{range} - U_{reg} \left(1 + \frac{R_{up}}{100} \right) \right] Z_{tequiv}$$

$$Z_{sys3} = \frac{230}{100 \times 200} \left[20 - \left(1 + \frac{10}{100} \right) \right] 0.0076$$

$$= 0.1920 + 0.0076$$

$$= 0.20 \Omega \text{ 표 A.1의 마지막 행 2번째 열을 참고.}$$

이러한 방법으로 구한 임피던스값은 인입선에 3상기기를 연결하는 것과 관련된다.

3상 공급 선로에 단상기기를 연결하는 것과 관련된 임피던스값을 얻기 위하여, Z_{cable} 은 $Z_{equiv.}$ 에 더하기 전에 1.667을 곱한다.

$$\begin{aligned}\text{선로용 도체 및 중성선의 임피던스} &= (0.1920 \cdot 1.667) + 0.0076 \\ &= 0.33\Omega \text{ 표 A1의 마지막 행 2번째 열을 참고.}\end{aligned}$$

A.4 400 / 230 V의 공공 공급 계통에 연결된 3상 공급의 네트워크 임피던스의 최대값

표 A.1의 값은 3상 공급선에 3상 전기기기를 연결하는 것과 관련이 있고, 표 A.2 값은 3상 4선식 공급선에 단상 전기기기를 연결하는 것과 관련되어 있다.

표 A.1과 표A.2에 표시된 계통 임피던스 값은 상당 200 A의 공급 용량을 가지는 3상 230 / 400 V 전기 공급에 의해 계산되었고, A.2에 주어진 네트워크 모델 및 A.3에서 전개된 공식을 사용한다. A.3에 가 정된 것과는 다른 조건에 적절한 계통 임피던스에 대해서는 A.5를 참고.

대부분의 국가는, 공시된 전압 편차의 범위는 공칭 네트워크 전압을 중심으로 대칭적이고, 즉, R_{up} 의 값 과 R_{down} 의 값은 서로 동일한 값이다. 표의 값은 이 조건에 기초한다. 중간 전압 네트워크는 배전용 변 압기 단자에서 공칭 계통 전압을 유지하도록 규정되었으므로 R_{ange} 로 표현되는 모든 전압 강하는 변압 기와 저압 케이블 네트워크에 의해서 나타나게 된다. 다른 전압 강하 조건의 경우, A.5를 참고.

표 A.1 - 상당 200A의 공급 용량을 갖는 3상 배전방식과 관련된
230/400V, 50Hz 공공 전기 공급 네트워크의 선로용 도체의 최대 공급 임피던스의 모듈값(Ω)

명시된 전압 범위 $R_{ange} \%$	계통 공급 변압기의 특성			
	전압 변동률 : 3 % 리액턴스 : 2.5%에서 3.5 % 미만	전압 변동률 : 4 % 리액턴스 : 3.5%에서 4.5 % 미만	전압변동률 : 5 % 리액턴스 : 4.5%에서 5.5 % 미만	전압 변동률 : 6 % 리액턴스 : 5.5%에서 6.5 % 미만
8	0.06	0.05	0.04	0.04
9	0.08	0.07	0.06	0.05
10	0.09	0.08	0.07	0.06
11	0.10	0.09	0.08	0.07
12	0.11	0.10	0.09	0.08
13	0.12	0.11	0.10	0.09
14	0.13	0.12	0.11	0.10
15	0.14	0.13	0.12	0.11
16	0.15	0.14	0.13	0.12
17	0.17	0.16	0.15	0.14
18	0.18	0.17	0.16	0.15
19	0.19	0.18	0.17	0.16
20	0.20	0.19	0.18	0.17

표A.2 - 상당 200A의 공급 용량을 갖는 3상 배전방식과 관련된
230/400 V, 50 Hz 공공 전기 공급 네트워크의 중성선의 최대 공급 임피던스의 모듈값(Ω)

명시된 전압 범위 $R_{ange} \%$	계통 공급 변압기의 특성			
	전압 변동률 : 3 % 리액턴스 : 2.5%에서 3.5 % 미만	전압 변동률 : 4 % 리액턴스 : 3.5%에서 4.5 % 미만	전압변동률 : 5 % 리액턴스 : 4.5%에서 5.5 % 미만	전압 변동률 : 6 % 리액턴스 : 5.5%에서 6.5 % 미만
8	0.10	0.08	0.06	0.05
9	0.12	0.10	0.09	0.07
10	0.14	0.12	0.10	0.09
11	0.16	0.14	0.12	0.10
12	0.18	0.16	0.14	0.12
13	0.20	0.18	0.16	0.14
14	0.22	0.20	0.18	0.16
15	0.23	0.22	0.20	0.18
16	0.25	0.23	0.22	0.20
17	0.27	0.25	0.23	0.22
18	0.29	0.27	0.25	0.23
19	0.31	0.29	0.27	0.25
20	0.33	0.31	0.29	0.27

A.5 공급 임피던스 결정의 대안

표 A.1과 표 A.2의 열의 제목이 전압 변동을 혹은 고려되는 특정 계통의 리액턴스 매개변수와 맞지 않는다면, 인접한 열의 값 사이에 선형으로 끼워 넣기를 할 수 있다. 예를 들어, 5.5 %의 전압 변동을 가지는 변압기에서 공급되고 12 %의 전압 편차 범위 R_{range} 을 가지는 200 A 공급선에 단상 부하를 연결시키는데 적절한 공급 임피던스는 0.13Ω 이다.

상당 100 A 보다 큰 전류 용량 "Y"를 갖는 공급선에 관련된 값은 계수 $200/Y$ 를 임피던스 값에 곱하여 표에 그대로 기입할 수 있다. 계수 $200/Y$ 를 나머지 값에 곱하여 관련 표의 값에서 전압 변동률에 관련된 변압기 임피던스를 빼서 정확한 값을 얻을 수 있고 그 결과에 관련 변압기 임피던스 값을 더하여 얻을 수 있다.

전원 변압기 또는 전체 용량이 "C" kVA인 집합된 변압기를 갖는 공급 네트워크와 관련된 값은 $(500/C \cdot 0.01) - 0.01$ 로 주어진 양으로 임피던스 값을 증가 또는 감소시켜 표에 기입할 수 있다.

"X" 인 공칭 상 전압에서 동작하는 공급 네트워크와 관련된 값은 계수 $X/230$ 을 임피던스 값에 곱하여 표에 맞게 정확히 기입할 수 있다.

R_{up} 값이 R_{down} 값과 동일하지 않은 국가에서는, (A.2)(A.3))에 실질적인 R_{up} 의 실제 값을 넣어 적절한 공급 임피던스 값을 계산할 필요가 있다.

저압 네트워크가 상당한 긴 거리를 가진 중간 전압 회로에서 공급된다면, 시스템 설계는 중간 전압 회로에서 전압 강하에 관해 허용될 수 있다. 일반적으로 시골 지역과 연관된 경우, 법정 저압 범위 R_{range} 는 중간 전압 강하 허용치로 줄어든다. 예를 들어, 시골의 저압 소비자 건물에 공시된 법정 전압이 허용오차 $\pm 10\%$ 이고 중간 전압 공급 계통에서 전압 강하가 허용치 5 %가 존재한다면, 공급 임피던스 값은 15 %의 R_{range} 가 적당할 것이다.

전기 공급 기관은 법적 의무에 따라 소비자 건물의 전압 편차 범위를 공시하지만 전기 공급기관은 보다 엄격한 값으로 네트워크를 설계해야 한다. 이러한 경우, 전기 공급 기관은 설계 기준에 적당한 임피던스 값을 인용할 수 있다.

표 A.1와 표 A.2의 최대 공급 임피던스 값은 초과되지 않을 것이고, 요구되는 확률을 주어진 100 % 확률 값에 곱하여 특정한 확률 값을 나타낼 수 있도록 쉽게 조절된다. 예를 들면, 95 % 위치를 넘지 않는 공급 임피던스 값이 요구될 때, 0.95를 표에 있는 값을 곱한다.

A.6 공급 임피던스의 대안 측정법

전기 공급 기관은 통상적으로 보호 퓨즈(fuse)가 내장된 차단기 또는 보호 장치로 소비자 건물의 저압 인입선을 차단한다. 두 경우에, 보호 장치는 소비자 건물 설비에 들어가는 고장 전류 지속시간을 제한하기 위해 공급되고 소비자 건물 설비에서 고장이 발생한 경우에는 소비자 건물의 주 배전반 설비 전에 전기 공급 기관의 전선과 기기를 분리시킨다.

전기 공급 기관의 보호 장치가 IEC 60384에 주어진 보호에 관한 요구사항을 충족시킬 수 있게 하는 공급 지점에서 최소 고장 전류는 주어진 공급 용량에 대한 네트워크 임피던스의 최대값을 결정하는데 사용될 수 있다.

보호 장치의 특성은 매우 다양하고 이런 이유 때문에, 공급 임피던스 값을 확인하기 위한 일반 기술적 대안을 본 부록에 제시 할 수 없다.