

# 직류기반 그린스마트홈을 위한 옥내배선용 도선 선정

최규식, 김혜진, 배현수, 조보형  
서울대학교 전기·컴퓨터 공학부

## Interior Wire Selection for DC based Green Smart Home

Kyusik Choi, Hyejin Kim, Hyunsu Bae\*, and Bohyung Cho

School of Electrical Engineering, Seoul National Univ.

Engineering Research Institute, Seoul National Univ.\*

### Abstract

기존의 교류배전 시스템의 신재생 에너지원과의 연동 비용이성을 해결하고 전체 시스템의 효율을 높이기 위해 연구되고 있는 직류배전 시스템으로 전환하기 위해서는 옥내배선용 도선의 재검토가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 직류배전 전압 및 부하전류, 도선의 종류와 길이, 각종 규제사항 등을 고려하여 가정용 직류배전 시스템 적용에 적합한 도선 선정을 위한 가이드라인을 제시하고 이를 보급형 100m<sup>2</sup> 형 주택을 기준으로 한 시뮬레이션을 통해 타당성을 보인다.

### 1. 서론

최근 들어 에너지 절약과 탄소 배출 감소 등과 같은 환경문제에 대한 관심이 높아지고 정부의 국가 에너지 소비절감 및 녹색 성장 정책이 시행되면서 가정내 전력 시스템에도 효율 향상이 요구되고 있다. 이를 위해 각종 전자제품의 효율 향상 및 대기전력 최소화 등과 같은 방식 등이 추진되어 왔다. 그러나 최근에는 이러한 방식들보다 근본적인 원인에서 해법을 찾으려는 연구가 진행되고 있다[1], [2]. 기존의 전력 시스템은 전력이 교류 형식으로 최종 부하까지 전달되는데 최종 부하가 요구하는 전압이 직류 형식이기 때문에 대부분의 전자기기는 내부에 교류-직류 전력변환기를 내재한다. 이는 결국 효율감소로 나타나게 되기 때문에 송, 배전 자체를 직류 형식으로 하자는 것을 골자로 하고 있다.

이러한 변환 과정에서는 고려하여야 할 사항으로는 효율, 시공의 용이성, 안전 등을 고려한 최적의 송, 배전 전압 선정, 옥내배선 변경 및 도선 선정 등이 있는데 본 논문에서는 일반주택의 옥내배선을 위한 도선 선정 방법을 연구하여 그 가이드 라인을 제시하고 직류기반 그린스마트홈에 대한 도선 선정 설계 예를 모의실험 결과를 통해 타당성을 보인다.

표 1. 전압 강하 기준표

| 공급변압기의 2차측 단자 또는 인입선 접속점에서 최원단의 부하에 이르는 사이의 전선 길이 (m) | 전압 강하 (%)                    |                           |
|---|------------------------------|---------------------------|
|   | 사용장소 안에 설치한 전용 변압기에서 공급하는 경우 | 전기사업자로부터 저압으로 전기를 공급받는 경우 |
| 60m이하   | 3이하                          | 2이하                       |
| 120m이하  | 5이하                          | 4이하                       |

표 2. 도선 단면적에 따른 최대 허용 전류

| 전선의 단면적 (mm <sup>2</sup> ) | 허용 전류 (A) | 전선의 단면적 (mm <sup>2</sup> ) | 허용 전류 (A) |
|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| 1.5                        | 14.5      | 35                         | 99        |
| 2.5                        | 19.5      | 50                         | 119       |
| 4                          | 26        | 70                         | 151       |
| 6                          | 34        | 95                         | 182       |
| 10                         | 46        | 120                        | 210       |
| 16                         | 61        | 150                        | 240       |
| 25                         | 80        | 185                        | 273       |

### 2. 직류기반 그린스마트홈용 옥내배선 설계

#### 2.1 기존의 옥내배선 선정 방법 및 한계

기존의 옥내배선은 정부가 고시한 전기설비기술기준 및 판단기준에 의거하여 설계되었다. 그러나 기존 규정은 교류 110/220V를 기준으로 하고 있어 직류배전에 적용하기 위해서는 고려할 사항들이 있다.

옥내배선용 도선 선정을 위한 주요 기준은 도선에서 발생하는 전압강하와 도선 단면적에 따른 최대 허용 전류로 각각 표 1, 표 2와 같다[3], [4]. 그러나 옥내배선에 사용할 수 있는 전선의 최소 단면적이 2.5mm<sup>2</sup> (최대 18.5A 허용, 표 1) 이고 이 경우 분기회로 하나당 최대 허용 전류(15A)를 이미 만족시키기 때문에 기존 허용 전류 규정은 사실상 고려 대상에서 제외된다. 또한 전압 강하적인 식 (1)을 기준으로 전압 강하 2% 이하를 만족하는 도선의 단면적은 식 (2)와 같이 구할 수 있다. 그러나 단면적 2.5mm<sup>2</sup>의 도선 사용시 분기회로의 길이 40m 이하에서는 전압강하 2% 이하를 만족시키기 때문에 이 규정 또한 실질적으로 고려 대상이 아니다. 이는 100m<sup>2</sup> 기준의 일반 주택의 분기회로의 최대 길이가 20m를 넘지 않는데 근거한다.

표 3. 일반주택의 분기회로

| 주택의 면적 (m <sup>2</sup> ) | 바람직한 분기회로 수 |     |               |           |                           |
|--------------------------|-------------|-----|---------------|-----------|---------------------------|
|                          | 계           | 내역  |               |           | @ : 개별로 산출한 분기회로 수        |
|                          |             | 전등용 | 일반콘센트용<br>부역용 | 부역<br>이외용 |                           |
| 50이하                     | 3+@         | 1   | 1             | 1         | 220V 회로에서 2kVA 초과인 대형기기 수 |
| 70이하                     | 3+@         | 1   | 1             | 1         |                           |
| 100이하                    | 4+@         | 1   | 1             | 2         |                           |
| 130이하                    | 5+@         | 1   | 2             | 2         |                           |
| 170이하                    | 6+@         | 2   | 2             | 2         |                           |
| 170초과                    | 7+@         | 2   | 2             | 3         |                           |

표 4. 분기회로 분류 및 부하 선정법

| 분기회로 분류 | 고려하여야할 대표적 부하         |
|---------|-----------------------|
| 거실용     | TV, 에어컨, 흡시어터, 다리미    |
| 안방용     | TV, PC, 위성 에어컨, 전열기   |
| 일반방용    | PC, 위성 에어컨, 스탠드       |
| 부엌용     | 냉장고, 세탁기, 전기밥솥, 전자레인지 |

$$V_{drop} = \frac{17.8 \times I \times L}{1000 \times A} [V] \quad (1)$$

$$A_{2\%} \geq \frac{17.8 \times I \times L}{1000 \times V_{2\%}} \quad (2)$$

$V_{drop}$ : 도선에서 발생하는 전압 강하

$V_{2\%}$ : 배전 전압의 2%

I: 도선에 흐르는 전류 [A]

L: 도선의 길이 [m]

A: 도선의 단면적 [ $mm^2$ ]

$A_{2\%}$ : 전압 강하 2%이하를 만족하는 최소 도선 단면적

이로 인해 기존의 옥내배선 설계의 경우 분기회로 하나당 15A의 제한과 식 (3)에 나와있는 전체 설비부하용량 예측을 이용하여 표 3. 과 같이 분기회로 수를 결정하는 방법으로 이루어지게 된다.

$$\text{설비부하용량} = PA + C \quad (3)$$

P: 주택 바닥 면적

A:  $30W/m^2$

C: 가산하여야 할 전력, 0.5~1kW

그러나 이러한 선정 기준을 저압의 직류배전에 적용할 경우 다음과 같은 문제점이 발생한다. 우선 분기회로 하나당 허용전류인 15A를 유지할 경우 필요한 분기회로 수가 크게 증가하여 시공비가 증가하게 된다. 반면에 허용전류 기준을 없앨 경우 분기회로 숫자가 임의로 결정되는 문제가 발생하여 도선 선정에 적합한 가이드 라인을 제시하지 못하게 된다. 또, 배전 전압 하강에 의해 요구되는 도선의 단면적이 넓어짐에 따라 도선의 가격도 상승하게 되는데 기존의 규정으로는 분기회로의 숫자만 선정할 수 있을 뿐이어서 도선의 길이를 최소화 할 수 있는 명확한 설계 가이드라인이 필요하다. 따라서 직류배전, 특히 저압 직류배전으로 전환할 경우 고려하여야 할 사항들을 찾고 이를 해결할 수 있는 방안을 다음 절에서 제시한다.

## 2.2 직류배전에 적합한 옥내배선 설계

앞서 살펴본 기존 규정들을 직류배전에 적용할 경우

표 5. 가정내 부하별 전력 및 전압

| 부하      | 전력 (최대 정격)               | 전압                     |
|---------|--------------------------|------------------------|
| 냉장고     | 100W                     | 24V                    |
| 전기밥솥    | 1.5kW                    | 400V                   |
| 전자레인지   | 700W                     | 400V                   |
| 세탁기(드럼) | 2kW(건조시),<br>200W(일반구동시) | 400V(가열),<br>24V(모터구동) |
| 세탁기(일반) | 500W                     | 24V                    |
| TV      | 200W                     | 24V                    |
| PC      | 400W                     | 24V                    |
| 위성에어컨   | 400W                     | 400V                   |
| 흡시어터    | 400W                     | 24V                    |
| 드라이어    | 1.5kW                    | 400V                   |
| 다리미     | 1.5kW                    | 400V                   |
| 전열기     | 1kW                      | 400V                   |
| 스탠드     | 2×20W                    | 400V                   |

표 6. 도선 선정 결과

|         | 라인별 전압        | 최대 부하 | 길이  | 도선 단면적             | 전압 강하 | 도선 가격 (천원) |
|---------|---------------|-------|-----|--------------------|-------|------------|
| 거실      | 400V          | 3.8A  | 10m | 2.5mm <sup>2</sup> | 0.1%  | 10         |
|         | 24V           | 25A   | 10m | 16mm <sup>2</sup>  | 1.2%  | 40         |
|         | 400V (에어컨 전용) | 5A    | 10m | 2.5mm <sup>2</sup> | 0.1%  | 10         |
| 안방      | 400V          | 7.3A  | 10m | 2.5mm <sup>2</sup> | 0.1%  | 10         |
|         | 24V           | 25A   | 10m | 16mm <sup>2</sup>  | 1.2%  | 40         |
| 일반 방1,2 | 400V          | 0.1A  | 10m | 2.5mm <sup>2</sup> | 0.0%  | 2×10       |
|         | 24V           | 15A   | 10m | 16mm <sup>2</sup>  | 0.2%  | 2×40       |
| 부엌      | 400V          | 11A   | 5m  | 2.5mm <sup>2</sup> | 0.1%  | 5          |
|         | 24V           | 25A   | 5m  | 16mm <sup>2</sup>  | 0.6%  | 20         |

전압 강하와 허용 전류를 만족하는 최적 도선 선정을 위해 고려하여야 할 사항은 크게 분기회로의 수와 분기회로당 부하용량 선정으로 본 논문에서는 부하 조건을 다음 표 4, 표 5와 같이 설정하고 이를 토대로 직류배전용 도선 선정을 하였다. 여기서 직류배전 전압인 400V와 24V는 기존의 가정내 사용되는 가전 제품이 내부적으로 실제 사용하는 전압을 근거로 선정한 것으로 추후 실제로 선정되는 배전 전압에 의해 변경될 수 있다.

## 3. 시뮬레이션 결과

앞서 선정한 부하를 바탕으로 100m<sup>2</sup> 기준 일반 아파트에 대한 직류배전에 적합한 도선 선정을 시뮬레이션을 통해 선정하였다. 이때 각 400V-24V 전력변환기는 가정의 중심부에 위치한다고 가정하였다. 이를 토대로 선정한 도선 및 전압 강하, 도선의 가격은 다음 표 6에 나타내었다.

## 4. 결론

본 논문에서는 기존 교류 배전에서 직류 배전으로 변환시 필요한 고려 사항 중 하나인 옥내배선용 도선 선정시 고려되는 요소를 분석하고 이를 바탕으로 한 설계 예를 시뮬레이션을 통해 보였다.

이 논문은 지식경제부 지식경제기술혁신사업 『실생활환경 그린 IT 기술 실증테스트 및 산업활성화 기반구축』 프로젝트의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

## Reference

- [1] 이영진, 한동화, 최중목, 김동현, 김동진, 최규하 “3[kW]급 가정용 직류/교류 Hybrid 급전시스템”, 전력전자학회 2009.11
- [2] 백중복, 서갑수, 박철우, 배현수, 조보형, "직류기반 소용량 건물 전력계 모델링 및 해석", 전력전자학회 2010 학술대회논문집 예정, 2010. 7.
- [3] 서갑수, 백중복, 박철우, 배현수, 조보형, “직류기반 그린스마트홈의 전력계 설계를 위한 부하 패턴 연구”, 전력전자학회 2010 학술대회논문집 예정, 2010.7.
- [4] 지식경제부, 『전기설비기술기준』, 지식경제부고시 제 2010-1 호, 2010. 1.8.
- [5] 대한전기협회, 『내선규정』, 대한전기협회 2010 년 개정판, pp.43-60, pp.352-360, 2000. 7.