

كفاءة استخدام إضاءة الليد (تقنية الانبعاث الديودي) في إنتاج صورة البرامج التلفزيونية

Efficient use of LED lighting (LED technology) in producing images for television programmes

أ.د/ وائل محمد أحمد عناني

أستاذ ورئيس قسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Prof. Wael Mohammed Ahmed Anany

Professor and head of the Department of Photography, cinema and Television - Faculty of Applied Arts - Helwan University

drwaelanany@yahoo.com

م.د/ أسماء فتحي عبد الحميد رومية

مدرس - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Dr. Asmaa Fathy Abd El Hamed Romya

Lecturer at the Photography, cinema and Television Department - Faculty of Applied Arts - Helwan University

asmaafathyromya@yahoo.com

ملخص البحث:

تعتبر الإضاءة من العوامل الهامة في تصميم الصورة التلفزيونية و قد تعددت مصادر الإضاءة الصناعية المستخدمة في التصوير التلفزيوني من حيث أنواعها و أشكالها و نوعيات المصابيح الخاصة بها, و قد شهد عالمنا المعاصر تطوراً تكنولوجياً كبيراً في كل المجالات خاصة في معدات و أجهزة الإضاءة الخاصة بإنتاج البرامج التلفزيونية, فقد ظهرت تكنولوجيا حديثة جداً في إضاءة البرامج ألا و هي تكنولوجيا الليد و هي اختصار (Light-Emitting Diode) و التي تستخدم لإضاءة الديكورات و الأشخاص و تكمن مشكلة البحث في ضرورة معرفة التطورات و المستحدثات التي حدثت لإضاءة الليد و كيفية التحكم بأجهزة و مصادر إضاءة الليد و إلى أي مدى تكون الصورة المنتجة بتقنية الليد وحدها ذات كفاءة بالغة, و جودة عالية تصميماً بحيث تغني عن التقنيات الأخرى من حيث تصميم الإضاءة و تصميم صورة البرامج التلفزيونية ؟ و يهدف البحث إلى دراسة التطورات التي حدثت لإضاءة الليد و الوصول إلى الاستخدام الأمثل لتقنية الليد و توظيفها داخل الإستوديو لتصميم صورة البرامج التلفزيونية بجودة عالية و تحديد دور كل من المصادر والأجهزة التي تعمل بتقنية الليد في تصميم الصورة التلفزيونية و الوصول إلى أفضل النتائج, و قد الباحث المنهج الوصفي التحليلي الأنسب و الأكثر ملائمة لتحقيق أهداف البحث.

كلمات مفتاحية:

الإضاءة التلفزيونية , البرامج التلفزيونية , إضاءة الليد .

Research Summary:

Lighting is considered one of the important factors in designing the television image. There are many artificial lighting sources used in television imaging in terms of their types, shapes, and types of lamps. Our contemporary world has witnessed great technological development in all fields, especially in lighting equipment and devices of the production of television

programmes. A very modern technology has appeared in programme lighting, which is LED technology; it is an abbreviation of the term (Light-Emitting Diode). It is used to illuminate decorations and people. The problem of the research lies in the necessity of knowing the developments and innovations that have occurred in LED lighting, how to control LED lighting devices and sources, and to what extent the image produced using LED technology alone is extremely efficient and high design quality, so that it replaces the other technologies in terms of lighting design and image design for television programmes. The research aims to study the developments that have occurred in LED lighting and achieve the optimal use of LED technology and employ it within the studio to design the image of television programmes with high quality and determine the role of each of the sources and devices that operate with LED technology in designing the television image and reaching the best results. The researcher found that the descriptive analytical method is the most appropriate and suitable for achieving the research objectives.

Key words: Television lighting, television programmes, LED lighting.

مقدمة :

تعتبر الإضاءة أساس التصوير التلفزيوني بأهدافها المختلفة سواء كانت هندسية أو جمالية , وقد شهد عالمنا المعاصر تطوراً تكنولوجيا ملحوظاً على كافة الأصعدة وفي كل المجالات ولاسيما التطور الذي حدث في معدات وأجهزة الإضاءة الخاصة بالبرامج التلفزيونية المختلفة , فقد ظهرت تكنولوجيا حديثة جداً في إضاءة المؤثرات الخاصة ألا وهي تكنولوجيا الليد LED وهي اختصار (Light-Emitting Diode), وتقدم التنوع الجيد في مظهرها البصري بما يتلاءم مع خصائص ومواصفات التصوير التلفزيوني, كما ان لها العديد من الأنواع والأشكال بمقاسات مختلفة ومنوعة ولكن كلها تتبع نظام تشغيل واحد.

مشكلة البحث:

بعد ظهور مصادر تعمل بتقنية الليد تستخدم لإضاءة الديكورات والأشخاص المصورة بالاستوديو والتحكم في ألوانها في البرامج التلفزيونية، ومصادر تعمل بتقنية الليد تستخدم كشاشات للعرض داخل الاستوديو تولدت مشكلة البحث التي تتمثل في الأسئلة الآتية:

- 1- كيف يتم التحكم بإضاءة الليد لانتاج البرامج التلفزيونية؟
- 2- إلى أي مدى تكون الصورة المنتجة بتقنية الليد وحدها ذات كفاءة بالغة، وجودة عالية تصميمياً بحيث تغني عن التقنيات الأخرى من حيث تصميم الإضاءة وتصميم صورة البرامج التلفزيونية؟

هدف البحث :

يهدف البحث إلى :

- 1- دراسة التطورات التي حدثت لإضاءة الليد وكيفية التحكم بأجهزتها .
- 2- الوصول إلى الاستخدام الأمثل لتقنية الليد وتوظيفها داخل الإستوديو لتصميم صورة البرامج التلفزيونية بجودة عالية.
- 3- تحديد دور كل من المصادر والأجهزة التي تعمل بتقنية الليد في تصميم الصورة التلفزيونية والوصول إلى أفضل النتائج .

منهج البحث :

يسلك الباحث المنهج الوصفي التحليلي لدراسة مستحدثات مصادر الضوء الصناعي التي تعمل بتقنية الليد والمستخدمه في تصميم صورة البرامج التلفزيونيه داخل الإستوديو، وأنواعها، وخصائصها للوصول إلى مميزات توظيفها وحدها في تصميم إضاءة جميع مفردات الصورة التلفزيونية، وتحديد دور المصادر والأجهزة المستخدمة في تصميم الصورة التلفزيونية .

تساؤلات البحث :

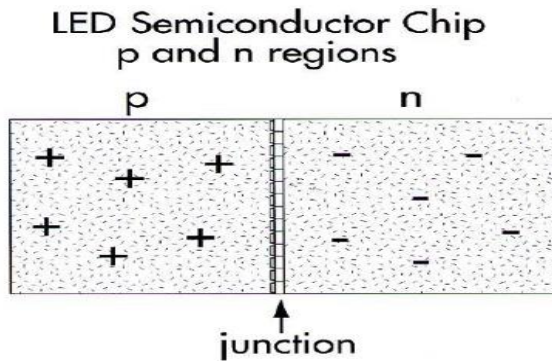
- 1- ما هي تقنية الانبعاث الداودي (ليد) و ما هي أهم المستحدثات التي حدثت بها ؟ وكيف فتحت آفاقاً جديدة لمصمم الإضاءة التلفزيونية تمكنه من إطلاق طاقته الفنية في الإبداع ؟
- 2- كيف أمكن توظيف مصابيح الانبعاث الداودي (ليد) في إيجاد مصادر للإضاءة الصناعية ذات ميزات تجعل لها الأفضلية عند مصمم الإضاءة التلفزيونية عن سابقتها التقليدية ذات المصابيح الهالوجين ؟
- 3- ما هي مواصفات الضوء الناتج عن مصادر الضوء الصناعي الحديثة الليد شكلاً ولوناً وكماً ؟
- 4- كيف يمكن التحكم بأجهزة و مصادر إضاءة الليد ؟

1- ما هي مصادر الليد LED:

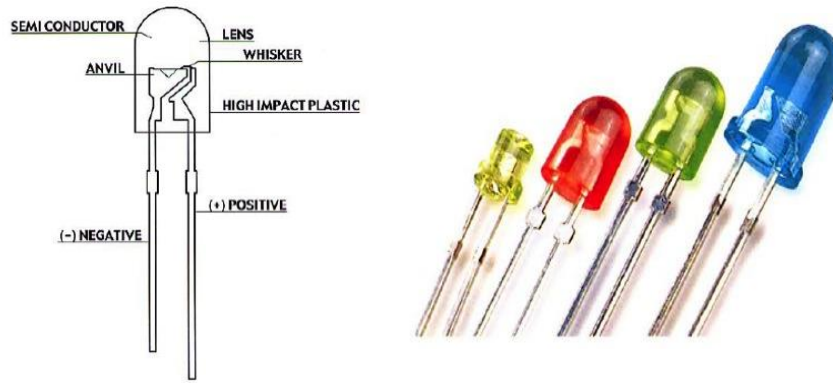
كلمة ليد LED هي اختصار لمصطلح Emitting Diodelight وتتكون من شبه موصل في حالته الصلبة يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية مباشرة الى طاقة ضوئية .

وتقوم فكرة عمل الليد أساسا على وجود شبه الموصل والمتصل بجزئين , الأول عبارة عن كاثود وهو القطب الكهربائي السالب (N-) أما الجزء الثاني فهو عبارة عن أنود Anod وهو القطب الكهربائي الموجب (P+) وبالتالي أصبح لدينا وسطين أحدهما يحتوي على كهرباء موجبة والآخر على الكترولونات سالبة وعند ضغط الوسطين مع بعضهما يتولد بينهما وسط موجب سالب (PN+-) بينهما وعند مرور التيار الكهربائي تقوم الالكترولونات السالبة بدفع الوسط الثالث (PN+-) ناحية الكهرباء الموجبة وبالتالي تتقابل الالكترولونات السالبة والشحنات الموجبة وتتحد مع بعضها البعض ويوضح ذلك شكل رقم (١) وعندها تنطلق الطاقة الضوئية لامعة جداً .

وتصنع بوجه عام أشباه الموصلات من دعامة جاليوم كريستالية تحتوي على مواد مختلفة مثل الفوسفور تبعاً للون الناتج منها. وكل هذه المكونات تكون داخل غلاف بلاستيكي قوي (epoxy resin enclosure) ويوضح ذلك شكل رقم (٢)



شكل رقم (١)



شكل رقم (٢)

2- أهمية لمبات الليد (LED) و كفاءتها بالمقارنة مع الأنواع الأخرى:

من خلال البحث عن وحدات الإضاءة ذات الكفاءة العالية و موفرة للطاقة أثبتت لمبات الليد (LED) أنها الأكثر كفاءة و الأقل استهلاكاً للطاقة. لمبات الليد (LED) ذات الجودة العالية تقوم بتوفير ٧٥٪ من الطاقة كحد أدنى عند مقارنتها باللمبات التقليدية و تستمر بالعمل بمعدل ٢٥ مرة أكثر من اللمبات التقليدية. و نسبةً إلى وزارة الطاقة الأمريكية لمبات الليد (LED) ذات كفاءة أعلى من نظيرتها لمبات الفلوروسنت نظراً لأنها تمتلك عمر افتراضي يعادل ضعف العمر الافتراضي لللمبات الفلوروسنت .

و يعود السبب في كفاءة لمبات الليد (LED) العالية مقارنة باللمبات الأخرى إلى آلية عملها في إصدار الضوء باتجاه محدد و بالتالي لا تنتج حرارة عالية على العكس من اللمبات الأخرى كاللمبات المتوهجة و التي تصدر الضوء في جميع الاتجاهات مما ينتج كميات كبيرة من الحرارة و تستهلك من الطاقة ما نسبته ٩٠٪ و ٨٠٪ على الترتيب وكذلك الحال بالنسبة لللمبات الفلوروسنت و التي يصدر عنها كم حرارة اكبر من الليد نوعاً ما.

3- خصائص مصادر الإضاءة الصناعية (الليد):

تتنوع مصادر الإضاءة الصناعية المستحدثة والمستخدمه في تصميم الصورة التلفزيونية إلى نوعيات متعددة مختلفة في أشكالها ، ودرجة الحرارة اللونية لمصادر ها ، وأبعادها ، وشكل شعاع الضوء الناتج منها ، وكل نوع من هذه الأنواع له خصائصه المحددة به ، ولكن هناك خصائص عامة لمصادر الإضاءة الصناعية المستحدثة الليد حيث أنها تستخدم نوع مصباح واحد وهو من نوعية الليد وفيما يلي سوف نتناول الخصائص العامه و الفيزيائية و الكهربائية و البصرية لها، وأنواعها، وأشكال ضوئها، ودرجات الحرارة اللونية الخاصة بضوئها .

٣-١- الخصائص العامه لمصادر الإضاءة الصناعية الليد:

- مصادر إضاءة الليد تستخدم عدسات فريزنال حتى يمكن التحكم في شكل الضوء المنبعث منها مركز أو منتشر .
- إمكانية التحكم في درجة الحرارة اللونية للضوء المنبعث منها .
- إمكانية التحكم بها عن طريق أجهزة تحكم لخفض وزيادة شدة الضوء بها .
- يوجد منها نوعيات للاستخدام بالتصوير داخل الإستوديو أو خارج الإستوديو أو أن تكون محموله .

٢-٣- الخصائص الفيزيائية لمصادر الإضاءة الصناعية الليد:

- تتميز أجسام مصادر الليد جميع بأنها مصنوعة من الألومنيوم .
- عدسات الفريزنال الخاصة بمصادر الليد تتميز بأنها ذات أبعاد 384×303 ملم و 423×374 ملم ، وقطر 175 ملم.
- يوجد بمصادر الليد ذراع للتحكم فى شكل الإضاءة لتكون مركزة أومنتشرة .
- زاوية الشعاع الضوئى لمصادر الليد يتراوح تقريباً من ١٥ إلى ٥٠ درجة .
- تحتوى على مروحة كهربائية تعمل بدون صوت للتبريد .
- يصل عمر مصابيح الإضاءة الليد إلى ٥٠٠٠٠ ساعة .
- ٣-٣- الخصائص الكهربائية لمصادر الإضاءة الصناعية الليد:**
- تستخدم مصدر الليد جهد كهربى من ١٠٠ إلى ٢٥٠ فولت بتردد ٦٠/٥٠ هرتز .
- القدرة الكهربائية لمصادر لها لا تتعدى ٢٠٠٠ وات .
- مصادر الليد مزودة بلوحة تحكم يتم من خلالها تحديد درجة الحرارة اللونية وتحديد الخرج الضوئى لها من صفر إلى ١٠٠ %
- تحتوى مصادر الليد على مكان لدخول كابل DMX والذى يتم من خلاله التحكم فى المصدر من لوحة تحكم رئيسية للأجهزة جميعها .

٣-٤- الخصائص البصرية لمصادر الإضاءة الصناعية الليد:

- يمكن التحكم فى درجة حرارته اللونية للخرج الضوئى لمصادر الليد من ٢٨٠٠ درجة كلفن وحتى ١٠٠٠٠ درجة كلفن .
- مع إختلاف نسبه الخرج الضوئى لها من صفر إلى ١٠٠ % لانتغير درجه حراره اللونية المختارة .
- مع إختلاف نسبه الخرج الضوئى من صفر إلى ١٠٠ % لا يحدث إرتعاش للضوء الناتج منها .
- يتم التحكم بنسب اللونين الأخضر والماجنثا لضوء مصادر الليد .
- الخرج الضوئى لمصابيح الليد ذات القدرة الكهربائية ٢٠٠ وات يعادل نفس الخرج الضوئى المصابيح الهالوجين ذات القدرة الكهربائية ١٠٠٠ وات .

٤- أنواع مصادر إضاءة ليد :**٤-١- مصادر ليد أنبوبة الشكل - LED Tube:**

وتتميز هذه المصادر بأنها على شكل أنبوب ويوجد منها أنواع متعددة فيما يلي :-

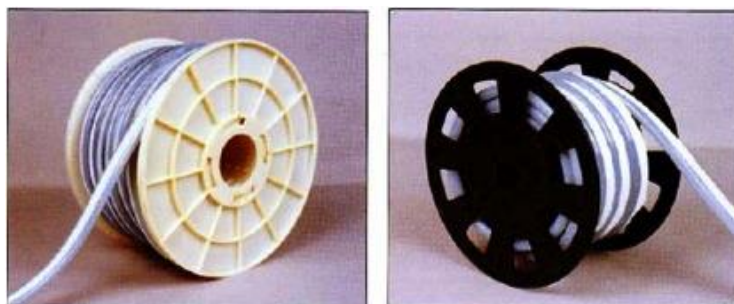
٤-١-١- LEDNeom – Flex :

وهي من نوعيات الليد متعددة اللون , وتستخدم في زخرفة الديكورات المتنوعة في التصوير التلفزيوني وتعطي إضاءة ملونة ساطعة فتعطي مثلاً في اللون الأحمر ٢٩٠ لوكس والأصفر ٣٢٥ لوكس والبرتقالي ٢٧٠ لوكس والأخضر ٤٠٥ لوكس والأزرق ١٧٥ لوكس والأبيض ٦١٠ لوكس , ويوضح ذلك شكل رقم (٣) . وتحتاج الى جهد كهربى مستمر DC ٢٤ فولت وبالتالي فهي توفر أكثر من ٧٠% من الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل المصابيح التقليدية , وتتمتع بعدد ساعات تشغيل حوالي ١٠٠٠٠٠ ساعة كما أنها سهلة الحمل والتركيب حيث أنها مرنة جداً ويوضح ذلك شكل رقم (٤) .

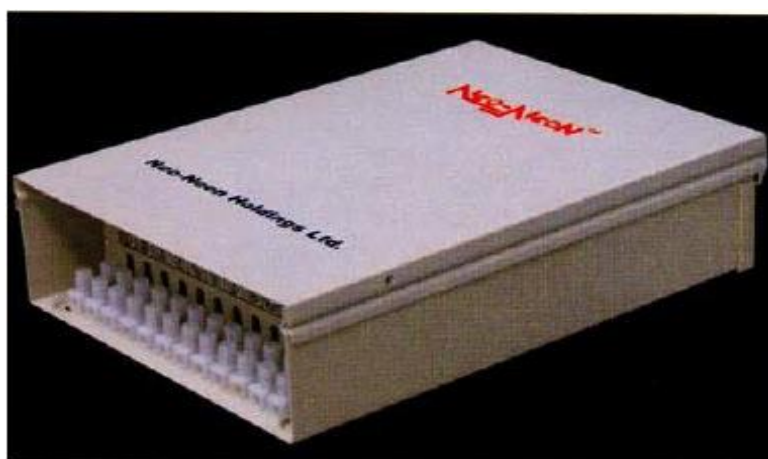
ويتم التحكم بها من خلال محول كهربى (Flex full color scan controller), يقوم بتحويل التيار الكهربى بجهد ٢٢٠ فولت الى جهد مناسب لعمل هذه الليد بقدره كهربىة أكثر من ٥٠٠ وات , و يوضح ذلك شكل رقم (٥) .



شكل رقم (٣)



شكل رقم (٤)



شكل رقم (٥)

٢-١-٤ Mini LED Tube

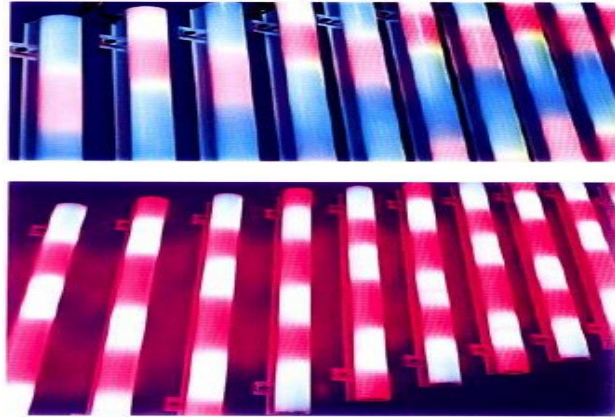
وهي عبارة عن أنبوبة غير مرنة من الليد متنوعة الألوان ويتم توصيلها بجهاز تحكم controller من خلال كابل Signal DMX وتستخدم أيضا في تزيين الديكور في البرامج التلفزيونية ويوضح ذلك شكل رقم (٦) .
وهي من نوعيات الأنابيب الصغيرة حجما وتعطي نصوع عالي في الثلاثة ألوان الرئيسية RGB وتنتج حوالي ١٦,٧ مليون لون .



شكل رقم (٦)

٣-١-٤ Multi color changing LED Tube

وهي عبارة عن أنبوب ابيض تتراص بداخله لمبات الليد بشكل حلقي وبالتالي من الممكن ظهور أكثر من لون في آن واحد للأنبوب ويوضح ذلك شكل رقم (٧) .
وتتميز بوجود العديد من المؤثرات الخاصة بها مثل :-
- تحرك الضوء ببطء أو بسرعة
- تحرك الضوء على شكل ومضات بسرعات مختلفة
- التعدد اللوني
و تستخدم بشكل كبير لعمل المؤثرات الخاصة الضوئية في البرامج التلفزيونية .

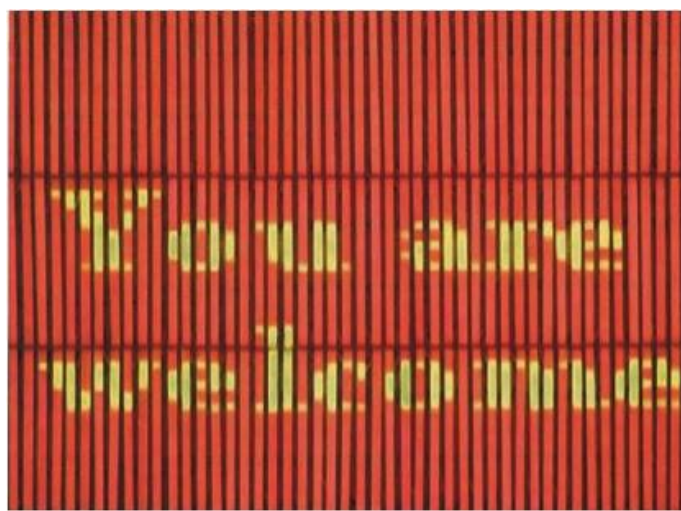


شكل رقم (٧)

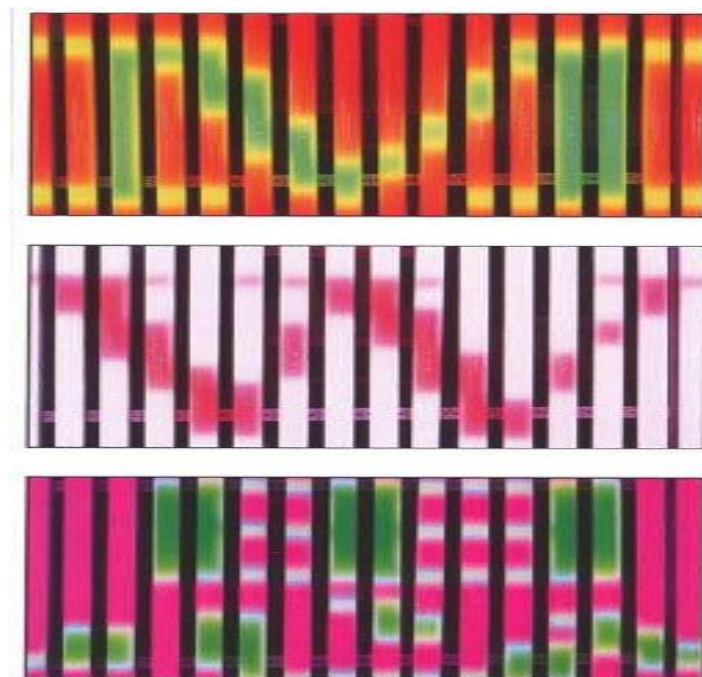
Intelligent Led Tube -٤-١-٤

ويعد هذا النوع من الليد الأنبوبية الشكل من أفضل واغلي الأنواع قيمة حيث أنها تنتج صوراً أو أشكال جرافيكية أو كتابات , فهي تعمل بنفس فكرة شاشة الليد , ولكن هي عبارة عن مجموعة من الأنابيب تتراص بجانب بعضها فتنتج شكلا جرافيكيا أو صورة ويوضح ذلك شكل رقم (٨).

وتعتمد فكرة عملها على أنها تتلقى إشارة الصورة من جهاز كمبيوتر لعرضها على ١٦ أنبوب , كل أنبوب ١٦ بكسل وبالتالي فإننا نحصل على صورة نهائية مساحتها $16 \times 16 = 256$ وتتصل الأنابيب بعضها البعض من خلال كابل الإشارة DMX- signal . شكل رقم (٩) .



شكل رقم (٨)



شكل رقم (٩)

٢-٤- أجهزة ومصادر إضاءة الليد للمحترفين Led pro – light :

تختلف هذه الأجهزة والمصادر عن سابقتها في أن المصادر السابقة توضع في الديكور وتنتج ضوءها بهدف زخرفة وتزيين الديكورات التليفزيونية ولكن أجهزة Led-Pro تقوم بإضاءة الديكورات التليفزيونية مثل الإضاءة التقليدية ولكن مع فارق إنتاج الألوان المتعددة والمؤثرات الخاصة المميزة لها.

١-٢-٤- Led Wall Washer :

ويتميز هذا النوع بإنتاج إضاءة ناعمة موزعة بشكل متساوي على المسطحات الموجودة في الديكور التليفزيوني والمراد إضاءتها ويوضح ذلك شكل رقم (١٠) . وهو يشبه النوع السابق ويختلف عنه في شكله المربع والمستطيل وتتراص مصابيح الليد بجانب بعضها البعض لتظهر بشكل مستطيل أو مربع ويوضح ذلك شكل رقم (١١) . وينتج هذا النوع عدد ضخم جداً وهائل من الدرجات اللونية المختلفة بالإضافة الى المؤثرات الخاصة المختلفة كومضات الإضاءة ذات الضوء الأبيض أو الملون . وعمل الظهور والإخفاء التدريجي للإضاءة (Cross Fade) ويتم التحكم به من خلال جهاز تحكم control عن طريق كابل إشارة Signal DMX . وينتج قدرات مختلفة تتراوح ما بين ٥٠ وات الى ٣٥٠ وات . ويوجد منه أنواع مختلفة مثل :-

-Led probar شكل رقم (١٢)

-Led pixel line شكل رقم (١٣)

-Led King شكل رقم (١٤)

كما يوجد منها أنواع مركبة على رؤوس متحركة مثل الأجهزة التقليدية للمؤثرات الخاصة .



شكل رقم (١٠)



شكل رقم (١١)



شكل رقم (١٢)

شكل رقم (١٣)



شكل رقم (١٤)

٥ - كيفية التحكم بأجهزة ومصادر إضاءة الليد المختلفة :

عند تركيب أجهزة ومصادر إضاءة الليد بأنواعها المختلفة في أي ديكور برنامج تليفزيوني فإنه لمن الضروري التحكم وضبط هذه الأجهزة والمصادر فعلى سبيل المثال التحكم في الخرج الضوئي الخاص بها واختيار اللون المرغوب العمل به واختيار المؤثر الخاص للعمل به وذلك عن طريق توصيل كابل إشارة Signal DMX بين جهاز التحكم ومصادر الإضاءة ونظام DMX هو عبارة عن وسيلة رقمية للاتصال بنظام الشبكات ويتكون الكابل من خمسة أطرف ، طرف ينقل الإشارة وتتنوع جميع البيانات الأخرى من خلال الأربعة أطراف الأخرى ويوضح ذلك شكل رقم (١٥) . وبالتالي فإن الإشارة والبيانات الخاصة بالتحكم تنتقل من جهاز التحكم الى مصادر إضاءة الليد المختلفة .



شكل رقم (١٥)

١-٥- أجهزة التحكم الخاصة بمصادر إضاءة الليد :-

تعتبر هذه الأجهزة من نوعيات أجهزة التحكم بمصادر الإضاءة التقليدية ولكن مواصفات وبرامج متقدمة وتسمى (DMX control station) شكل رقم (١٦) , وتتعدد نوعيات هذه الأجهزة وموديلاتها ولكن أساس تشغيلها وفكرة عملها واحدة وهي أنها تحتوي على قنوات Channels كل قناة تحتوي على مصدر إضاءة ليد واحد مسئول عن تشغيلها وعمل الإعدادات اللازمة لها وبالتالي لو ان الجهاز يحتوي على 512 قناة فإنه يستقبل 512 عنوان للعديد من مصادر إضاءة الليد, وبناء على ذلك فإن القائمون على تركيبات إضاءة الليد وتوصيلها بجهاز التحكم DMX يقوموا بعمل مجموعات من مصادر إضاءة الليد كل مجموعة لها نفس الإعدادات والضبط وتستقبل على العديد من القنوات.



شكل رقم (١٦)

نتائج البحث :

بعد الانتهاء من هذا البحث يمكن حصر نتائجه في تحقيق فروض البحث:

- 1- إذا ما تم استخدام مصادر الإضاءة الحديثة التي تعمل بتقنية الانبعاث الداودي (ليد) وحدها في تصميم الإضاءة داخل استوديو الإنتاج التلفزيوني فإن ذلك سيؤدي إلى إنتاج صورة ذات جودة عالية مثل الاضاء التقليدية تماما ولكن بالمميزات السابق ذكرها لاضاءة الليد.
- 2- استخدام مصادر الإضاءة الحديثة التي تعمل بتقنية الانبعاث الداودي (ليد) وحدها تساعد مصمم الإضاءة على خلق تشكيلات لونية وضوئية بشكل أبسر من استخدام غيرها من المصادر التقليدية وترفع من المستوى الجمالي للصورة التلفزيونية المنتجة حيث ان انتاج الإضاءة الملونة المتعددة بالليد اسهل وافقر من انتاجها بالمصادر التقليدية .

3- بتحقيق النتيجتان الأولى والثانية فإن ذلك سيؤدي إلى استخدام هذه التقنية على نطاق واسع فى البرامج التلفزيونية داخل إستوديوهات الإنتاج التلفزيوني بجمهورية مصر العربية وبعد ذلك التطوير للإنتاج السينمائي والتلفزيوني لتحقيق التنمية المستدامة.

توصيات البحث :

يوصى الباحث بالآتى :

- ١ – ضرورة استخدام مستحدثات الإضاءة الصناعية الليد فى البرامج التلفزيونية لما لها من العديد من المميزات التي ذكرها البحث.
- ٢ – المتابعة الدائمة لوضع برامج ومقررات دراسية عن مستحدثات الإضاءة الصناعية الليد فى المؤسسات التعليمية التي تدرس التصوير والإضاءة التلفزيونية ، ولا سيما قسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون بكلية الفنون التطبيقية – جامعه حلوان باعتبارها الكلية الرائدة في تدريس الإضاءة والتصوير عامة والتلفزيون خاصة .
- ٣ – ضروره قيام مصممي الصورة التلفزيونية ومصممي الإضاءة بحث قطاعات الإنتاج الخاصة على استخدام تقنيات الليد لأثرها الإيجابي على رفع المستوى الفني لتصميم الصورة فى البرامج التلفزيونية

المراجع:

- 1- cinematography theory and practice -Blain Brown.
- 2- LED light in Movies -Unleashes the magic -Bachelor Course on Media Technology at St. Pölten University of Applied Sciences
- 3- M. Nisa Khan, Understanding LED Illumination, ISBN-10: 1466507721, ISBN-13: 978-1466507722 0.
- 4- https://www.arri.de/lighting/lighting_equipment/lampheads/led_lampheads/l_series/
- 5- http://www.etconnect.com/docs/docs_downloads/Source_Four_LED_User_Manual_v1.4.0_revA.pdf
- 6- http://www.seleconlight.com//index.php?option=com_virtuemart&page=shop.product_details&flypage=flypage.p1&category_id=184&product_id=10439
- 7- http://www.strandlighting.com/index.php?src=directory&view=products&srctype=detail&refno=2527&category=Luminaires_Theatrical&submenu=0
- 8- <https://www.malighting.com> ,Copyright © 2024 MA Lighting International GmbH
- 9- T.Q.Khanh,P.Bodrogi,Q.T.Vinh,H.Winkler, LED Lighting Technology and Perception, Wiley, 2024