

다구찌 방법을 이용한 알루미늄 배선덕트의 스위칭 유도노이즈 안정시간에 관한 연구

- A Study on the Switching Induction Noise Stability time of
Al wiring Duct Using Taguchi Method -

홍 석 목 *

Hong Suk Muk

조 용 욱**

Cho Yong Wook

박 명 규***

Park Myung Kyu

Abstract

A study to analyze and solve problems of multi wire installation duct experiment has presented in this paper. We have taken Taguchi's parameter design approach, specifically orthogonal array, and determined the optimal levels of the selected variables through analysis of the experimental results using S/N ratio.

1. 서론

정보화의 물결과 함께 산업현장은 물론 교육 및 연구시설 등 다양한 장소에서 전 등·동력 회로와 정보통신 설비 등을 병설하는 증·개축이 요구되는 현실로, 견고하고 안정성있는 내 노이즈(잡음)특성이 보강된 전기설비가, 기존의 금속 또는 플라스틱 덕트류를 대체하여 제작된 알루미늄 배선덕트의 유도노이즈 안정화 시간을 분석하여 양질의 정보통신 선로로서 활용될 수 있는 기반을 구축하고자 한다. 스위칭 유도노이즈에 대한 연구로는 전원공급기 및 유도부하 등과 관련하여 많은 연구가 있으나[8,9,10] 일반 배선덕트는 물론 알루미늄 배선덕트에 설치된 전원설비와 데이터 라인에 대한 유도노이즈(잡음) 및 안정화 시간에 대한 연구는 미약하다.

다구찌 기법(Taguchi Method)은 제품의 품질향상과 원가절감을 효율적으로 관리하기 위해서 품질을 손실의 개념으로 파악하고, 이를 정량화하는 데 있어 직교배열의 실험계획을 이용하여 데이터를 얻고, 이 데이터로부터 유도된 S/N비를 사용하여 분석함

* 인천기능대학 전기계측제어과 교수 (명지대학교 산업공학과 박사과정)

** 인덕대학 산업시스템경영과 교수

***명지대학교 산업공학과 교수

으로써 제품의 품질 특성치가 잡음에 둔감하면서 설계인자들이 최적조건을 찾는 강건설계(Robust Design, Parameter Design)방법이다. 그러므로 본 연구에서는 품질 문제 해결을 위해 다구찌가 제안한 기본 전략을 알루미늄 재질을 이용한 배선형 덕트의 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 대하여 행하고 있는 기존의 실험에 도입하여 직교배열에 의한 실험계획과 S/N비를 바탕으로 한 강건설계방법을 통해 더욱 효율적인 실험이 될 수 있도록 연구하고자 한다. 또한 기존의 여러 실험에서 발생하는 문제점을 해결하기 위해 다구찌 기법을 적용하여 대상 실험의 수행시간과 비용을 최소화시키고, 그 분석에 있어서도 기존의 방법보다 더욱 효율적인 최적조건을 도출할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하고 있으며, 효율적인 실험의 수행을 위해 본 연구에서는 다음과 같이 3가지로 분류하여 최적조건을 도출에 이용하고자 한다.

- (1) 7개의 제어인자와 각 인자의 수준이 2 수준인 실험으로 각 인자의 효과와 각 인자들의 교호작용의 효과를 알기 위해서는 2^7 즉, 128회를 실험해야하나 직교배열표를 사용하여 기존의 실험횟수 보다 월등히 적은 12회로 줄이고, 이 적은 실험횟수를 가지고도 최적조건을 도출할 수 있게 한다.
- (2) S/N비를 중심으로 한 통계적 데이터 분석을 사용하여 기존의 데이터 분석방법보다 효율적인 결과를 얻을 수 있게 한다.
- (3) 잡음인자(noise factor)들을 실험내에 포함시켜 기존의 실험에서 얻을 수 없었던 다양한 조건을 도출하여 잡음에 둔감한 인자를 발견해냄으로써 알루미늄 덕트의 특성을 도출할 수 있게 한다.

2. 실험의 적용환경 구축

2.1 관련이론

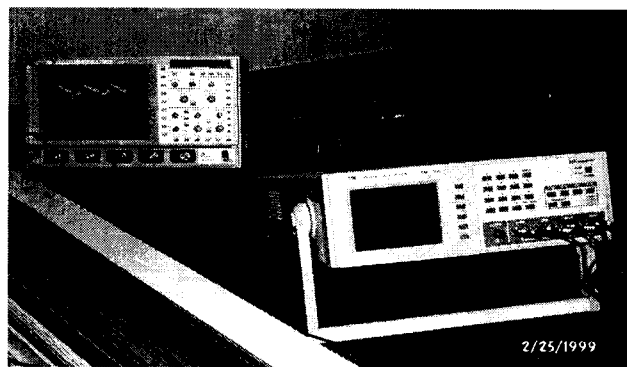
스위칭 유도노이즈는 주위 기기에 오동작을 일으킬 수 있는 원인으로서는 이를 최소화함과 노이즈 성분의 즉각적인 안정화는 필수 불가결한 경우라 하겠다. 스위칭 유도노이즈는 인덕턴스나 정전용량이 스위칭 타임에 급변하는 경우로서 이것은 “전압의 시간당 변화분 dv/dt 또는 di/dt 가 크면 더 큰 노이즈가 된다.” 이는 스위칭되는 회로에 들어있는 L이나 C가 문제로서, L에 흐르고있는 전류를 스위치로 끊으면 L양단에는 정량적으로는 전원전압의 10배 내지 수 100배의 인덕티브 킥(Inductive Kick)이라고 불리는 초기 가해진 전압과는 극성이 반대인 고전압을 발생한다. 실제의 부품 중에서는 코일이 감겨있는 릴레이, 모터, 전자 밸브와 같은 전자석을 이용한 것이 큰 인덕턴스를 가지고 있으므로 전술한 인덕티브 킥을 많이 발생하며, 이러한 종류의 잡음 중 90% 정도는 코일이나 콘덴서 부하를 스위칭 함으로서 발생한다고 할 수 있겠다. 정전용량을 포함한 회로에도 전류를 흘리려고 하면 스위치가 ON 되는 순간 전원 자체와 콘덴서 내부저항만으로 정해지는 돌입전류가 흐른다. 이 값은 회로의 정상전류에 비해 아주 큰 값이 됨은 물론이며, 꼭 콘덴서나 코일의 삽입이 아니더라도 대부분의 배선에 쓰이고 있는 부품 등에 존재하는 분포 인덕턴스나 분포용량이 그 원인이 된다.

2.2 실험의 개요

전기설비 기술기준에 의거한 전기설비용 덕트 재료는 강판, 알루미늄판, 합성수지판으로 구분한다. 일반적으로 현장에 적용되는 것은 강판 또는 합성수지제의 재질로 구성된 덕트를 사용하며, 특히 금속덕트의 경우 "폭 50mm를 넘고, 두께가 1.2mm 이상인 철판 또는 동등 이상의 세기를 가지는 금속제의 것으로 내·외면에는 산화방지를 위한 아연도금 또는 이와 동등 이상의 효과를 내는 도장을 한 것"이라는 기준을 제시하고 있다. 다양한 정보화설비의 요구도에 따른 설비의 유연한 대처가 경제적인 투자와 함께 견고성, 안전성, 설치기간의 단축, 걸모양은 물론 특히 내 노이즈 특성을 가진 다양한 요구에도 부응한 전선보호관의 개발이 요구되었으며, 전술한 다양한 요구도를 만족하면서 어느 위치에서나 배선기구, 접속 단말기구를 용이하게 설치할 수 있도록 개발된, 알루미늄 배선덕트의 스위칭 유도노이즈 안정화 시간을 분석함으로써 양질의 정보통신 선로로 활용될 수 있는 기반을 구축하여 효율성 있게 현장에 적용할 수 있는 자료를 도출하고자 한다.

2.3 실험장치

<그림 1>은 본 실험에 적용된 유도노이즈 측정을 위한 실험장치를 나타낸 것으로서 사용된 유도노이즈 측정설비는 LeCroy사의 디지털 스토리지 오실로스코프와 RLC 브리지이며, 부하설비로는 RL 가변부하기 및 유도전동기를 사용하여 각 조건에 따른 일정전류를 설정하여 스위칭시 오실로스코프의 단발성 유도노이즈 파형이 안정화되는 시간 및 발생된 유도 전압의 최대값을 측정하고 출력하는 방법을 채택하였다.

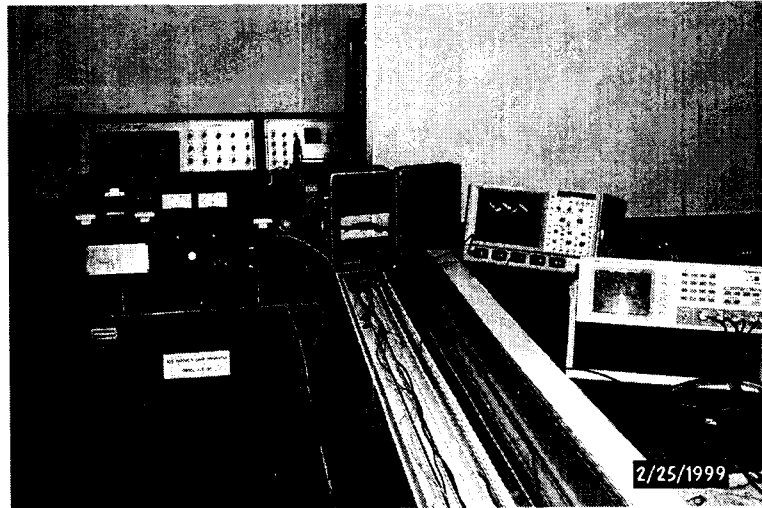


<그림 1> 디지털 스토리지 오실로스코프와 RLC 브리지

또한 본 실험에 사용된 실험장치는 <표 1>과 같으며, <그림 2>는 적용한 실험장치를 접속하여 실험한 사진이다.

<표 1> 실험장치

품 명	규 격	모 델	수 량	비 고
디지털오실로스코프	200MHz 4Ch	LT-224	1	LeCroy
R L C 가변부하기	3 ϕ , 220V, 3KVA	RLC-81	1	旭日電氣(株), 日本
디지털 R L C 브리지	L: 10 ⁻⁵ mH~10 ⁵ H C:10 ⁻⁵ PF~10 ⁵ μ F R:10 ⁻⁵ Ω ~10 ⁵ K Ω	EDC-1630	1	ED Eng.
유도전동기	3 ϕ 220V, 0.5HP	ASEA	2	ASEA(Sweden)
전기측정시험세트	Multi type		1	System kit
AL duct	단면형		6m	Jin Woo Eng.



<그림 2> 스위칭 유도노이즈 측정 실험장치

2.4 실험재료

<표 2>는 실험에 적용한 알루미늄합금 배선덕트의 구성 및 화학성분 분석표이다.

<표 2> 알루미늄합금 배선덕트 구성재료(화학적 성분 %)

성분	SI	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	기타	비고
기준치	0.2-0.60	0.35이하	0.10이하	0.10이하	0.45-0.90	0.10이하	0.10이하	0.10이하	0.15	
분석치	0.43	0.192	0.008	0.028	0.509	0.004	0.011	0.006		

2.5 실험방법

실험에 적용된 알루미늄 배선덕트는 <표 2>와 같은 화학적 성분의 재료로 구성되어 전자파의 반사·흡수 성질과 강철판에 상응하는 강도를 가지며, 부하를 구분(저항 부하, 유도부하)하여 스위칭 시간에 전선배열방법, 덕트상호간 본딩 유무, 수평·수직 설치방법 등을 구분한 상황별 유도노이즈를 오실로스코프를 이용하여 단발성으로 측정하여 안정화 시간을 도출하는 방법을 채택하였다.

2.6 직교 배열표에 의한 인자의 배치

유도되는 노이즈 값을 측정하기 위하여 7개의 제어인자(A~G)와 3개의 비 제어인자(H~J)를 선택하였으며, 각기 2회의 실험으로 결과 값을 도출하였다. 이와 같은 제어인자와 비 제어인자 각각의 수준은 <표 3>과 같다.

<표 3> 제어인자와 비 제어인자의 수준

제어인자	수준	
	1	2
A : 덕트의 도장(塗裝)유무	전착도장	비도장
B : 덕트간 연결부 본딩 유무	본딩	미본딩
C : 덕트 종단 접지 유무	접지	비접지
D : 전력선과 유도선간 격벽 구분 유무	격벽구분	비구분
E : 전력선 배열방법	꼬임식 배열	직열배열
F : 덕트 설치 방법	수평	수직
G : 스위치용 접촉기	전자접촉기	나이프 스위치

비 제어인자	수준	
	1	2
H : 부하 종류	5(A)	2(A)
I : 부하 종류	저항성	유도성
J : 덕트 길이	2m	4m

3. 실험결과와 분석

3.1 실험의 설계

S/N비를 이용한 실험결과를 얻기 위하여 $L_{12}(2^7)$ 에 제어인자를 배치하고, $L_4(2^3)$ 에 비 제어인자를 배치하여 각 실험 번호당 2번의 실험을 통하여 표<4>의 데이터 값을 얻었다. 본 실험은 망소특성에 대한 실험이므로 각 경우에 따른 유도 전압값의 측정과 함께 피 유도체에 미치는 영향이 최소가 되는 제어인자들의 수준을 찾는 것이 목적이다.

<표 4> 제어인자 및 비 제어인자 직교배열표 및 S/N비(유도노이즈 안정화 시간 ; μs)

														순서 인자		
														H		
														I		
														J		
인자 순서	A	B	C	D	E	F	G									S/N비
1	0	0	0	0	0	0	0	1.3	1.2	1.6	1.7	1.2	1.5	1.5	1.6	-3.29
2	0	0	0	0	0	1	1	1.4	1.5	2.0	1.8	1.6	1.4	3.8	1.6	-6.15
3	0	0	1	1	1	0	0	1.8	1.8	4.5	4.2	1.7	1.7	3.2	3.0	-9.38
4	0	1	0	1	1	0	1	1.7	1.7	4.5	3.8	1.5	1.5	2.4	2.4	-8.49
5	0	1	1	0	1	1	0	1.3	1.7	2.0	2.8	2.8	2.8	2.6	2.5	-7.51
6	0	1	1	1	0	1	1	1.8	1.6	2.9	3.2	2.6	2.5	2.6	3.2	-8.33
7	1	0	1	1	0	0	1	2.7	2.6	3.1	3.2	3.7	3.6	2.8	3.2	-9.92
8	1	0	1	0	1	1	1	2.0	3.2	3.1	3.1	3.6	3.5	2.6	3.1	-9.72
9	1	0	0	1	1	1	0	1.8	1.9	3.1	2.8	3.1	2.8	2.5	2.5	-8.31
10	1	1	1	0	0	0	0	2.0	2.1	2.6	2.6	3.2	3.2	3.2	3.0	-8.87
11	1	1	0	1	0	1	0	1.8	2.0	3.2	2.8	3.6	3.0	3.0	3.2	-9.20
12	1	1	0	0	1	0	1	2.7	2.8	2.5	2.5	1.8	2.0	2.6	1.9	-7.52

3.2 실험결과와 분석

3.2.1 S/N비 분석

<표 4>로부터 S/N비 분산분석의 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> S/N비를 이용한 분산분석표

요인	SS	ϕ	V	F_0
A	9.00	1	9.00	7.38
B	0.83	1	0.83	0.68
C	9.67	1	9.67	7.93*
D	9.31	1	9.31	7.63
E	2.23	1	2.23	1.83
F	0.26	1	0.26	0.21
G	1.06	1	1.06	0.87
e	4.87	4	1.22	
T	90.69	11		

S/N비에 대한 분산분석 결과, C인자(접지 유무)가 스위칭 유도노이즈에 유의한 영향을 주는 인자임을 알 수 있다. 또한 A인자(덕트도장유무)와 D인자(전력선과 유도선 간 격벽 구분 유무)도 유의수준 10%에서 유의한 영향을 주는 인자임을 알 수 있다. 하지만 B인자(덕트간 연결부 본딩 유무), E인자(전력선 배열방법), F인자(덕트 설치 방법), G인자(스위치용 접촉기)는 스위칭 유도노이즈에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 유의한 인자들의 최적수준을 알아보기 위한 유의한 인자들의 1원표를 작성하면 <표 6>과 같다

< 표 6 > 유의한 인자들의 1원표

	0수준	1수준	합계
A	-43.15	-53.54	-96.69
C	-42.96	-53.73	-96.69
D	-43.06	-53.63	-96.69

<표 6>을 보면 최적수준은 $A_0C_0D_0$ 임을 알 수 있다.

이 최적조건에서 S/N비에 대한 점 추정치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{\mu}(A_0C_0D_0) &= \overline{A_0} + \overline{C_0} + \overline{D_0} - 2\overline{T} \\ &= -7.19 - 7.16 - 7.18 - (2 \times -8.06) \\ &= -5.41 \end{aligned}$$

4. 결론

본 연구에서는 배선덕트의 스위칭 유도노이즈를 조건에 따라 측정하여 안정화 시간 값이 최소가 되는 최적조건을 구하기 위하여 다구찌기법의 적용을 제안하였다. 직교배열표를 사용하여 실험횟수를 줄이고, 기존의 실험에서 적용하여 실험하기 어려웠던 부하의 종류에 따른 스위칭 유도노이즈 값을 비 제어인자로 사용함으로써 효과적인 실험결과를 도출해 내기 위한 방법을 연구하였다.

다구찌 기법을 적용한 결과 적은 실험횟수로 최적조건을 도출해 낼 수 있었고, 기존의 실험에 적용하기 곤란하였던 비 제어인자의 변화에 둔감한 제어인자의 수준을 찾아낼 수 있었다. 다구찌 기법의 도입으로 기존의 스위칭 유도노이즈 측정실험에 대한 실험 계획과 실험결과 분석의 측면에 있어서 매우 큰 효과와 부수적으로 실험횟수의 절감으로 인한 경제적인 효과도 얻을 수 있었다.

실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

제어인자에 대한 S/N비의 분석결과,

- ① 덕트도장 유무에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 영향을 주는 것을 알 수 있었고, 덕트에 전착 도장을 한 경우에 스위칭 유도노이즈 안정화 시간이 매우 짧음을 알 수 있었다.
- ② 덕트 종단 접지 유무에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었고, 덕트를 접지한 경우에 스위칭 유도노이즈 안정화 시간이 짧음을 알 수 있었다.
- ③ 전력 유도선의 격벽 구분의 유무에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 영향을 주는 것을 알 수 있었고, 격벽 구분을 한 경우에 스위칭 유도노이즈 안정화 시간이 짧음을 알 수 있었다.
- ④ 덕트간 연결부 본딩 유무에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.
- ⑤ 전력선 전선배열에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.
- ⑥ 덕트의 설치방향에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.
- ⑦ 전력선의 조작스위치의 종류에 따라 특성치인 스위칭 유도노이즈 안정화 시간에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

추후 연구로는, 이번 실험은 전자접촉기 및 나이프 스위치를 이용한 반자동 스위칭의 경우로서 부하종류에 따른 스위칭 유도노이즈 전압·안정화시간 등 각 조건하에서 측정값을 분석하였으나 정전압 안정화 율타 회로가 부가된 스위칭 회로를 구성하여 기본적인 노이즈를 최소화 하였을 때 각 경우에 따른 실험 및 주파수 대역별 실험, 고

전압 적용 실험, 통신선로별 실험 등 여러 조건하에 효율적으로 적용될 수 있도록 충분한 잡음특성 확인이 요구되며, 다양한 주위 환경에서 스위칭 유도노이즈를 최소화할 수 있는 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

5. 참고문헌

- [1] 조용욱, 박명규, “다구찌 방법을 이용한 표면거칠기의 최적조건 결정”, 공업경영학회지, 제21권, 제46집, pp. 221-227, 1998.
- [2] 조용욱, 박명규, “다구찌 방법을 이용한 난연 ABS 사출공정의 최적조건 결정”, 안전경영과학회지, 제2권 제2호, pp. 167-176, 2000.
- [3] 조용욱, 박명규, “다구찌 방법을 이용한 β -carotene의 대량생산을 위한 최적환경 조건의 설계”, 안전경영과학회지, 제2권 제3호, pp. 27-36, 2000.
- [4] 조용욱, 박명규, 김희남 “다구찌 방법을 이용한 폴리아세탈 수지 절삭조건 결정”, 안전경영과학회지, 제3권제1호, pp. 27-36, 2000.
- [5] 홍석목, 박원규, (주)진우시스템, 중소기업 기술혁신 개발사업 최종보고서 “다목적 및 다변형 배선덕트”, 2000.
- [6] 홍석목, “다목적·다변형 알루미늄 배선덕트의 Noise 특성에 관한 연구” 산업기술 교육훈련학회, 가을학술발표회, 2000.
- [7] 홍석목, 조용욱, 박명규, “다구찌 방법을 이용한 알루미늄 배선덕트의 유도노이즈 측정에 관한 연구”, 산업경영 시스템 학회지, 제24권, 제67집, pp. 61-67, 2001.
- [8] 백근중, 스위칭모드 전원 공급기의 스위칭 노이즈 감소대책에 관한 연구, 연세대 산업대학원, 석사학위논문, 1997.
- [9] 서유진, 공공업무용 건축물에 있어서 노이즈 장해대책을 고려한 정보화 설비의 최적설계 방안, 인하대 산업대학원, 석사학위논문, 2001.
- [10] 길양석, 스위치모드 파워 씨플라이의 노이즈 저감에 관한 연구, 한양대 산업대학원, 석사학위논문, 1993.
- [11] Phadke Madhav S., Quality Engineering Using Robust Design, pp. 23-24, 1989.
- [12] Fowlkes, W. Y. and Creveling, C. M., Engineering Methods for Robust Product Design, Addison-Wesley Publishing Company, pp. 33-88, 1995.

저 자 소 개

홍석목 : 인하대학교 정보공학 석사·명지대학교 산업공학 박사수료.
현재 인천기능대학 전기과 교수.

조용욱 : 명지대학교 산업시스템공학부 학사·석사 학위 취득, 명지대학교
산업기술연구소 책임연구원 역임. CPIM(Certified in Production and
Inventory Management) 취득.
현재 인덕대학 산업시스템경영과 교수.

박명규 : 한양대학교 산업공학과 졸업. 미국 일리노이 공대에서 산업공학 석사,
건국대학교 대학원 산업공학과에서 박사학위를 취득. 현재 명지대학교
산업공학과 교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 TQM, QE,
METHODS ENG, 재고 물류관리, 확률모형, FORECASTING, 시스템
분석 등이다.