

애플리케이션 노트  
**AN031**

상업용 냉장고  
조명 시스템

2010.05.05



## 1. 개요

Future Lighting Solutions는 LUXEON® Rebel LED를 활용하는 LED 기반 상업용 냉장고 조명 시스템을 개발했습니다. 이 시스템은 식료품 가게나 슈퍼마켓에서 찾아볼 수 있는 리치인/워크인 냉장고와 같은 응용 제품에 사용할 수 있도록 완전한 광학 및 방열 솔루션을 제공합니다.

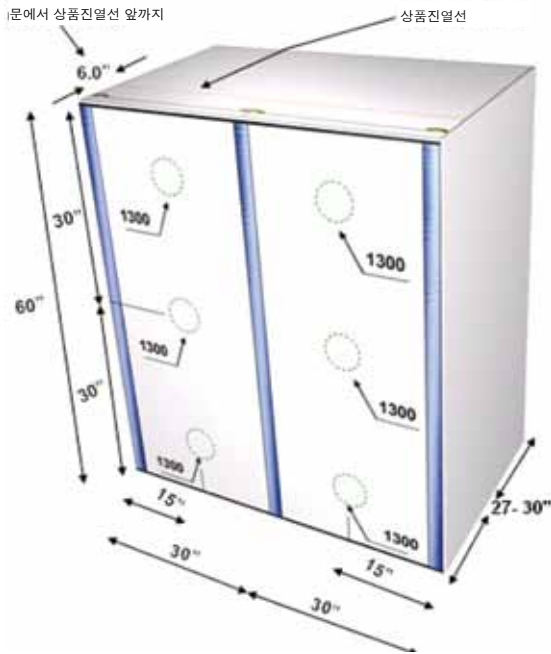


그림 1. 스트립 위치가 표시된 냉장고

냉장고의 측면과 중앙에 장착할 수 있는 네 개의 조명 스트립이 생산되었습니다. 중앙 스트립은 측면 스트립 두 개의 끝을 서로 연결하여 만든 것입니다. 그림 1의 파란색 선은 냉장고에 스트립이 설치되는 위치를 나타냅니다.

이 애플리케이션 노트에 설명된 모든 솔루션 그리고 설계에 대한 기계 도면은 Future Lighting Solutions에서 제공하고 있습니다. 따라서 시제품을 제작하거나 대량 생산하기 전에 해당 시스템을 구현해 볼 수 있습니다.

조명 스트립을 포함하고 있는 데모 키트는 이 설계가 방열 및 파워 솔루션과 함께 기능하는 것을 보여 주기 위해 제작되었습니다. 이 키트는 설계를 시연해 보일 때 소개될 수 있습니다. 그림 2는 조명 스트립과 파워 솔루션으로 구성된 키트를 보여 줍니다.

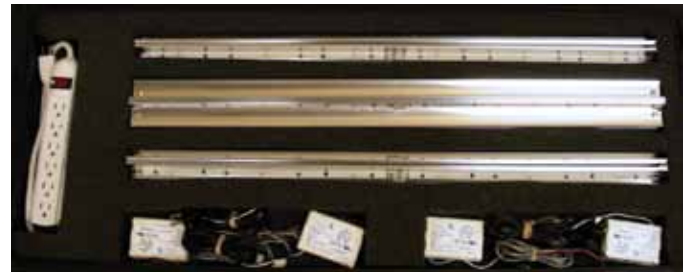


그림 2. 상업용 냉장고 조명 스트립 키트

시장 조사를 수행한 결과, 조명 업계에 특정 매개변수가 필요하다는 것이 드러났습니다. 이러한 매개변수는 LED 기반 상업용 냉장고 조명 시스템을 개발하는 시작점으로 사용되었습니다.

목표 조명기구 조명 출력	1,200-1,500lux(평균)
목표 조명 범위	60 x 60 x 30인치 (1.524 x 1.524 x 0.762m)
목표 조명기구 효율	50-70lm/W
목표 조명기구 수명	3-5년, 50,000시간
목표 조명기구 색온도	4000K
목표 조명기구 CRI	70, 80, 85
입력 전압 범위(DC, 110, 220, 범용, 277)	범용 또는 전용
전력 계수 필요량	> 0.9

표 1. 상업용 냉장고 목표 사양

## 2. SSL Designer 분석

SSL Designer 소프트웨어([www.futurelightingsolutions.com/ssldesigner](http://www.futurelightingsolutions.com/ssldesigner))는 효율, 조명 범위, 시스템 수명 등의 목표 조명 사양을 최대 LED 구동 전류와 함께 입력 매개변수로 간주합니다. 그런 다음 제공된 사양을 충족시키는 데 필요한 최소 LED 수를 결정합니다. 또한 사용 가능 조명(lm), 사용 가능 효율(lm/W) 그리고 LED 기반 시스템이 소비하는 총 전력(W)을 다른 항목과 함께 출력 매개변수로 계산합니다.

다음은 상업용 냉장고 목표 사양을 충족하는 SSL Designer 분석 결과입니다.

### • 입력 매개변수:

대상 시장 및 응용 제품을 선택한 후에 1.524m x 1.524m (60인치 x 60인치)의 정사각형 표면을 밝히기 위해 1,300lux의 균일한 조도를 설정합니다. 설정된 매개변수를 사용한 입력 섹션이 그림 3에 나와 있습니다.

### • LED 시스템 및 기존 램프 시스템 성능 비교:

응용 제품 입력 매개변수와 광원에 대한 기본 정보를 입력하면 SSL Designer가 LED 수 및 구동 전류를 비롯하여 필요한 LED 시스템 성능을 계산합니다. 또한 이 도구는 동일한 사양을 충족하는 기존 램프 시스템의 성능을 계산합니다. 그림 4 및 5는 각각 이 두 경우의 성능 계산을 보여 줍니다.

결과는 적절한 LED 작동을 위해 접합 온도를 적당한 값으로 유지하면서 조명 출력, 효율 및 수명 사양을 충족시키기 위해서는 350mA 전류에서 구동되는 48개의 LED(LED 12개가 있는 스트립 4개)가 필요한 것으로 나타납니다. LED 시스템의 총 전력 소비는 손실 후에 61.46W였던 반면, 기존 램프 시스템의 전력 소비는 272.94W였습니다. 이는 상업용 냉장고 응용 제품에서 LED를 사용할 때 전력 소비 면에서 커다란 개선이 이루어졌음을 보여 줍니다.

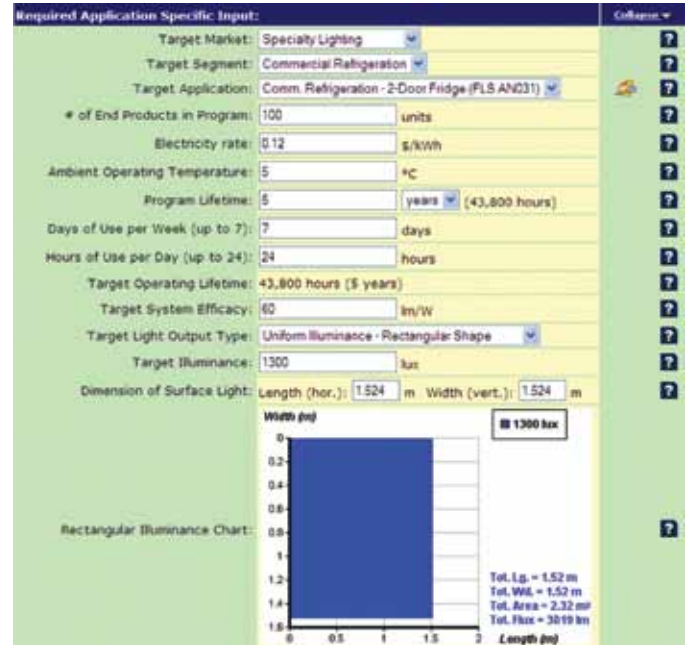


그림 3. SSL Designer 입력

LED System Performance:		Collaps
LED System Performance Characteristic		Value
System LED Count		48 LEDs
Average LED Drive Current		350 mA
Average LED Forward Voltage		3.11 V
Average LED Power Consumption		1.09 W
Total LED Power Consumption		\$2.24 W
Total LED System Power Cons. (w/ losses)		\$1.46 W
Average LED Junction Temperature		47 °C
Average LED Flux		99 lm
Total LED Flux		4,722 lm
Total LED System Flux (w/ losses)		4,023 lm
Average LED Efficacy		90.80 lm/W
Average LED System Efficacy (w/ losses)		65.46 lm/W
LED System Operating Lifetime (B50, L70)		60,000 hrs

그림 4. LED 시스템 성능

Conventional Lamp System Performance:		Collaps
Lamp System Performance Characteristic		Value
System Lamp Count		4 lamps
Average Lamp Power Consumption		\$8.00 W
Total Lamp Power Consumption		32.00 W
Total Lamp System Power Cons. (w/ losses)		272.94 W
Average Lamp Flux		4,800 lm
Total Lamp Flux		18,400 lm
Total Lamp System Flux (w/ losses)		11,040 lm
Average Lamp Efficacy		79.31 lm/W
Average Lamp System Efficacy (w/ losses)		40.48 lm/W *
Average Lamp Lifetime		8,500 hours
System Lamp Failures (5 yrs)		20 failures
Program Lamp Failures (5 yrs)		2,000 failures

\* Target system efficacy (60 lm/W) can't be reached. It is recommended to select a lamp with a higher efficacy.

그림 5. 기존 램프 시스템 성능 비교



• LED 투자 회수:

이 도구의 또 한 가지 기능은 LED 시스템을 활용할 때의 투자 회수를 기존 램프 시스템을 사용할 때와 비교하여 계산하는 것입니다. 두 시스템 모두의 비용 정보를 정의하면 도구가 전력 절약, 비용 절약, 투자 회수 기간 등의 투자 회수 정보를 생성합니다. 그림 6은 상업용 냉장고 조명 스트립에 LED 기반 시스템을 사용할 때의 투자 회수 기간이 1.9년임을 보여줍니다.

참고: 위의 SSL Designer 사례를 도구에서 로드하여 참조로 활용 가능한 기본 시나리오로 사용할 수 있습니다. "Target Application"에서 "Comm. Refrigeration - 2-Door Fridge (FLS AN031)"를 선택하면 모든 사례 매개변수가 로드됩니다.

LED Program Payback Summary Item	Value
Program Annual Power Savings in kWh	185,255 kWh
Program Annual Savings in CO <sub>2</sub> (US)	133 tonnes*
Program Annual Savings in CO <sub>2</sub> (eur)	88 tonnes**
Program Lifetime Power Savings in kWh	926,275 kWh
Program Lifetime Power Cost Savings	\$111,153
Failure Bulb Replacement Cost Savings	\$16,000
Failure Labor Cost Savings	\$4,167
Failure Other Cost Savings	\$10,000
Failure Total Cost Savings	\$30,167
Product Variable & Fixed Total Cost Savings	(\$29,720)
LED Program Total Cost Savings	\$111,600
LED Program Payback in Years	1.9 years

그림 6. LED 투자 회수

### 3. LUXEON LED

상업용 냉장고 조명 스트립에는 12개의 Neutral White LUXEON Rebel LED가 사용되었습니다(p/n. [LXML-PWN1-0100](#)).

참고: 상업용 냉장고 응용 제품에 사용할 수 있는 다른 LUXEON Rebel LED 목록을 확인하려면 이 애플리케이션 노트의 마지막에 나오는 부록 섹션을 참조하십시오.

이 설계에 새로운 LUXEON Rebel Illumination Portfolio LED를 통합하면 약 15%의 상당한 성능 개선 효과를 얻게 됩니다. 이는 Hot/Cold Factor가 개선되어 보다 높은 접합 온도에서 향상된 조명 출력을 생성하기 때문입니다.

일반적으로 LED 조명에서는 높은 플럭스와 높은 CRI가 상충합니다. 예를 들어 LUXEON Rebel [LXML-PWN1](#) 및 [LXM3-PW51](#) LED는 모두 4000K의 Nominal CCT를 제공할 수 있는 등급으로서, 표 1에 나온 목표 CCT를 충족시킵니다. (개요 섹션 참조). 응용 제품에 고프럭스 출력이 필요하고 CRI에 대한 제한이 없는 경우에는 최소 100루멘의 광속을 제공하는 [LXML-PWN1](#)을 사용할 수 있습니다. 반대로 응용 제품이 높은 CRI를 필요로 하는 경우에는 최소 80의 CRI를 제공하는 [LXM3-PW51](#)을 사용할 수 있습니다. 또한 조명 포트폴리오 LED의 모든 CCT Bin은 ANSI 규격입니다.

#### 3.1. 기판 설계 및 LED 연결

12개의 LED는 열 바이어스를 통해 FR4 기판에 일렬로 연결되어 있습니다. 기판 크기는 1500mm x 10mm(59.1인치 x 0.4인치)이며 0.8mm 두께의 FR4와 2온스의 구리로 구성되어 있습니다. 제 위치에 기판이 장착된 압출성형이 그림 7에 나와 있습니다.



그림 7. LED 기판이 있는 조명 스트립



## 4. 광학 솔루션

상업용 냉장고 조명 스트립의 압출성형은 광학과 방열 두 가지 역할을 수행하도록 설계되었습니다. LED 기판이 장착된 압출성형 설계에는 방열판이 추가로 필요하지 않습니다. 또한 압출성형의 정밀한 모양은 LED의 조명이 냉장고의 필요한 부분을 직접 비추도록 만들기 때문에 보조 옵틱을 사용할 필요가 없습니다.

### 4.1. 광학 시뮬레이션 및 측정

조명 스트립의 성능을 평가하기 위해 광학 시뮬레이션을 수행했습니다.

아래의 그림 8 및 9는 각각 LED 조명 스트립의 조명 및 Rayset 범위를 보여 줍니다.

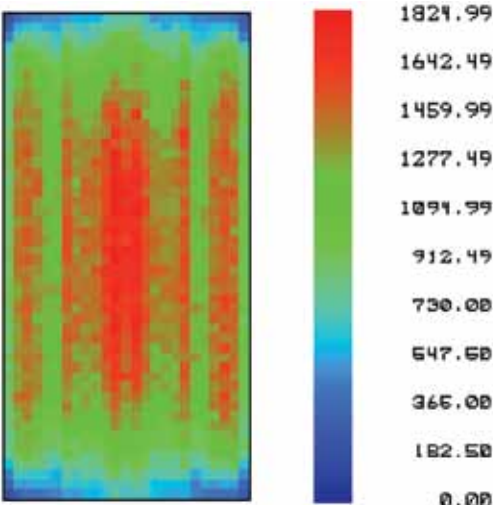


그림 8. 조명 범위를 보여 주는 광학 시뮬레이션 결과

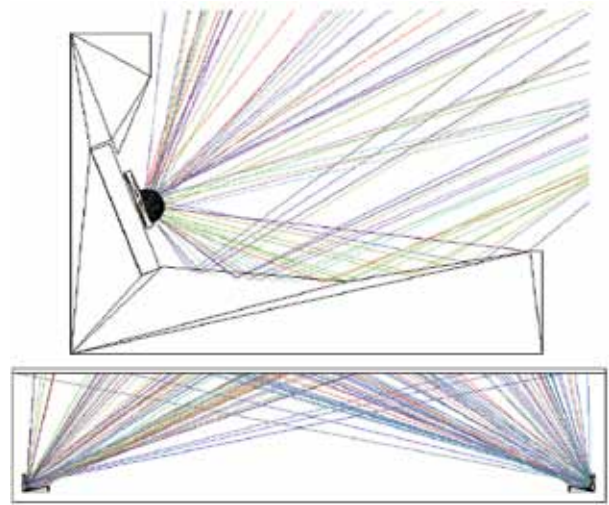


그림 9. Rayset 범위를 보여 주는 광학 시뮬레이션 결과

또한 냉장고에서 발견되는 실제 조명 수준을 측정하기 위해 LED 스트립에 대한 광학 측정이 수행되었습니다. 12개의 LED가 있는 스트립에 대한 측정 결과는 다음과 같습니다.

- 최소 조도: 1,106lux
- 최대 조도: 1,881lux
- 평균 조도: 1,531lux
- 균등성: 0.72

그림 10은 광학 측정에서 얻은 모든 조도 값을 보여 줍니다.



그림 10. 광학 측정의 Lux 값



## 5. 방열관리 솔루션

크기가 33mm (L) x 22mm (H)이고 표면이 산화 처리되어 있는 알루미늄 6063 압출성형 스트립 위에 LED 기판을 장착했습니다.

### 5.1. 방열 시뮬레이션 및 측정

장치의 전체적인 방열관리 성능을 평가하기 위해 방열 시뮬레이션을 수행했습니다. QLED 방열 시뮬레이션 소프트웨어 ([www.futurelightingsolutions.com/qled](http://www.futurelightingsolutions.com/qled))를 사용하여 그림 11과 같이 장치를 모델링하고 시뮬레이션을 수행했습니다.

QLED 모델은 순방향 전류 350mA, 주변 온도 5°C로 실행되었습니다. 시뮬레이션의 최종 접합 온도는 32.3°C였습니다.

QLED 방열 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 다른 구동 전류에서도 장치의 방열관리 성능을 분석했습니다. 다음 표는 이러한 시뮬레이션의 결과를 요약해서 보여 줍니다.

참고: 이 시뮬레이션의 경우  $T_{AMB} = 5^{\circ}\text{C}$

전류 (IF)	접합 온도 (Tj)
350mA	32.3°C
500mA	45.3°C
700mA	63°C

#### 표 2. QLED 시뮬레이션 결과 요약

표 2의 결과는 보다 높은 구동 전류에서도 적절한 LED 작동을 위해 접합 온도가 적당한 값으로 유지되고 있음을 보여 줍니다.



그림 11. 조명 스트립 하나의 QLED 방열 시뮬레이션



## 6. 파워 솔루션

### 6.1. 모듈식 드라이버 솔루션

각 LED 스트립은 15W AC-DC ROAL TROPO 드라이버(그림 12)에 연결되어 있으며 출력 전류가 350mA, 출력 전압이 최대 48V입니다.

각 지역의 입력 전압에 맞게 두 가지 버전, 즉 120V 버전과 230V 버전이 포함되어 있습니다. 사용되는 드라이버의 부품 번호는 다음과 같습니다.

- 120V: [RLDD015L-350](#)
- 230V: [RLDD015H-350](#)



그림 12. ROAL TROPO LED 드라이버

### 6.2. IC 기반 드라이버 솔루션

상업용 냉장고 조명 스트립에 다른 드라이버 솔루션을 사용할 수도 있습니다. 싱글 스테이지 AC-DC 옵션 또는 2스테이지 AC-DC/DC-DC 옵션도 가능합니다.

싱글 스테이지 옵션에는 다음이 포함됩니다.

- 스트립당 드라이버 1개
  - [SSL1523](#) 또는 [SSL2101](#)(NXP 제품), 스트립 1개 구동용
- 모든 스트립에 대한 드라이버 1개
  - NXP [SSL1750](#)(NXP 제품)

반면에 그림 13과 같은 2스테이지 옵션에는 다음이 포함됩니다.

- 정전압 AC-DC 스테이지
  - [SSL1750](#)(NXP 제품), AC-DC 전압 모드 스테이지에 사용될 수 있음(출력 전압 최대 48V)
- 정전류 DC-DC 스테이지
  - [LM3402HV](#)(National Semiconductor 제품), DC-DC 전류 모드 스테이지용으로서 상업용 냉장고 스트립 기판에 직접 장착할 수 있음

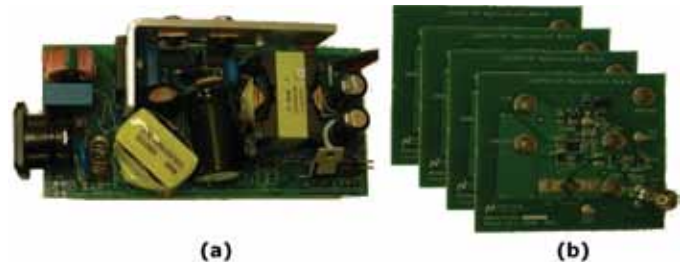


그림 13. (a) NXP SSL1750 AC-DC 드라이버  
(b) National LM3402 DC-DC 드라이버 4개

## 7. 커넥터

다양한 설계 설정에 맞춰 상업용 냉장고 조명 시스템에 여러 가지 커넥터 시스템을 사용할 수 있습니다. 다음은 데모 키트에서 사용된 커넥터 시스템은 물론 다른 여러 사용 가능한 커넥터 시스템에 대한 설명입니다.

### • Tyco Hermaphroditic 커넥터 시스템

데모 키트에는 LED 기판에 통합되어 있고 조명 스트립을 파워 드라이버에 연결하는 데 사용되는 Tyco Electronics의 Hermaphroditic 커넥터 시스템이 포함되어 있습니다.

사용된 커넥터 시스템의 일부가 그림 14에 나와 있습니다.

로우 프로파일 커넥터 시스템에는 회로 기판을 보다 빠르고 쉽게 연결할 수 있도록 해주는 와이어 대 기판 커넥터와 기판 대 기판 커넥터가 포함되어 있습니다. 커넥터는 연결 고정을 위해 크립프 스냅 연결(crimp snap contacts) 및 포지티브 래칭(positive latching)을 지원합니다. Hermaphroditic 블레이드 및 소켓 설계 덕분에 LED 기판 스트립을 보다 유연하게 연결할 수 있습니다. 두 기판을 수직으로 함께 밀어 넣을 수 있기 때문에 스트립 중앙에서도 기판을 보다 쉽게 교체할 수 있습니다.

사용된 Tyco Hermaphroditic 커넥터 시스템의 부품 번호는 다음과 같습니다.

- I. Board-to-board hermaphroditic connector: [2058703-1](#)
- II. Board-to-board connector dust cover: [2058128-1](#)
- III. Wire-to-board housing: [2058299-1](#)
- IV. Wire-to-board socket contact: [2058302-1](#)
- V. Wire-to-board blade contact: [2058301-1](#)

이 설계에 사용할 수 있는 다른 커넥터 시스템은 다음과 같습니다.

### • Tyco 밀봉 커넥터 시스템

그림 15에 나와 있는 밀봉 커넥터 시스템은 로우 프로파일, 싱글 로우 LED 커넥터 시스템으로서, IP67 등급에 따라 1미터 깊이의 물 속에서도 30분 동안 방수되는 침투 보호(Ingress Protection) 기능을 제공합니다. 이 커넥터 시스템의 부품 번호는 다음과 같습니다.

- I. Wire-to-board right angle header: [2106056](#)
- ii. Wire-to-board vertical header: [2106053](#)
- iii. Wire-to-wire receptacle contact: [2106123](#)
- iv. Wire-to-wire tab contact: [2106124](#)
- v. Plug assembly (for header, recept., tab): [2106135](#)

### • AVX 9159 커넥터 시스템

그림 16에 나와 있는 AVX 커넥터 시스템은 여러 개의 LED 기판을 일렬로 데이지 체이닝(Daisy Chaining) 위한 기판 대 기판 커넥터를 제공합니다. 이 커넥터 시스템의 부품 번호는 다음과 같습니다.

- I. Wired plug with latch: [11-9159-002-101-116](#)
- ii. Standard socket: [20-9159-002-101-116](#)
- iii. Standard plug: [10-9159-002-101-116](#)
- iv. Top loading socket: [22-9159-002-101-116](#)
- v. Shorting socket: [58-9159-002-000-006](#)

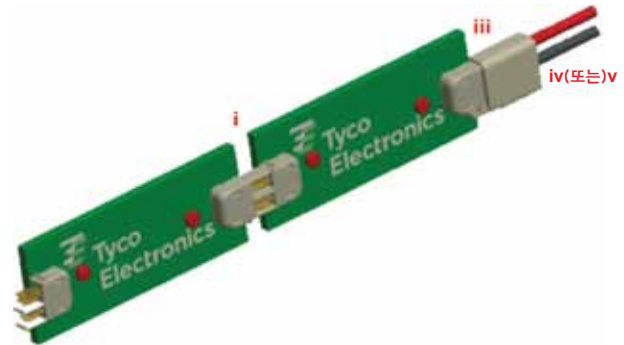


그림 14. Tyco Hermaphroditic 커넥터 시스템

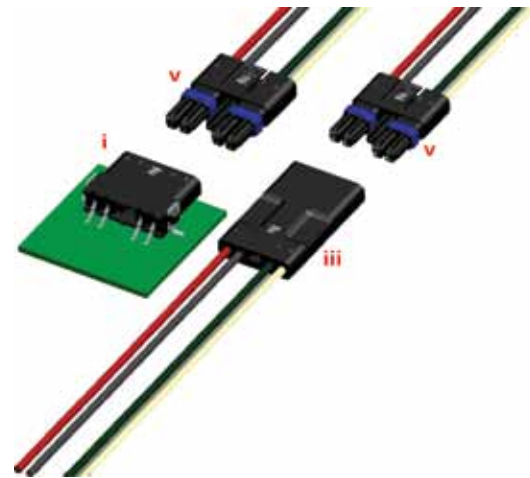


그림 15. Tyco 밀봉 커넥터 시스템

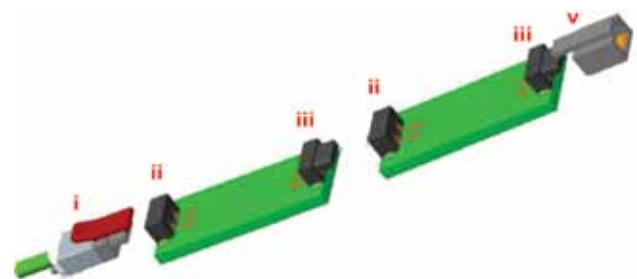


그림 16. AVX 9159 커넥터 시스템



## 8. 결론

Future Lighting Solutions에서 개발한 LUXEON Rebel LED를 사용하는 상업용 냉장고 조명 시스템은 조명 출력, 효율, 수명 요구 사항을 충족시켜 특수 조명 시장에서 조명 응용 제품의 사용을 지원하는 능력을 인정받았습니다.

제공되는 방열 및 파워 솔루션은 최적의 성능을 구현하고 LED 기반 시스템의 수명을 연장할 수 있는 기능을 갖추고 있습니다. 필요한 사양에 따라 다양한 파워 솔루션에 맞춰 설계를 수정할 수 있습니다.

### 연락처 정보

[www.FutureLightingSolutions.com](http://www.FutureLightingSolutions.com)

북미:

1-888-LUXEON2

[Americas@futurelightingsolutions.com](mailto:Americas@futurelightingsolutions.com)

유럽:

00-800-44FUTURE

[Europe@futurelightingsolutions.com](mailto:Europe@futurelightingsolutions.com)

아시아:

+800-LUMILEDS

[Asia@futurelightingsolutions.com](mailto:Asia@futurelightingsolutions.com)

일본:

+81-0120-667-013

[Japan@futurelightingsolutions.com](mailto:Japan@futurelightingsolutions.com)

Future Electronics와 Future Lighting Solutions는 본 문서에서 제공하는 정보의 정확성, 완전성, 신뢰성 또는 적시성에 대해 어떠한 명시적 또는 묵시적 진술이나 보증도 하지 않습니다. 모든 정보는 “있는 그대로” 제공되며 어떠한 법률상 또는 계약상의 의무도 없이 단지 고객과의 합의를 통해 제공됩니다. 이러한 정보를 바탕으로 내린 결론이나 취한 행동은 온전히 사용자의 책임입니다. Future Electronics와 Future Lighting Solutions는 본 문서에서 제공하는 어떠한 정보에 대해서도 책임을 지지 않으며 해당 정보를 사용하거나 이에 의존함으로써 발생하는 손실이나 손해에 대해서도 책임을 명백히 부인합니다.

