The Open European Journal of Engineering and Scientific Research (OEJESR)
E-ISSN: 3062-3383
Volume 1, Issue 2, 2025, Pages: 45-57
Journal homepage:
https://easdjournals.com/index.php/oejesr/index

تحليل كفاءة الإضاءة باستخدام مصابيح LED لتحسين استهلاك الطاقة وخفض التكاليف في مؤسسات التعليم العالي: دراسة حالة كلية التقنيات الهندسية/ القبة

فتح الله إبراهيم سيلمان[*1]، زياد حمد عبد الكريم [2]
[1، 2، 3، 4، 5] قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية، كلية التقنيات الهندسية، القبة، ليبيا
[*] البريد الإلكتروني (للباحث المرجعي): fathall.i.adam1986@gmil.com

Article history	Received	Accepted	Publishing
	09 March 22025	28 April 2025	09 May 2025

الملخص

تعدّ إضاءة المباني التعليمية أحد العوامل الرئيسية في استهلاك الطاقة الكهربائية، حيث تشكل نسبة كبيرة من إجمالي الطاقة المستهلكة في هذه المنشآت. وفي ضوء الحاجة المتزايدة لترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق استدامة بيئية، برزت تقنية الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) كبديل فعّال للإضاءة التقليدية، خاصة في المؤسسات الأكاديمية التي تتطلب إضاءة مستمرة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير استخدام أجهزة الإضاءة LED مقارنةً بأجهزة الإضاءة الفلورية الحالية في كلية التقنيات الهندسية/القبة، من خلال دراسة ميدانية تشمل تقييم كفاءة الطاقة، تكلفة التشغيل، العمر الافتراضي.

تم جمع البيانات من خلال مراقبة استهلاك الطاقة في بيئة حقيقية باستخدام كل من نظامي الإضاءة LED والفلوري، وتم قياس مستويات الاستهلاك بدقة لتحليل الفروقات. أظهرت النتائج أن أجهزة الإضاءة LED تقدم توفيرًا ملحوظًا في استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 50% مقارنة بالإضاءة الفلورية. كما تبين أن أجهزة LED تتمتع بعمر افتراضي أطول، مما يساهم في خفض تكاليف الصيانة وتقليل المخلفات الإلكترونية. بالإضافة إلى ذلك، فإن تقنية LED توفر إضاءة أكثر استقرارًا وجودة أعلى، مما يعزز من بيئة التعلم ويقلل من إجهاد العين لدى الطلاب والموظفين.

تشير هذه النتائج إلى أن استخدام الإضاءة LED يمثل خيارًا مستدامًا واقتصاديًا للمؤسسات الأكاديمية، ويعزز من مبادرات الكلية نحو استدامة الطاقة. توصي الدراسة باعتماد هذا النظام تدريجيًا في جميع مرافق الكلية، مع الأخذ بعين الاعتبار الفوائد البيئية والاقتصادية التي يقدمها على المدى البعيد. كما يمكن أن تساهم هذه الخطوة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة التي تسعى إليها المؤسسات التعليمية، وتعزيز الوعي بأهمية ترشيد الطاقة بين الطلاب والكوادر التعليمية.

الكلمات المفتاحية: كفاءة الإضاءة، تقنية LED، التكلفة، كلية التقنيات الهندسية /القبة، التنمية المستدامة، استهلاك الطاقة، خفض التكاليف.

Analyzing the Efficiency of LED Lighting to Improve Energy Consumption and Reduce Costs in Higher Education Institutions: A Case Study of the College of Engineering Technologies –Al Qubbah

Fathalla, I. Solman [1*], Zead Hamad Abdulkarim[2]
[1,2] Department of Electrical and Electronic Engineering, College of Engineering Technology, Al-Qubba, Libya

Abstract

The lighting of educational buildings is considered one of the main factors in electrical energy consumption, accounting for a significant portion of the total energy used in such facilities. In light of the growing need to rationalize energy consumption and achieve environmental sustainability, Light Emitting Diode (LED) technology has emerged as an effective alternative to traditional lighting, particularly in academic institutions that require continuous illumination.

This study aims to analyze the impact of using LED lighting devices compared to the existing fluorescent lighting devices at the College of Engineering Technologies – Qubbah, through a field study that includes evaluating energy efficiency, operating costs, and lifespan.

Data were collected by monitoring energy consumption in a real environment using both LED and fluorescent lighting systems, and consumption levels were accurately measured to analyze the differences.

The results showed that LED lighting devices offer significant energy savings of up to 50% compared to fluorescent lighting. Moreover, LED devices demonstrated a longer lifespan, which contributes to lower maintenance costs and a reduction in electronic waste. Additionally, LED technology provides more stable and higher-quality lighting, enhancing the learning environment and reducing eye strain among students and staff.

These findings suggest that the adoption of LED lighting represents a sustainable and economical option for academic institutions and supports the college's initiatives toward energy sustainability. The study recommends the gradual implementation of this

system across all college facilities, taking into account the long-term environmental and economic benefits it offers. Furthermore, this step could contribute to achieving the sustainable development goals pursued by educational institutions and raise awareness of the importance of energy conservation among students and academic staff.

Keywords: Lighting Efficiency, LED Technology, Cost, College of Engineering Technologies – Al Qubbah, Sustainable Development, Energy Consumption, Cost Reduction.

1-المقدمة:

تُعدّ الطاقة بمختلف أشكالها أحد الركائز الأساسية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة في المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. ولتحقيق هذه التنمية، يتطلب الأمر إدارة فعّالة وذكية لموارد الطاقة، مع التركيز على تبنّي تقنيات حديثة تتميز بكفاءتها العالية وقدرتها على تقليل الآثار البيئية السلبية، إلى جانب كونها مقبولة من الناحية الاقتصادية والاجتماعية [1، 2]. وفي هذا السياق، يُعتبر نظام الإضاءة أحد أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة الكهربائية، خاصة في المنشآت الصناعية والتعليمية، مما يستدعي التركيز على تحسين كفاءته وتقليل استهلاكه للطاقة من خلال استخدام تقنيات إضاءة متطورة.

قبل عقد التسعينيات من القرن الماضي، كانت أنظمة الإضاءة تعتمد بشكل رئيسي على المصابيح المتوهجة ومصابيح الفلورسنت التقليدية، والتي كانت تتميز بكفاءة منخفضة واستهلاك مرتفع للطاقة. ومع التطور التكنولوجي، ظهرت تقنيات إضاءة أكثر كفاءة، مثل مصابيح الفلورسنت المدمجة (CFL) ومصابيح الفلورسنت الأنبوبية (TFL)، بالإضافة إلى المصابيح كثيفة التفريغ (HID). وقد صاحب هذا التطور تحسينات كبيرة في كفاءة الأجهزة المساعدة مثل الملفات الحثية وأدوات التحكم في شدة الإضاءة (Dimmers)، مما ساهم في خفض تكاليف التشغيل والصيانة [3]. ومع استمرار التقدم التكنولوجي، برزت تقنية الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) كأحد أهم الابتكارات في مجال الإضاءة الموفّرة للطاقة. تتميز تقنية LED بكفاءة طاقة عالية، وعمر تشغيلي طويل، وقدرة على توفير إضاءة عالية الجودة مع تقليل الانبعاثات الضارة مثل الزئبق والنيون والهيليوم، مما يجعلها صديقة للبيئة. وقد أثبتت الدراسات أن استخدام تقنية LED في مختلف القطاعات (السكنية، الصناعية، التجارية) يؤدي إلى توفير كبير في استهلاك الطاقة، بالإضافة إلى تقليل التكاليف التشغيلية والمساهمة في الحفاظ على البيئة [3]. في هذا البحث، يتم تحليل كفاءة الإضاءة باستخدام تقنية LED وتأثيرها على استهلاك الطاقة والتكلفة، مع التركيز على دراسة حالة تطبيقية في كلية التقنيات الهندسية/ القبة. تهدف الدراسة إلى تقييم الفوائد الاقتصادية والبيئية المترتبة على استخدام هذه التقنية، مع الاستناد إلى أحدث الأبحاث والتجارب العملية في هذا المجال [1، 2، 3].
تواجه معظم المؤسسات التعليمية، وبشكل خاص كلية التقنيات الهندسية/ القبة، تحديات كبيرة في إدارة استهلاك الطاقة بسبب الاعتماد على أنظمة الإضاءة التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة، والتي تؤدي إلى ارتفاع فواتير الطاقة وزيادة التكاليف التشغيلية، بالإضافة إلى مساهمتها في زيادة الانبعاثات الضارة بالبيئة. على الرغم من التطورات التكنولوجية في مجال الإضاءة الموفرة للطاقة، مثل تقنية الصمامات الثنائية الباعثة للضوء(LED) ، إلا أن هناك نقصًا في الدراسات التطبيقية التي تُقيّم بشكل دقيق مدى فعالية هذه التقنية في تحقيق توفير حقيقي في استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف، مع الأخذ في الاعتبار تأثيرها البيئي. لذلك تطرح هذه الدراسة التساؤل التالي: ما مدى كفاءة استخدام تقنية LED في تحسين استهلاك الطاقة وخفض التكاليف، في كلية التقنيات الهندسية/ القبة كمثال تطبيقي يمكن تعميمه على المؤسسات التعليمية الأخرى، لتقديم رؤية علمية وعملية تسهم في تعزيز كفاءة الطاقة وتحقيق التنمية المستدامة.

3-أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية هذا البحث في تسليط الضوء على الدور الحيوي الذي تلعبه تحسينات كفاءة نظم الإضاءة في ترشيد استهلاك الطاقة، خاصة في المؤسسات التعليمية، حيث يُعد استهلاك الطاقة الكهربائية أحد التحديات الرئيسية التي تواجهها هذه المؤسسات. يُعتبر استخدام تقنية الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) أحد الحلول الفعّالة لتحقيق وفر اقتصادي كبير من خلال تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية، مما ينعكس إيجابًا على التكاليف التشغيلية ويُسهم في الحفاظ على البيئة .يهدف هذا البحث إلى تحليل الجدوى الاقتصادية لاستخدام تقنية LED في كلية التقنيات الهندسية/ القبة، وذلك من خلال دراسة تأثير هذه التقنية على استهلاك الطاقة الكهربائية وتكاليف التشغيل. كما يهدف البحث إلى مقارنة استهلاك الطاقة قبل وبعد تطبيق تقنيةLED ، لتحديد حجم التوفير المحقق في الطاقة والتكاليف. بالإضافة إلى ذلك، يسعى البحث إلى تقديم رؤى علمية وعملية قائمة على منهجية بحثية دقيقة، تعتمد على تحليل البيانات الكمية والنوعية لتقييم الفوائد المترتبة على استخدام هذه التقنية .لتحقيق هذه الأهداف، يعتمد البحث على منهجية علمية متكاملة تشمل المنهج الوصفي لتحليل الواقع الحالي لنظم الإضاءة في الكلية، والمنهج الكمي (القياسي) لقياس المتغيرات المتعلقة باستهلاك الطاقة والتكاليف قبل وبعد تطبيق تقنية .LED من خلال هذه المنهجية، يُمكن تقديم توصيات عملية تسهم في تعميم استخدام تقنية LED في القطاعات الأخرى، مما يُسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات الضارة بالبيئة.

4-أهمية تقنية LED ودورها في كفاءة استهلاك الطاقة

يُعد اختراع المصباح الكهربائي على يد توماس إديسون عام 1880 حدثاً تاريخياً غيّر مسار الحضارة الإنسانية، حيث نجح هذا الابتكار في إضاءة المدن ومنازل الأفراد، مُطرداً ظلام القرون الماضية. اعتمد المصباح الأول على فكرة التوهج الناتج عن مرور التيار المباشر عبر فتيلة كربونية، مما جعله نقلة نوعية في توزيع الطاقة الكهربائية. ومع ذلك، لم تخلُ هذه التقنية من عيوب، حيث كانت كفاءتها الضوئية منخفضة، واستهلاكها العالي للطاقة وعمرها الافتراضي القصير دفع العلماء للبحث عن حلول بديلة .في منتصف القرن العشرين، ظهرت المصابيح الفلورية كبديل أكثر تطوراً، حيث اعتمدت على تفاعل الغازات مع التيار الكهربائي لإنتاج الضوء دون الاعتماد الكامل على التوهج. تميزت هذه المصابيح بكفاءة أعلى مقارنة بالمصابيح المتوهجة، لكنها لم تكن خالية من العيوب، حيث احتوت على مواد سامة مثل الزئبق، مما جعل إعادة تدويرها صعباً، بالإضافة إلى تأخرها في الوصول إلى سطوع كامل عند التشغيل . مع نهاية القرن العشرين، شهد العالم تحولاً جذرياً في تقنيات الإضاءة، خاصة مع تنامي الوعي البيئي وضرورة ترشيد استهلاك الطاقة. وفي هذا الإطار، برزت تقنية الصمام الثنائي الباعث للضوء(Light LED Emitting Diode) كأبرز الابتكارات التي غيّرت مفهوم الإضاءة الحديثة. تعتمد هذه التقنية على مواد أشباه الموصلات لإنتاج الضوء عبر حركة الإلكترونات داخل مكوناتها الإلكترونية، دون الحاجة إلى توليد حرارة مفرطة، كما أوضح [4] في تحليله لآلية عمل أشباه الموصلات. هذا المبدأ يجعل مصابيح LED أكثر كفاءة بنسبة تصل إلى 80% مقارنة بالمصابيح المتوهجة، وأطول عمراً من المصابيح الفلورية، مع تلافي استخدام المواد الضارة بالبيئة . وفقاً لتقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية (IEA) عام 2022، فإن التحول العالمي إلى تقنية LED ساهم في توفير 530 تيرا واط ساعة من الكهرباء سنوياً، أي ما يعادل إنتاج 130محطة كهرباء متوسطة الحجم. هذا التوفير ليس اقتصادياً فحسب، بل بيئياً أيضاً، إذ يُترجم إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 200 مليون طن سنويا .لا تقتصر أهمية هذه التقنية على التوفير المادي أو البيئي، بل تمتد إلى دعم الابتكار التكنولوجي، حيث تُستخدم في تطوير أنظمة إضاءة ذكية قابلة للتحكم عن بعد، وتكاملها مع أنظمة إنترنت الأشياء .(IoT) كما تُعتبر حلاً مثالياً للدول النامية التي تعاني من نقص البنية التحتية للطاقة، نظراً لقدرتها على العمل بأنظمة طاقة منخفضة الجهد، مثل الألواح الشمسية، مما يجعلها ركيزةً في مشاريع التنمية المستدامة .

4-1 الفوائد البيئية لمصابيح LED ودورها في حماية البيئة

تُعد مصابيح LED (الثنائيات الباعثة للضوء) واحدة من أهم الابتكارات في مجال الإضاءة الحديثة، حيث تتميز بكفاءة عالية في استهلاك الطاقة مقارنة بالمصابيح التقليدية مثل المتوهجة والفلورية. تعمل هذه المصابيح عن طريق تحويل الطاقة الكهربائية مباشرة إلى ضوء، مما يقلل من فقدان الطاقة على شكل حرارة. نتيجة لذلك، تساهم مصابيح LED بشكل كبير في تقليل الانبعاثات الكربونية وحماية البيئة [5].

أحد أهم الفوائد البيئية لمصابيح LED هو كفاءتها العالية في استهلاك الطاقة. وفقًا لدراسات الوكالة الدولية للطاقة(IEA) ، فإن مصابيح LED تستهلك طاقة أقل بنسبة تصل إلى 80% مقارنة بالمصابيح المتوهجة. هذا الانخفاض في استهلاك الطاقة يؤدي إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يقلل بدوره من انبعاثات غازات

الدفيئة. على سبيل المثال، تشير التقديرات إلى أن التحول الكامل إلى مصابيح LED يمكن أن يقلل من انبعاثات الكربون العالمية بنسبة 1.5% [5]. بالإضافة إلى ذلك، تتميز مصابيح LED بعمر أطول يصل إلى 50000 ساعة عمل، مقارنة 1000 ساعة للمصابيح المتوهجة 15000 ساعة للفلورية. هذا العمر الطويل يقلل من النفايات الإلكترونية ويقلل الحاجة إلى التصنيع المتكرر، مما يقلل من البصمة الكربونية المرتبطة بعمليات التصنيع والنقل [5]. أخيرًا، لا تحتوي مصابيح LED على مواد سامة مثل الزئبق، على عكس المصابيح الفلورية. هذا يجعلها أكثر أمانًا للبيئة عند التخلص منها، حيث لا تلوث التربة أو المياه الجوفيه [5].

2-4 مزايا الثنائيات الباعثة للضوء(LED)

1 - **تكاليف تشغيل منخفضة أو شبه معدومة للطاقة (Low or No Energy Running Costs)**

تعمل مصابيح LED بشكل فوري دون الحاجة إلى تيار بدء عالي، مما يجعلها فعالة من حيث استهلاك الطاقة. تتميز هذه المصابيح بقدرتها على التكيف مع أجهزة الاستشعار الكهروضوئية، التي تعمل على تشغيلها عند مستويات منخفضة جدًا من الإشعاع الشمسي. ومع زيادة شدة الضوء المتاحة، تزداد إضاءة المصابيح تدريجياً بمجرد تجاوز الطاقة الممتصة عتبة التشغيل المطلوبة. هذا يجعلها خيارًا مثاليًا لتوفير الطاقة مع الحفاظ على كفاءة عالية في الإضاءة.

2 - انخفاض النفقات الرئيسية: (Lower Major Expenses).

يتطلب تنفيذ نظام الانارة AC المغذي من الشبكة تخطيطا واجراء حسابات جريان الاحمال لبنية النظام بالإضافة الى حفر أنفاق لتمديد كميات كبيرة من الكابلات وهذا التمديد معرض للضرر عندما يحاول بعض الأشخاص التسلل الي الشبكة للحصول على الطاقة بشكل مجاني غير مشروع. في حين أن أجهزة الانارة LEDأكثر كفاءة واقل تكلفة على المدى الطويل كما انها اقل عرضه للمشاكل الأمنية بسبب تصميمها البسيط وجهدها المنخفض

3 -عمر تشغيلي طويل :(Long Life)

تتطلب المصابيح التقليدية الشائعة، مثل مصابيح الفلوريسنت، الاستبدال كل سنتين إلى ثلاث سنوات، حيث يتراوح عمرها الافتراضي بين 10000 إلى 15000 ساعة عمل. في المقابل، تتميز مصابيح LED بعمر تشغيلي أطول بكثير، يصل إلى 10000 إلى 50000 ساعة عمل، وهو ما يعادل (8إلى 12) سنة من الاستخدام الفعّال كما أوضح [6]

4- الموثوقية :(Reliability)

توفر مصابيح LED مستوى عاليًا من الموثوقية، حيث يتكون كل مصباح LED من مجموعة كبيرة من وحدات الإضاءة (LEDs) التي تعمل معًا لتوفير الإضاءة المطلوبة. في حال حدوث عطل في إحدى هذه الوحدات، يستمر المصباح في العمل بشكل طبيعي دون تأثر ملحوظ في الأداء. على العكس من ذلك، فإن المصابيح التقليدية، مثل المصابيح المتوهجة ومصابيح الفلوريسنت، تتوقف عن العمل بالكامل في حال تعرض أي جزء منها للعطل، مما يؤدي إلى انقطاع الإضاءة تمامًا حتى يتم استبدال المصباح، وهو ما يُعتبر إجراءً مكلفًا ويستغرق وقتًا.

5- توفير في استهلاك الطاقة :(Energy Saving)

يُعتبر مصباح LED حاليًا الخيار الأكثر كفاءة في الإضاءة بالنسبة للطاقة المستهلكة، كما أنه يتميز بأداء متميز من حيث تركيز الضوء [7] وقد أشار أيضا الخبراء إلى أن تقنية مصابيح LED شهدت تطورًا ملحوظًا خلال الأعوام الثلاثة الماضية [8]. حيث تُقدر كفاءتها بحوالي 90% مقارنة بأنواع الإضاءة الأخرى. [9] تتميز هذه التقنية بقدرتها على تحويل ما يقارب 95% من الطاقة المستهلكة إلى ضوء، بينما تُهدر فقط 5% على شكل حرارة. على عكس تقنيات الإضاءة التقليدية، فإن مصابيح LED تحتاج إلى طاقة أقل بكثير لإنتاج نفس الكمية من الضوء أو حتى أكثر، مما يجعلها خيارًا مثاليًا لتقليل استهلاك الكهرباء.

6 - الأمان:(Safety)

تعمل مصابيح LED بجهد مستمر منخفض يتراوح بين (10 إلى 28) فولت، مما يجعلها آمنة للاستخدام. في حالة حدوث أي عطل، تكون طاقة الدائرة القصيرة (استطاعة القصر) محدودة جدًا، مما يقلل من احتمالية التسبب في أضرار مادية أو إصابات بشرية كبيرة.

7- الفوائد البيئية:(Environmental Benefits)

يوفر نظام الإضاءة باستخدام تقنية LED العديد من المزايا البيئية المهمة. بالإضافة إلى كونه مصدرًا نظيفًا لتوليد الضوء، فإنه يقلل بشكل كبير من كمية النفايات الناتجة عن استبدال المصابيح التقليدية التالفة، وذلك بسبب العمر التشغيلي الطويل لمصابيح LED مقارنة بالمصابيح العادية. حيث تقل النفايات بنسبة تصل إلى (10 إلى 15) مرة. علاوة على ذلك، تُصنع مصابيح LED من مواد قابلة لإعادة التدوير بنسبة 100%، ولا تحتوي على مواد ضارة مثل الزئبق، مما يجعلها صديقة للبيئة وآمنة للاستخدام.

8 - تكاليف صيانة منخفضة :(Low Maintenance Costs)

تتميز مصابيح LED بأنها تحتاج إلى صيانة محدودة لضمان استمرار أدائها بكفاءة عالية، مما يسهم في خفض التكاليف الإجمالية. يمكن تعزيز هذه الميزة من خلال ربط مجموعة من مصابيح LED بمركز تحكم مركزي، مما يلغي الحاجة إلى فرق صيانة ميدانية لإصلاح الأعطال في حال حدوثها. بالإضافة إلى ذلك، تتوفر تقنيات حديثة تتيح التحكم في المصابيح عن بُعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء (Infrared - IR)، مما يسمح بفحصها وإدارتها دون الحاجة إلى التدخل المباشر، مما يوفر الوقت ويقلل التكاليف بشكل كبير.

3-4 عيوب الثنائيات الباعثة للضوء:(LED)

إلى جانب مشكلة خرج الضوء المنخفض نسبيًا، تشترك الثنائيات الباعثة للضوء (LED) في بعض العيوب التي تُلاحظ في العديد من المكونات الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات. من أبرز هذه العيوب أنها معرضة للتلف بسهولة في حال تجاوز الجهد أو التيار القيم القصوى المسموح بها. بالإضافة إلى ذلك، تتأثر كفاءة الإشعاع الضوئي الصادر منها بدرجة الحرارة المحيطة [10]. ويوضح الجدول رقم (1) مقارنة بين أجهزة الإضاءة التقليدية وأجهزة الإضاءة التي تعتمد على تقنية LED

جدول1 يوضح مقارنة أجهزة الانارة التقليدية مع أجهزة الانارة LED

العامل	LED	FCL	Halogen
الضوء الناتج نظرياً	نصف ناقل	بخار الزئبق	الحرارة
اتجاه الضوء	اتجاه محدد	كل الاتجاهات	كل الاتجاهات
العمر(ساعة)	50000	60000	10000
الوثوقية	عالية	متوسطة	منخفضة
مقاومة الاهتزاز	مرتفعة	منخفضة	منخفضة
المساوئ	سعر مرتفع	الزئبق ملوث بشكل كبير عند تحطم جهاز الإنارة	عمر قصير-سهلة الكسر فقدان كبير في الطاقة
الاستجابة	≤1sec	≤ 60sec	≤150sec

4-4استخدامات الثنائيات الباعثة للضوء :(LED)

1 -تُستخدم الثنائيات الباعثة للضوء (LED) على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الإلكترونية والكهربائية. من أبرز استخداماتها عملها كمصباح إشارة يعمل بمجرد توصيل الكهرباء إلى أي جهاز كهربائي، حيث يُشير إلى أن الجهاز في وضعية التشغيل.

2- تُستخدم في دوائر الوميض (Flasher Circuits) لإنتاج إضاءة متقطعة .
3-تُعد الثنائيات الباعثة للضوء أيضًا مكونًا أساسيًا في أجهزة التحكم عن بُعد(Remote Control) ، للتحكم في وظائف الأجهزة الالكترونية كما أشار [11] حيث يتم استخدام الثنائيات الضوئية المشعة للأشعة تحت الحمراء مثل الثنائي الضوئي .TIL38
4-تستخدم في دوائر العرض المرئي (Visual Display Circuits) لعرض المعلومات بشكل مرئي .
5-من التطبيقات المتقدمة لـ LED استخدامها في أنظمة كشف اللصوص التي تعتمد على الأشعة تحت الحمراء. في هذه الحالة، يتم التحكم في الضوء وإحكام إدارته بشكل دقيق، حيث أن العين البشرية غير قادرة على رؤية هذه الأشعة، مما يجعل الثنائي الضوئي فعالًا للغاية في مثل هذه التطبيقات الأمنية .
6 -تُستخدم تقنية LED في تطبيقات الليزر المتنوعة، حيث تُنتج حزمة ضوئية عالية الكثافة ومترابطة، مثل الأشعة تحت الحمراء. هذه الخاصية تسمح للحزمة الضوئية بالانتشار لمسافات طويلة دون فقدان كبير في تركيزها أو تشتتها، مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في مجال الاتصالات بعيدة المدى [12]

5- خصائص المصابيح المستخدمة في الدراسة

5-1 الخصائص الفنية والادائية لمصابيح الفلورسنت (36وات/120سم)

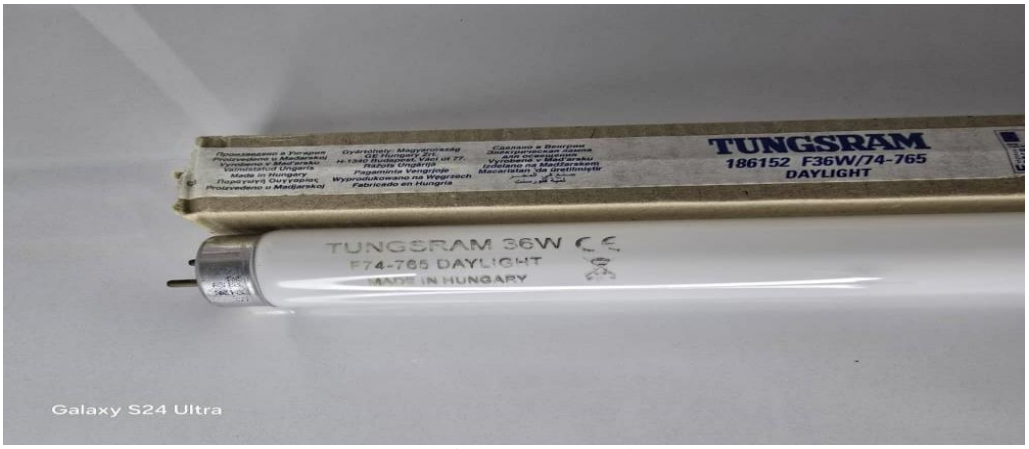
مصابيح الفلورسنت بقوة36 وات وطول 120 سم من شركة فيلبس كما هو موضح بالشكل رقم (1) تُعد هذه المصابيح من الخيارات التقليدية الموثوقة للإضاءة في الأماكن الكبيرة مثل المكاتب والمصانع والمخازن. توفر هذه المصابيح تدفقًا ضوئيًا يصل إلى حوالي 2100 لومن مما يضمن إضاءة ساطعة وفعّالة. تتميز مصابيح فيلبس الفلورسنت بجودة تصنيع عالية، حيث تُستخدم فيها تقنيات متطورة لضمان كفاءة الإضاءة وعمر افتراضي طويل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تركيبها بسهولة في القواعد القياسية للأنظمة الفلورسنت دون الحاجة إلى تعديلات كبيرة .

خصائص التصنيع :

1. كفاءة الطاقة: توفر إضاءة قوية مع استهلاك معتدل للطاقة مقارنة بالمصابيح التقليدية الأخرى .
2. ودة الإضاءة: تُنتج ضوءً أبيض ناصعًا.
3. العمر افتراضي: لها عمر تشغيلي يصل الى 1500ساعة، مما يقلل بعض الشي من تكاليف الصيانة والاستبدال .
4. تصميم متين: مصنوعة من مواد عالية الجودة مقاومة للاهتزازات والصدمات، مما يزيد من متانتها .
5. سهولة التركيب: متوافقة مع القواعد القياسية للأنظمة الفلورسنت، مما يجعل تركيبها واستبدالها سهلًا .
6. تعتبر صديقة للبيئة: تحتوي على كمية أقل من المواد الضارة مقارنة بالمصابيح القديمة، مما يجعلها أكثر أمانًا بعض الشي للبيئة .
7. توافق مع المحولات: تعمل بشكل فعّال مع المحولات والترانسات القياسية المستخدمة في الأنظمة الفلورسنت .

المصدر :

تم استخراج هذه المعلومات من الموقع الرسمي لشركة فيلبس ومن خلال كتيبات المنتج المتوفرة على موقعهم الإلكتروني. يمكنك زيارة الموقع للتحقق من المزيد من التفاصيل: [فيلبس](https://www.philips.com).



شكل 1 مصباح فلورسنت من شركة فيليبس (36 وات/120سم)

5-2الخصائص الفنية والبيئية لمصابيح LED الثلجية (18 وات/120سم) كبديل مستدام

مصابيح LED الثلجية بقوة 18 وات من شركة ويل ماكس كما هو موضح بالشكل رقم (2) تتميز هذه المصابيح بكفاءة إضاءة عالية، حيث توفر تدفقًا ضوئيًا يصل إلى حوالي 1800 لومن، مما يجعلها مناسبة لتوفير إضاءة ساطعة وفعّالة في المساحات الكبيرة. هذه المصابيح مصنوعة بتقنية LED متطورة، مما يضمن جودة عالية في الإضاءة مع استهلاك أقل للطاقة. كما أنها تتميز بتصميم متين ومواد عالية الجودة تجعلها مقاومة للعوامل الخارجية، مما يطيل من عمرها الافتراضي.

الخصائص الرئيسية:

1-كفاءة الطاقة: تستهلك هذه المصابيح طاقة أقل مقارنة بالمصابيح التقليدية، مما يساعد على توفير الكهرباء.
2-إضاءة قوية: توفر إضاءة ساطعة ومناسبة للأماكن الكبيرة مثل المكاتب والمخازن والمنازل.
3-عمر افتراضي طويل: تتميز بعمر افتراضي يصل إلى,000 50ساعة، مما يقلل من الحاجة إلى الصيانة المتكررة.
4-تصميم ثلجي: يعطي الضوء لونًا أبيض ناصعًا يشبه الضوء الطبيعي، مما يوفر راحة للعين.
5-سهولة التركيب: تأتي بتصميم سهل التركيب، حيث يمكن تثبيتها في المكان المناسب بسرعة.
6-صديقة للبيئة: لا تحتوي على مواد ضارة مثل الزئبق، مما يجعلها آمنة للبيئة.
7-متانة عالية: مصنوعة من مواد عالية الجودة مقاومة للصدمات والاهتزازات.

المصدر: تم استخراج هذه المعلومات من موقع شركة ويل ماكس الرسمي ومن خلال مراجعة كتيبات المنتج المتوفرة على موقعهم الإلكتروني. يمكنك زيارة الموقع للتحقق من المزيد من التفاصيل :

[ويل ماكس] (https://www.welmax.com).

شكل 2 يبين مصباح LEDمن شركة ويل ماكس (18 وات/120سم).

6-النتائج والمناقشة

أُجريت هذه الدراسة في كلية التقنيات الهندسية/ القبّة عام 2024 م لتحليل كفاءة أنظمة الإضاءة وتكاليفها في الأقسام العلمية المختلفة، حيث شملت الخطوات مسحاً شاملاً لأنظمة الإضاءة، بما في ذلك تحديد مواقع الأجهزة، واستطاعتها، وعدد نقاط الإضاءة، وقياس شدة الإضاءة (لوكس)، إضافة إلى القياسات الكهربائية مثل القدرة الفعلية (kW)، والطاقة المستهلكة (kWh)، التكلفة الشهرية للاستهلاك (LD)، والتكلفة الاولية للمصابيح (LD) وُثِّقت النتائج في ثمانية جداول مرقمة من (2) إلى (9)، مُوزعة على النحو التالي:

قسم الهندسة الكهربائية:

يوضح الجدول (2) بيانات الإضاءة الفلورسنت التقليدية (الموقع، المساحة، نوع المصباح، القدرة، شدة الإضاءة، العمر الافتراضي، الاستهلاك اليومي، والتكاليف).

بينما يُقارن الجدول (3) نفس المؤشرات لنظام الإضاءة LED، مع إبراز الفروقات في الاستهلاك والتكلفة.

قسم الهندسة الميكانيكية:

يُلخص \الجدول (4) خصائص الإضاءة الفلورسنت في هذا القسم.

في حين يُظهر الجدول (5) تحسُّن كفاءة الإضاءة وتقليل الاستهلاك عند استخدام تقنية LED.

قسم الهندسة المعمارية:

يُقدم الجدول (6) تفاصيل الإضاءة الفلورسنت وتأثيرها على توزيع الضوء في الفراغات المعمارية. ويُبرز الجدول (7) تفوق نظام LED في تحقيق إضاءة متجانسة مع تقليل التكاليف التشغيلية.

قسم هندسة الحاسبات:

يُوثق الجدول (8) بيانات الإضاءة الفلورسنت في المختبرات والقاعات.

بينما يُظهر الجدول (9) التوفير الكبير في الطاقة عند استخدام تقنية LED في نفس المساحات.

جدول2 بيانات الإضاءة القديمة (Fluorescent)في قسم الهندسة الكهربائية

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح فلورسنت بـــ(cm)	قدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي (24ساعة)بـــ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـــ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـــ(دينار)
مكتب رئيس القسم	16	120	36	2	2250	15000	1.728	7	18
ممر القسم	36	120	36	12	4320	15000	10.368	42	108
معمل الحاسوب	25	120	36	6	2750	15000	5.184	21	54
قاعة المشاريع	20	120	36	6	2400	15000	5.184	21	54
المكتبة العلمية	30	120	36	12	4500	15000	10,368	42	108
قاعة 4	40	120	36	16	4400	15000	13.824	56	144
قاعة 5	40	120	36	16	4250	15000	13.824	56	144
قاعة 6	60	120	36	20	7500	15000	17.28	70	180
قاعة 7	25	120	36	8	2800	15000	7	28	72
معمل اللغات	30	120	36	12	4300	15000	10,368	42	108
معمل الاتصالات	25	120	36	8	2700	15000	7	28	72
استراحة القسم	20	120	36	6	2450	15000	5.184	21	54

جدول3 يوضح بيانات الإضاءة الحالية ((LED في قسم الهندسة الكهربائية.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح ليد بـــ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي (24ساعة)بـــ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـــ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـــ(دينار)
مكتب رئيس القسم	16	120	18	2	2655	50000	0,864	3.49	24
ممر القسم	36	120	18	12	5100	50000	5.184	21	144
معمل الحاسوب	25	120	18	6	3200	50000	2.592	10.50	72
قاعة المشاريع	20	120	18	6	2870	50000	2.592	10.50	72
المكتبة العلمية	30	120	18	12	5490	50000	5.184	21	144
قاعة 4	40	120	18	16	5190	50000	6.912	28	192
قاعة 5	40	120	18	16	5090	50000	6.912	28	192
قاعة 6	60	120	18	20	8776	50000	8.640	35	240
قاعة 7	25	120	18	8	3220	50000	3.456	14	120
معمل اللغات	30	120	18	12	5118	50000	5.184	21	144
معمل الاتصالات	25	120	18	8	3292	50000	3.456	14	120
استراحة القسم	20	120	18	6	2940	50000	2.592	10.50	72

1-6 دراسة الجدوى الاقتصادية لاستبدال مصابيح (فلورسنت) بأخرى حديثة من نوع LED في قسم الهندسة الكهربائية

1-حساب الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية

- مصابيح فلورسنت

أجمالي الاستهلاك اليومي = 107.312kwh/day

الاستهلاك السنوي Wf

$$Wf = 107.312 \times 365 = 39{,}168.88\ kwh/year$$

- مصابيح LED

أجمالي الاستهلاك اليومي = 53.568 kwh/day

الاستهلاك السنوي Wl

$$Wl = 53.568 \times 365 = 19552.32\ kwh/year$$

- حساب التوفير السنوي في الطاقة الكهربائية Wy

$$Wy = Wf - Wl$$

$$Wy = 39168.88 - 19552.32 = 19.61\ kwh/year$$

نسبة التوفير في الطاقة Wn

$$Wn = \frac{19.61}{39.16} \times 100 = 50.07\%$$

- حساب التوفير المالي السنوي بقسم الهندسة الكهربائية Wm

التوفير المالي السنوي = التوفير السنوي في الطاقة ×سعرالكهرباء

= 19.61 × 0.135 = 2648 دينار. سنة

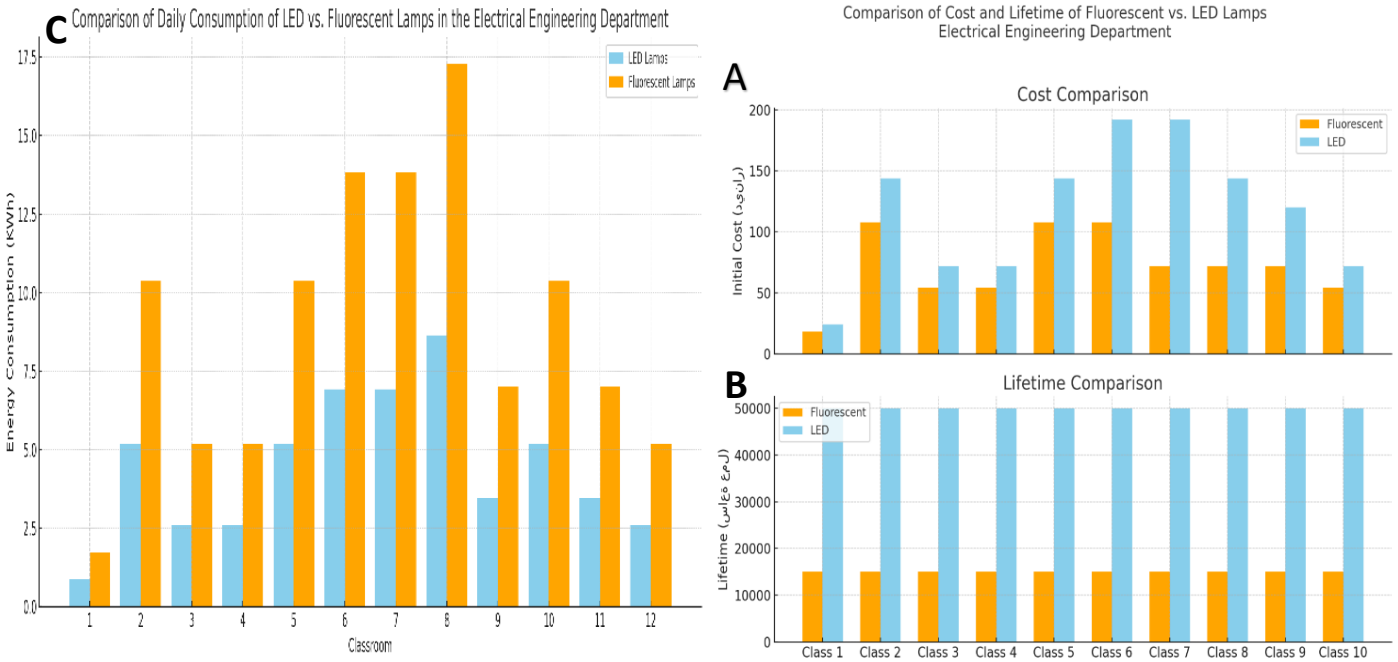
(سعر الكهرباء للكيلوواط ساعة ***وفقاً لقرار حكومة الوحدة الوطني بشأن تحديد تعريفة استهلاك الكهرباء رقم 92 لسنة 2023***. **135درهم** للمرافق العامة أي 0.135 دينار)

- حساب فترة استرداد رأس المال wb

$$wb = \frac{\text{التكلفة الأولية لمصابيح } LED}{\text{التوفير المالي السنوي}}$$

$$wb = \frac{1536}{2648} = 0.58$$

فترة استرداد رأس المال ما يقارب 6 أشهر



شكل 3 مقارنة بين مصابيح الفلورسنت ومصابيح LED من حيث التكلفة(A) ، العمر الافتراضي (B)، واستهلاك الطاقة (C)في قسم الهندسة الكهربائية.

جدول4 بيانات الإضاءة القديمة (Fluorescent)في قسم الهندسة الميكانيكية.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح فلورسنت بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مكتب رئيس القسم	20	120	36	4	1920	15000	3.456	14	36
ممر قسم الميكانيكا	48	120	36	18	6720	15000	15,5	63	162
معمل تكنولوجيا التصنيع	40	120	36	14	6200	15000	12	50	126
مختبر ميكانيكا الموائع	40	120	36	14	6090	15000	12	49	126
قاعة 1	30	120	36	12	4800	15000	10,36	42	108
قاعة 2	40	120	36	14	6110	15000	12	49	126
قاعة 3	40	120	36	14	6107	15000	12	49	126
قاعة 4	40	120	36	14	6090	15000	12	49	126
قاعة 5	20	120	36	4	1900	15000	3.456	14	36
قاعة 6	40	120	36	14	5800	15000	12	49	126

جدول 5 بيانات الإضاءة الحالية ((LED في قسم الهندسة الميكانيكية.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح ليد بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مكتب رئيس القسم	20	120	18	4	2304	50000	1,728	7	36
ممر قسم الميكانيكا	48	120	18	18	8064	50000	7,776	31	216
معمل تكنولوجيا التصنيع	40	120	18	14	7378	50000	6	24	168
مختبر ميكانيكا الموائع	40	120	18	14	7247	50000	6	24	168
قاعة 1	30	120	18	12	5808	50000	5,184	21	144
قاعة 2	40	120	18	14	7271	50000	6	24	168
قاعة 3	40	120	18	14	7267	50000	6	24	168
قاعة 4	40	120	18	14	7308	50000	6	24	168
قاعة 5	20	120	18	4	2318	50000	1,728	7	36
قاعة 6	40	120	18	14	7018	50000	6	24	168

2-6 دراسة الجدوى الاقتصادية لاستبدال مصابيح (فلورسنت) بأخرى حديثة من نوع LED في قسم الهندسة الميكانيكية

1-حساب الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية

- مصابيح فلورسنت

أجمالي الاستهلاك اليومي = 104.772kwh/day

الاستهلاك السنوي Wf

$$Wf = 104.772 \times 365 = 38.241\ kwh/year$$

- مصابيح LED

أجمالي الاستهلاك اليومي = 52.386 kwh/day

الاستهلاك السنوي Wl

$$Wl = 52.416 \times 365 = 19.131\ kwh/year$$

- حساب التوفير السنوي في الطاقة الكهربائية Wy

$$Wy = Wf - Wl$$

$$Wy = 38.241 - 19.131 = 19.11\ kwh/year$$

نسبة التوفير في الطاقة Wn

$$Wn = \frac{19.11}{38.241} \times 100 = 50\%$$

- حساب التوفير المالي السنوي بقسم الهندسة الميكانيكية Wm

التوفير المالي السنوي = التوفير السنوي في الطاقة ×سعرالكهرباء

= 19.11 × 0.135 = 2579 دينار. سنة

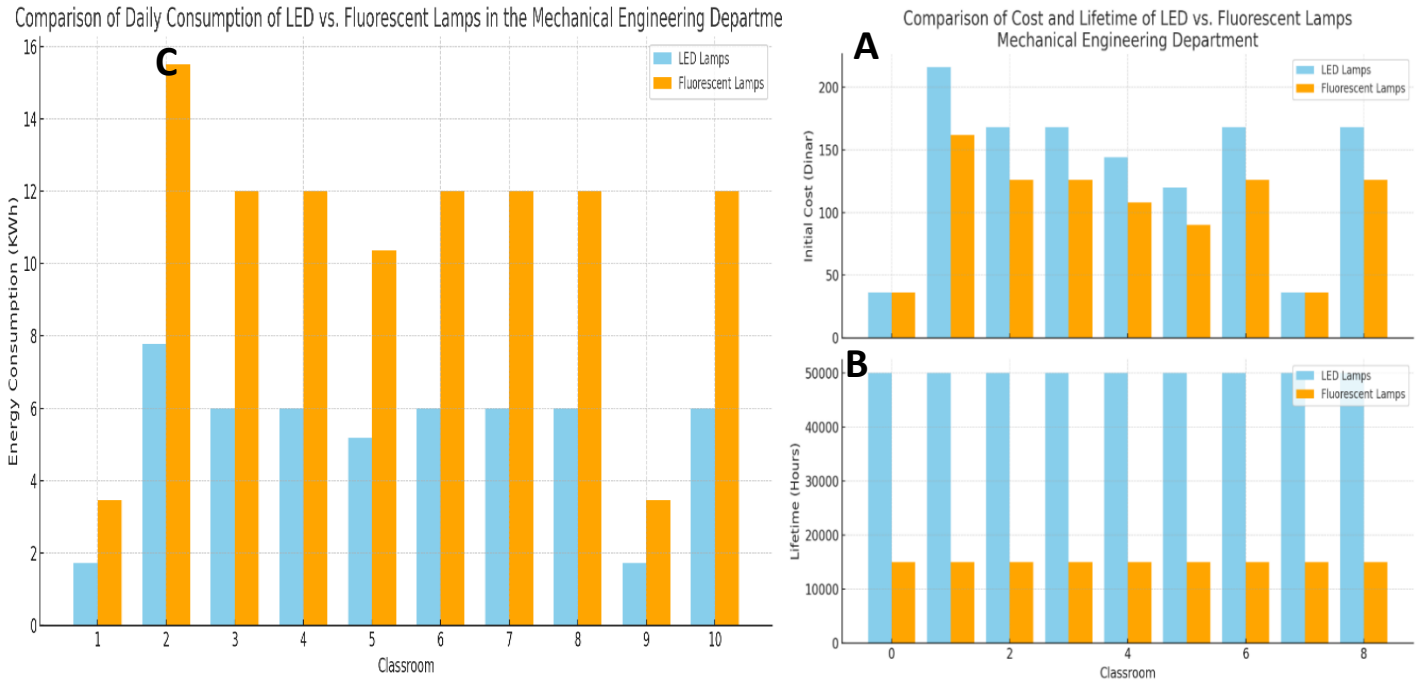
(سعر الكهرباء للكيلوواط ساعة ***وفقاً لقرار حكومة الوحدة الوطني بشأن تحديد تعريفة استهلاك الكهرباء رقم 92 لسنة 2023***. **135درهم** للمرافق العامة أي 0.135 دينار)

- حساب فترة استرداد رأس المال wb

$$wb = \frac{\text{التكلفة الأولية لمصابيح } LED}{\text{التوفير المالي السنوي}}$$

$$wb = \frac{1440}{2579} = 0.55$$

فترة استرداد رأس المال ما يقارب 6 أشهر أي اقل من (سنة)



شكل4 مقارنة بين مصابيح الفلورسنت ومصابيح LED من حيث التكلفة(A) ، العمر الافتراضي (B)، واستهلاك الطاقة (C)في قسم الهندسة الميكانيكية.

جدول6 بيانات الإضاءة القديمة (Fluorescent) في قسم الهندسة المعمارية.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح فلورسنت بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مدخل القسم	40	120	36	12	4920	15000	10,36	42	108
قاعة 1	30	120	36	10	3510	15000	8.6	35	90
قاعة 2	49	120	36	14	6123	15000	12	49	26
قاعة 3	30	120	36	10	3517	15000	8.6	35	90
قاعة 4	42	120	36	12	5101	15000	10,36	42	108
مكتب رئيس القسم	30	120	36	8	3232	15000	7	28	72
استراحة القسم	16	120	36	4	1612	15000	3.456	14	36
مخزن القسم	25	120	36	6	2792	15000	5,184	21	54

جدول (7) يوضح بيانات لإضاءة الحالية (LED) في قسم الهندسة المعمارية

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح ليد بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مدخل القسم	40	120	18	12	5853	50000	5,184	21	144
قاعة 1	30	120	18	10	4213	50000	4,320	17	120
قاعة 2	49	120	18	14	7286	50000	6	24	168
قاعة 3	30	120	18	10	4283	50000	4,320	17	120
قاعة 4	42	120	18	12	6069	50000	5,184	21	144
مكتب رئيس القسم	30	120	18	8	3912	50000	3,456	14	96
استراحة القسم	16	120	18	4	1942	50000	1,728	7	48
مخزن القسم	25	120	18	6	3406	50000	2,592	10	72

3-6 دراسة الجدوى الاقتصادية لاستبدال مصابيح (فلورسنت) بأخرى حديثة من نوعLED في قسم الهندسة المعمارية

1-حساب الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية

- مصابيح فلورسنت

أجمالي الاستهلاك اليومي = 65.56kwh/day

الاستهلاك السنوي Wf

$$Wf = 65.56 \times 365 = 23.929 kwh/year$$

- مصابيح LED

أجمالي الاستهلاك اليومي = 32.784 kwh/day

الاستهلاك السنوي Wl

$$Wl = 32.784 \times 365 = 11.966 \ kwh/year$$

- حساب التوفير السنوي في الطاقة الكهربائية Wy

$$Wy = Wf - Wl$$

$$Wy = 23.929 - 11.966 = 11.963 \ kwh/year$$

نسبة التوفير في الطاقة Wn

$$Wn = \frac{11.963}{23.929} \times 100 = 50\%$$

- حساب التوفير المالي السنوي بقسم الهندسة المعمارية Wm

التوفير المالي السنوي = التوفير السنوي في الطاقة ×سعرالكهرباء

=11.963 × 0.135 = 1615 دينار. سنة

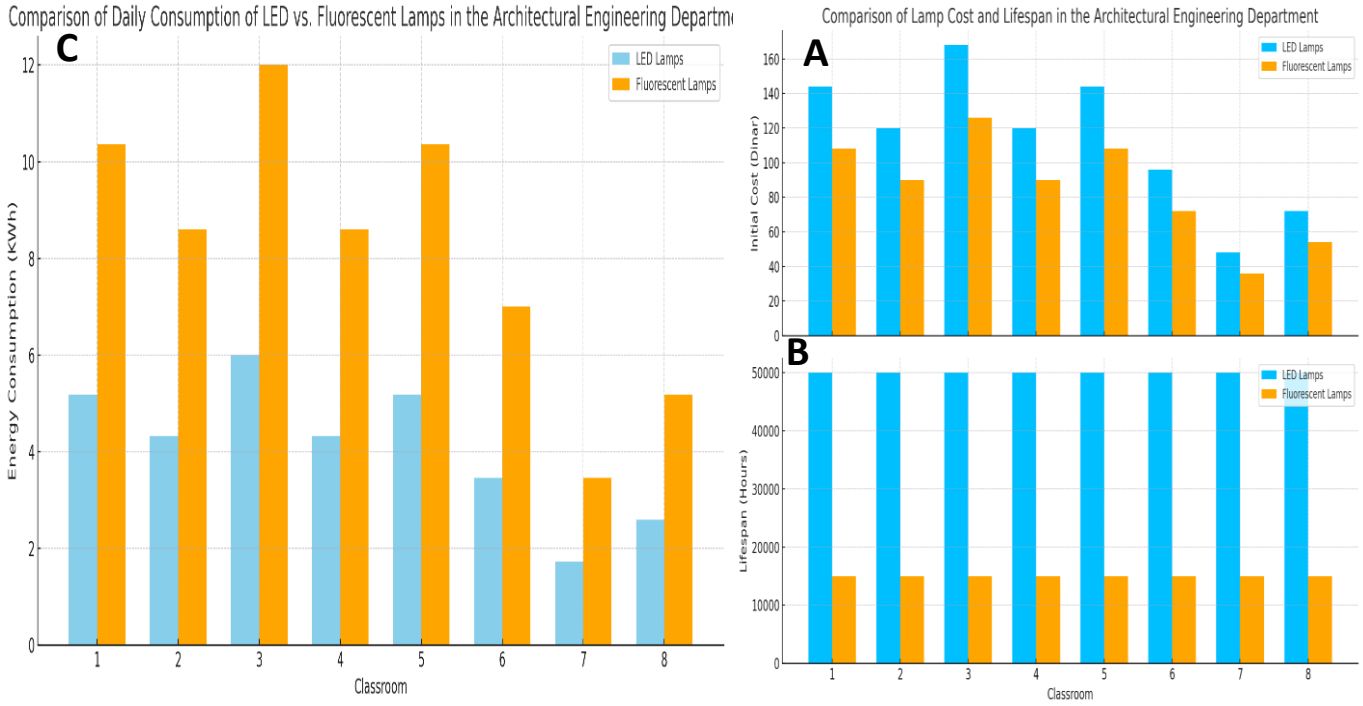
(سعر الكهرباء للكيلوواط ساعة ***وفقاً لقرار حكومة الوحدة الوطني بشأن تحديد تعريفة استهلاك الكهرباء رقم 92 لسنة 2023***. 135 درهم للمرافق العامة أي 0.135 دينار)

حساب فترة استرداد رأس المال wb

$$wb = \frac{\text{التكلفة الأولية لمصابيح } LED}{\text{التوفير المالي السنوي}}$$

$$wb = \frac{825}{1615} = 0.51$$

فترة استرداد رأس المال ما يقارب 6 أشهر



شكل 5 مقارنة بين مصابيح الفلورسنت ومصابيح LED من حيث التكلفة(A) ، العمر الافتراضي (B)، واستهلاك الطاقة (C)في قسم الهندسة المعمارية.

جدول8 بيانات الإضاءة القديمة ((Fluorescent في قسم هندسة الحسابات.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح فلورسنت بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مكتب رئيس القسم	20	120	36	6	1923	15000	5,184	21	54
معمل 1	35	120	36	14	4372	15000	12	49	126
معمل 2	35	120	36	14	4369	15000	12	49	126
معمل 3	35	120	36	14	4360	15000	12	49	126
معمل 4	35	120	36	14	4366	15000	12	49	126
معمل 5	35	120	36	14	4366	15000	12	49	126
قاعة 1	32	120	36	12	4210	15000	10,36	42	108
قاعة 2	40	120	36	16	4762	15000	13.82	56	144
قاعة 3	32	120	36	14	4371	15000	12	49	126
ورشة الصيانة	25	120	36	8	2462	15000	7	28	72

جدول9 بيانات الإضاءة الحالية (LED) في قسم هندسة الحاسبات.

مكان الفراغ	مساحة الفراغ (m^2)	نوع المصباح ليد بـ(cm)	القدرة المصابيح بالوات (w)	عدد المصابيح	قوة الإضاءة (لومن)	العمر الافتراضي (ساعة عمل)	استهلاك الطاقة اليومي 24ساعة بـ(Kwh)	التكلفة الشهرية للطاقة المستهلكة بـ(دينار)	التكلفة الاولية للمصابيح بـ(دينار)
مكتب رئيس القسم	21	120	18	6	2306	50000	2,59	10	72
معمل 1	42	120	18	14	5246	50000	6	24	168
معمل 2	35	120	18	14	5238	50000	6	24	168
معمل 3	35	120	18	14	5232	50000	6	24	168
معمل 4	32	120	18	14	5243	50000	6	24	168
معمل 5	32	120	18	14	5239	50000	6	24	168
قاعة 1	32	120	18	12	5057	50000	5.18	21	144
قاعة 2	40	120	18	16	5763	50000	7	28	192
قاعة 3	32	120	18	14	5146	50000	6	24	168
ورشة الصيانة	25	120	18	8	2879	50000	3.45	14	96

4-6 دراسة الجدوى الاقتصادية لاستبدال مصابيح (فلورسنت) بأخرى حديثة من نوعLED في قسم هندسة الحاسبات

1-حساب الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية

- **مصابيح فلورسنت**

أجمالي الاستهلاك اليومي = 108.364kwh/day

الاستهلاك السنوي Wf

$$Wf = 108.364 \times 365 = 39.552 kwh/year$$

- **مصابيح LED**

أجمالي الاستهلاك اليومي = $54.22 kwh/day$

الاستهلاك السنوي Wl

$$Wl = 54.22 \times 365 = 19.790 \ kwh/year$$

- **حساب التوفير السنوي في الطاقة الكهربائية Wy**

$$Wy = Wf - Wl$$

$$Wy = 39.552 - 19.790 = 19.762 \ kwh/year$$

نسبة التوفير في الطاقة Wn

$$Wn = \frac{19.762}{39.552} \times 100 = 50\%$$

- **حساب التوفير المالي السنوي بقسم هندسة الحاسبات Wm**

التوفير المالي السنوي = التوفير السنوي في الطاقة ×سعرالكهرباء

= 19.762 × 0.135 = 2667 دينار. سنة

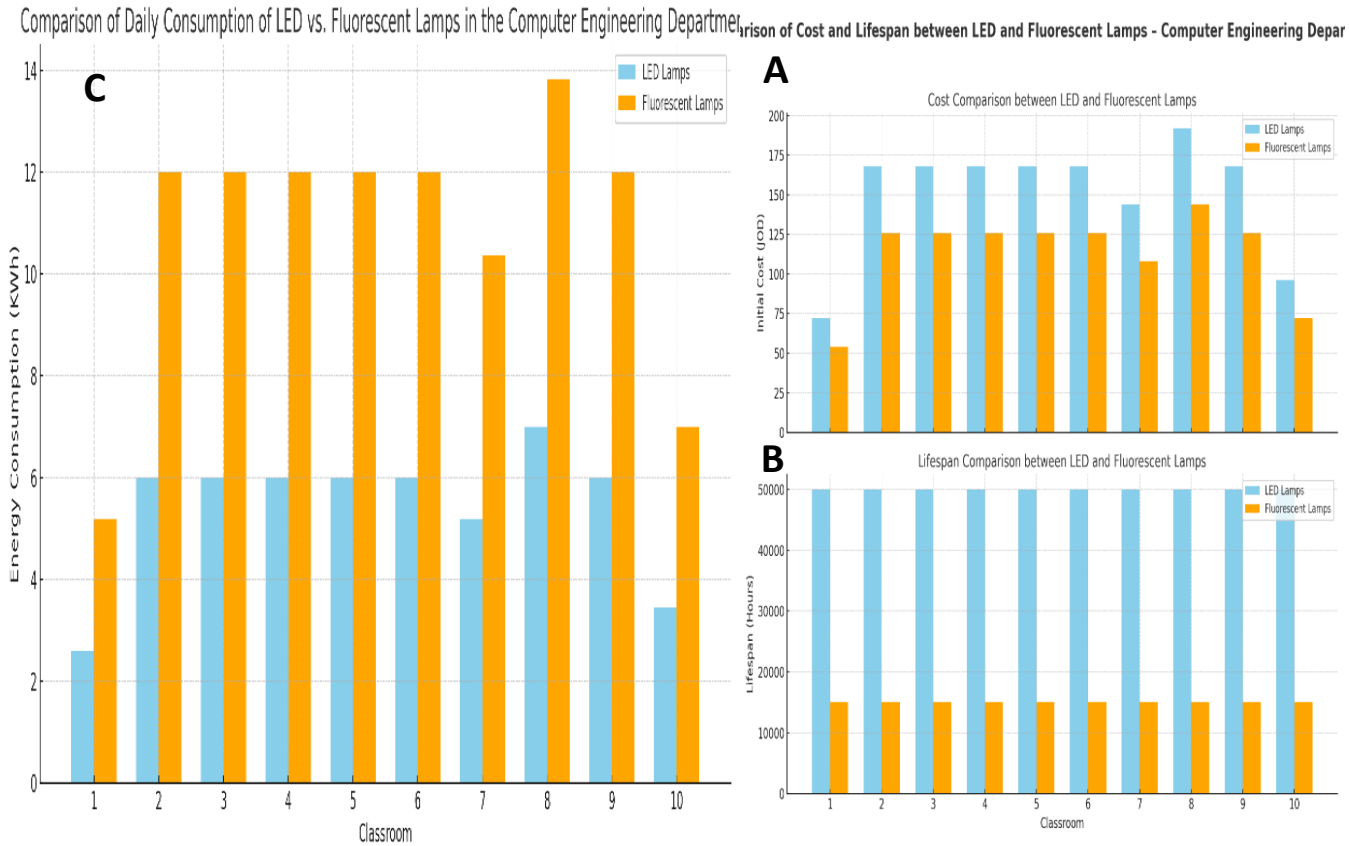
(سعر الكهرباء للكيلوواط ساعة ***وفقا لقرار حكومة الوحدة الوطني بشأن تحديد تعريفة استهلاك الكهرباء رقم 92 لسنة 2023***. **135درهم** للمرافق العامة أي 0.135 دينار)

- **حساب فترة استرداد رأس المال wb**

$$wb = \frac{\text{مجموعالتكلفة الأولية لمصابيح } LED}{\text{التوفير المالي السنوي}}$$

$$wb = \frac{1512}{2667} = 0.56$$

فترة استرداد رأس المال ما يقارب 6 أشهر



شكل 5 مقارنة بين مصابيح الفلورسنت ومصابيح LED من حيث التكلفة(A) ، العمر الافتراضي (B)، واستهلاك الطاقة (C)في قسم هندسة الحاسبات.

5-6 حساب تكلفة الصيانة والاستبدال لمصابيح LED مقابل مصابيح فلورسنت

- **دراسة مقارنة باستخدام تحليل تكلفة دورة الحياة (Life Cycle Cost Analysis)**

المعطيات	مصابيح LED	مصابيح الفلورسنت
العمر الافتراضي(ساعة)	50000	15000
ساعات التشغيل اليومية	24	24
التكلفة لكل استبدال(دينار)	14	11
عدد مرات الاستبدال (خلال عمر مصابيح LED)	N LED=1	N fl= $\frac{50000}{15000} = 3.33$

- **تكلفة مصابيح LED خلال (50.000 ساعة) C led**

C led = التكلفة لكل استبدال × عدد مرات الاستبدال

= 14 دينار × 1 =14دينار

- **تكلفة مصابيح فلورسنت خلال (50.000ساعة) C fl**

C fl = التكلفة لكل استبدال × عدد مرات الاستبدال

=11 دينار × 3.33 =36.63 دينار

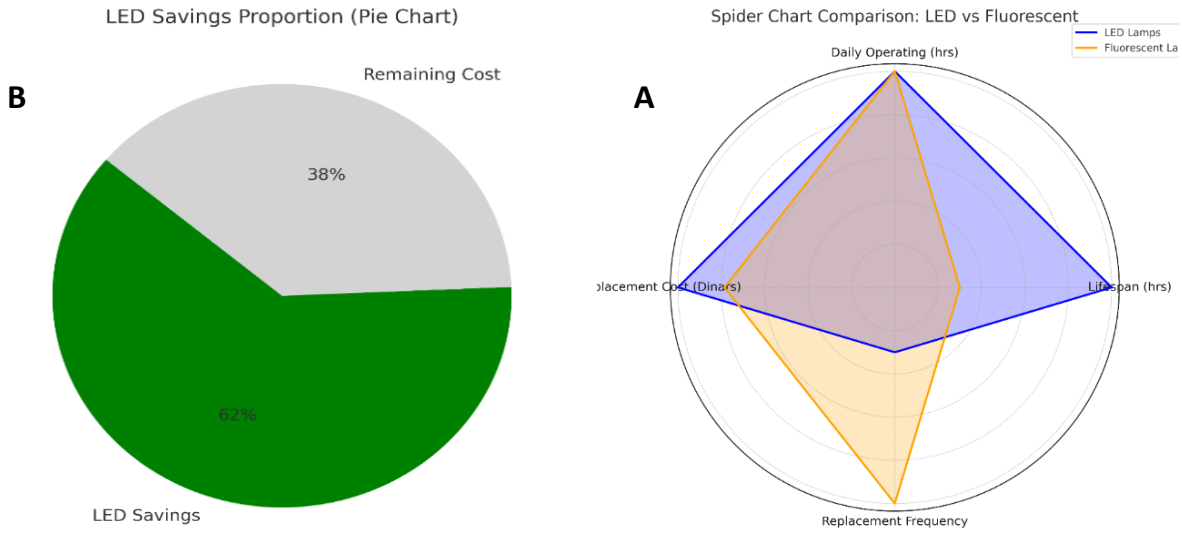
- **التوفير مع مصابيح LED**

التوفير= تكلفة مصابيح فلورسنت- تكلفة مصابيح LED

= 36.63 دينار – 14 دينار = 22.63دينار

- **النسـبة المئوية للتوفير K**

$$K = \frac{\text{التوفير مع مصابيح } \boldsymbol{LED}}{\text{تكلفة مصابيح فلورسنت}} \times 100 = \frac{22.63}{36.63} \times 100 = 62\%$$



شكل 7 تحليل المقارنة لأداء مصابيح الفلورسنت و LEDباستخدام مخطط العنكبوت والمخطط الدائري: من حيث التكلفة (A) وتوفير الطاقة (B).

7- النتائج:

1-انخفاض استهلاك الطاقة :انخفض استهلاك الطاقة بنسبة 50% بعد استبدال المصابيح الفلورية بمصابيح LED يعود ذلك إلى كفاءة تحويل الطاقة الكهربائية إلى ضوء، حيث تحول مصابيح LED حوالي 95% من الطاقة إلى إضاءة، بينما تهدر فقط 5% كحرارة.

2- زيادة شدة الإضاءة: زادت شدة الإضاءة باستخدام تقنيةLED بنسبة 22% تقريبا مقارنة بالإضاءة الفلورية حيث سجلت قراءات اعلا في قوة الإضاءة (باللومن) في جميع الأقسام بالكلية.

3-التكلفة الأولية والعائد الاقتصادي : على الرغم من أن التكلفة الأولية لمصابيح LED قد تكون أعلى نسبيًا مقارنة بالمصابيح التقليدية، إلا أن العمر الافتراضي الطويل لهذه المصابيح، والذي يصل إلى 50000 ساعة عمل، يجعلها استثمارًا ذكيًا على المدى الطويل. هذا العمر الطويل يقلل من الحاجة إلى الصيانة المتكررة والاستبدال،

مما يوفر مبالغ مالية يمكن توجيهها لتغطية تكاليف أخرى. بالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض تكاليف الصيانة والاستبدال بنسبة 62% يعزز من الجدوى الاقتصادية لاستخدام هذه التقنية.

4- كفاءة استرداد رأس المال: أظهرت الدراسة تفوق حلول الإضاءة الحديثة (LED) بفترة استرداد رأسمالي قصيرة تصل إلى نحو 6 أشهر مقارنةً بالأنظمة التقليدية، مما يُعزز جاذبيتها الاستثمارية. يعكس هذا المؤشر الزمني المُختصر ميزة تنافسية واضحة تُقلل مخاطر السيولة وتُشجّع المستثمرين على تبني تقنيات الإضاءة المُستدامة.

5-التعديلات البنيوية وتحسين الكفاءة التشغيلية :تم تبديل المصابيح باستخدام نفس القاعدة الكهربائية الأصلية دون الحاجة إلى تعديلات تركيبية جذرية أو تكاليف إضافية لاستبدال البنية التحتية، حيث اقتصر التغيير على إزالة المكونات غير الفعالة (كـ الخانق والمحول) من الدائرة الكهربائية السابقة. ساهم هذا الإجراء في تعزيز كفاءة الطاقة عبر تقليل الفقد الكهربائي، وتحسين الأداء الوظيفي للنظام، إلى جانب خفض التكاليف التشغيلية بشكل مزدوج: من خلال تقليص استهلاك الطاقة، وتقليل متطلبات الصيانة الدورية بفضل العمر التشغيلي الممتد لمصابيح LED مقارنة بنظيرتها الفلورسنت .

6- تحسين توزيع الضوء وتقليل الفاقد الحراري :ساهم التحول إلى تقنية LED في تحسين توزيع الضوء بشكل متجانس، مع تقليل الفاقد الحراري الناتج عن الإضاءة، مما أدى إلى تحسين بيئة العمل وتقليل الأحمال الحرارية على أنظمة التبريد.

7-الفوائد البيئية :تقليل النفايات الإلكترونية بسبب العمر الطويل لمصابيح LED ، وتقليل النفايات الناتجة عن استبدال المصابيح بنسبة تصل إلى 15-10مرة مقارنة بالمصابيح التقليدية وأيضا تقليل الانبعاثات الضارة حيث لا تحتوي مصابيح LED على مواد سامة مثل الزئبق، مما يجعلها صديقة للبيئة ويقلل من تأثيرها السلبي على صحة الإنسان والبيئة . وانخفاض استهلاك الطاقة يعني تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء، مما يسهم في مكافحة تغير المناخ.

8- التوصيات:

1-تعميم استخدام تقنية LED في المؤسسات التعليمية والحكومية

نوصى بتبني تقنية LED بشكل واسع في المؤسسات التعليمية والحكومية، نظرًا لفعاليتها في توفير الطاقة وتحسين جودة الإضاءة، مما يسهم في خفض التكاليف التشغيلية وتعزيز الاستدامة البيئية.

2-تطوير برامج توعوية حول فوائد تقنية LED

ينبغي تصميم برامج توعوية موجهة للمسؤولين والمستخدمين لتسليط الضوء على المزايا الاقتصادية والبيئية لتقنيةLED ، بما في ذلك توفير الطاقة، وتقليل النفايات الإلكترونية، وخفض الانبعاثات الضارة.

3-تشجيع الاستثمار في مشاريع تحديث أنظمة الإضاءة :

نُوصى بتشجيع الحكومات والقطاع الخاص على الاستثمار في مشاريع تحديث أنظمة الإضاءة باستخدام تقنيةLED ، مع تقديم حوافز مالية أو ضريبية لتسهيل التحول إلى هذه التقنية.

4-إجراء دراسات دورية لتقييم أداء أنظمة LED

يجب إجراء دراسات دورية لتقييم أداء أنظمة LED في مختلف البيئات، بما في ذلك المنشآت التعليمية، لتحديد أفضل الممارسات وضمان تحقيق أقصى استفادة من هذه التقنية.

5- تعزيز البحث والتطوير في مجال تقنيات الإضاءة المتقدم

نوصى بدعم الأبحاث والابتكارات في مجال تقنيات الإضاءة المتقدمة، مثل أنظمة LED الذكية القابلة للتحكم عن بعد، لتحسين كفاءتها وتوسيع نطاق تطبيقاتها في مجالات مثل الاتصالات والأمن والطاقة المتجددة.

لمراجع

1. Lin, R. L., Liu, S. Y., & Tsai, C. J. (2014). Optimal LED array combination for dual-loop CCM boost driver. In IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (pp. 1–9).
2. Chiang, H. L., & Lai, Y. S. (2015). New open loop control technique of boost converter to mitigate temperature impact for LED applications. In IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 1624–1628).
3. Hagemeyer, A. (2015). Basics of LED drivers. FRIWO. Article for the electroluminescence and engineering of the current LED.
4. جلاني، م. (2013). المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربائية (الإصدار 2). القاهرة، مصر: كتاب إلكتروني غير منشور.
5. Krames, M. R., Shchekin, O. B., & Mueller-Mach, R. (2017). LED lighting technology and perception. In Springer Handbook (pp. 47–60).
6. Meier, A. V. (2016). Handbook of electric power systems. John Wiley & Sons. http://www.wiley.com/go/permission
7. إسماعيل، أ. خ. (2014). مقارنة بين أنواع مصابيح ثنائي الباعث للضوء .(LED) المجلة العراقية للعلوم والتكنولوجيا، 6(1)، 2015.
8. اليعقوبي، م. (2020). مصابيح توفير الطاقة. جريدة العرب اللندنية.
9. الزليواني، ا. ب. (2013). تقنية إضاءة .LED ليبيا: جامعة طرابلس، كلية الهندسة.
10. Winder, S. (n.d.). Handbook: Power supplies for LED driving. Elsevier. Retrieved from www.books.elsevier.com
11. Kai, Y., Xue-cheng, Z., Shuang, L., & Wei-xu, W. (2017). High performance white LED driver with single-wire serial-pulse digital dimming. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 24(1), 95–99.
12. Kim, G., Woo-Chan, B., Chi-sung, J., Soo-Yong, J., Pyun, S. Y., & Cho, D. H. (2010). Efficient resource allocation for rapid link recovery and visibility in visible-light local area networks. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 56(2), 524–531.