١٠٩

الطاقة الكهربائية
Electrical Power

Matthew F. Baretich
President, Baretich Engineering, Inc., Fort Collins, CO

تندرج نظم الطاقة الكهربائية بشكلٍ تقليدي ضمن نطاق مهنة هندسة المنشآت. إلا أن هناك عدة أسباب للمهندسين الإكلينيكيين ليكونوا على دراية في هذا المجال. أولاً، يُشارك المهندسون الإكلينيكيون بصورةٍ متزايدة في مشاريع البناء والترميم لمرافق الرعاية الصحية. يُشكل نظام الطاقة الكهربائية عنصراً رئيسياً في تصميم المنشأة، كما يُعتبر نظام الطاقة الكهربائية المُصمم بشكل جيد أمر حاسم للأداء الآمن والفعال للأجهزة الطبية. لذا يجب على المهندس الإكلينيكي أن يكون مدركاً لقضايا التصميم الرئيسية وقادراً على المساهمة في عملية التصميم. ثانياً، يتوسع دور الهندسة الإكلينيكية في كثير من مرافق الرعاية الصحية ليشمل طائفة واسعة من النظم التكنولوجية. إن مهمة الإدارة المتكاملة للنظم التكنولوجية لدعم رعاية المرضى هو الدور الذي استعد وتجهَّز من أجله مهني الهندسة الإكلينيكية بشكلٍ جيد. يمكن أن تكون إدارة نظم الطاقة الكهربائية (بما في ذلك المسؤولية عن صيانة النظام) جزءاً من هذا الدور المتوسع للمهندس الإكلينيكي. ثالثاً، غالباً ما يتم دعوة المهندسين الإكلينيكيين للتحقيق في الحوادث التي يكون فيها الجهاز الطبي أو غيره من الأنظمة التكنولوجية مشتبه في مساهمته في إحدى الحوادث السلبية. على سبيل المثال، قد يتطلب التحقيق في الحوادث ذات الصلة بالأجهزة المُزودة بالطاقة الكهربائية أخذ نظام الطاقة الكهربائية بعين الاعتبار. لهذا السبب، من المهم أن يفهم المهندسون الإكلينيكيون تصميم ووظيفة وصيانة أنظمة الطاقة الكهربائية واستخداماتها الإكلينيكية.

يُقدم هذا الفصل لمحة عامة عن أنظمة الطاقة العادية وأنظمة الطاقة في حالات الطوارئ وهما الفئتين الرئيسيتين لتوزيع الطاقة الكهربائية في منشآت الرعاية الصحية. كما يتطرق الفصل إلى أنظمة الطاقة المعزولة التي تُستخدم في بعض المنشآت. يُقدم هذا الفصل المبادئ الأساسية جنباً إلى جنب مع قائمة بالمراجع للمزيد من الدراسة.

الطاقة الكهربائية العادية

Normal Electrical Power

تعتمد رعاية المرضى بشكلٍ متزايد على التكنولوجيات الطبية ذات الأجهزة المُدمجة. لقد نمى مستوى التطور وعدد المنتجات كما نمت الأهمية النسبية لأجهزة طبية مما وضع المزيد من المطالب على أنظمة الطاقة الكهربائية. لم تنحصر هذه المطالب فقط على سعة ومقدرة الطاقة بل شملت أيضاً شروط نوعية الطاقة والسلامة التشغيلية. يقوم نظام الطاقة الكهربائية العادي في منشآت الرعاية الصحية بتوزيع الكهرباء التي تقدمها شركة المرافق الكهربائية المشتركة. وعلى الرغم من أن شركة المرافق قد تعطي قدر محدود من الاعتبار الخاص بمنشآت الرعاية الصحية، إلا أن نظام الطاقة الكهربائية العادية سوف يخضع على العموم لنفس قضايا النوعية والموثوقية التي تؤثر على المجتمع الأكبر.

يقوم المهندس الكهربائي المؤهل بالتعاون مع المهندس المعماري للمشروع بتصميم أنظمة الطاقة الكهربائية لمشاريع البناء والتجديد. يتمثل الدور الأساسي للمهندس الإكلينيكي في تصميم النظام في توفير المعلومات عن الاحتياجات الكهربائية للأجهزة الطبية التي سيتم استخدامها في المنشأة. تشمل الاعتبارات الأساسية عند تحديد المتطلبات الكهربائية للأجهزة الطبية على متطلبات الجهد الكهربائي والتيار الكهربائي لكل جهاز. تُعتبر هذه المسألة بسيطة نسبياً للأجهزة المحمولة الصغيرة ولكن من المهم بصفة خاصة تحديد هذه المتطلبات للأجهزة الطبية ذات المتطلبات الأكثر صعوبةً مثل أنظمة تجهيزات التصوير.

قد تبدو عملية تحديد عدد وموقع المآخذ الكهربائية في مشروع البناء مسألة ثانوية. إلا أن عدد المآخذ هو أمر بالغ الأهمية لكي يستوعب ليس فقط الأجهزة الطبية المستخدمة اليوم ولكن أيضاً عدد الأجهزة التي سيتم استخدامها في المستقبل. يجب أن يكون موقع المآخذ متناسق مع الممارسة الإكلينيكية وداعم لها. تتوفر المبادئ التوجيهية التي تُساعد المخططين على تحديد عدد ومكان المآخذ الكهربائية في (AIA، ٢٠٠١).

تشمل الاعتبارات الأخرى على متطلبات الجودة والموثوقية للطاقة الكهربائية. تتعلق جودة الطاقة بعوامل مثل استقرار الجهد والحد من الحالات الشاذة مثل النبضات الحادة والارتفاع المفاجئ بشدة التيار وانقطاع الطاقة والضجيج وتشوه شكل الموجة. يمكن أن تكون جودة الطاقة حرجة بصفة خاصة لبعض أجهزة التحليل والتصوير وقد يكون من المطلوب إجراء فحوص واسعة النطاق قبل تركيب الأجهزة لتحديد الخطوات اللازمة لضمان الجودة الكافية. سوف يتم تناول موثوقية الطاقة الكهربائية في الجزء التالي من هذا الفصل.

تم تناول صيانة أنظمة الطاقة الكهربائية في معايير بيئة الرعاية لإدارة أنظمة المرافق لـ JCAHO (اللجنة المشتركة لاعتماد منظمات الرعاية الصحية) (JCAHO، ٢٠٠٢). تُقدم المنشورات الصادرة عن الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA، ٢٠٠٢b) وكلية أخصائيي علم الأمراض الأمريكية (CAP، ٢٠٠٢) إرشادات إضافية حول صيانة أنظمة المختبرات الطبية.

الطاقة الكهربائية في حالات الطوارئ
Emergency Electrical Power

تُـصمم أنظمـة الطاقـة الكهربائيـة في حـالات الطـوارئ لتـوفير الطاقـة للأجهـزة والأنظمـة الحرجـة عنـدما لا تتـوفر الطاقـة الكهربائيـة مـن شـركة المرافـق المـشتركة. مـن أجـل تحقيـق هـذا الهـدف فـإن نظـام الطاقـة في حالـة الطـوارئ يتـألف مـن مـصدر بـديل للطاقـة ووسـيلة لتوزيـع الكهربـاء مـن هـذا المـصدر إلى الأجهـزة والأنظمة الحرجة.

إن تحديد الأجهزة والأنظمة الحرجة التي يجب أن تحصل على الطاقة في حالات الطوارئ هو وظيفة تصميمية مهمة للهندسة الإكلينيكية. تتراوح القائمة الشاملة للأجهزة والأنظمة الحرجة من التجهيزات الداعمة للحياة (مثل أجهزة التنفس) إلى أنظمة المرافق الأساسية (مثل ضواغط الهواء الطبي) وأنظمة السلامة والطوارئ (مثل إنارة مسارات الخروج). تُقدم معايير بيئة الرعاية التي أعدتها JCAHO (JCAHO، ٢٠٠٢) قائمة بالحد الأدنى من وظائف ومناطق الطوارئ التي يجب أن تندرج في هذه القائمة (Standard EC.1.7.1). ورغم ذلك فإن عملية وضع قائمة شاملة هي عملية متعددة التخصصات تدمج وجهات النظر الإكلينيكية والتقنية.

تقوم وحدة تغذية الطاقة غير القابلة للانقطاع (UPS) التي تعمل على البطارية المحلية في بعض الحالات بحماية الجهاز الحرج. ومع ذلك فإن معايير الـ NFPA (NFPA، ٢٠٠٢a و NFPA، ٢٠٠٢b) تتطلب أن توفر بعض منشآت الرعاية الصحية بما في ذلك المستشفيات نظام طاقة أساسي يشمل على مصدر مركزي للطاقة ونظام توزيع يُحقق معايير تصميم صارمة (NFPA، ٢٠٠٢c).

وعلى الرغم من أن بعض منشآت الرعاية الصحية تدرس مصادر الطاقة ذات الطابع الأكثر غرابةً مثل أنظمة الطاقة الحركية والأنظمة التي تعمل بخلايا الوقود وأنظمة المولدات ذات المحركات التوربينية الغازية، فإن مصدر الطاقة المُستخدم في معظم الحالات هو مجموعة المولدات ذات المحرك الترددي الذي يعمل بوقود الديزل. عندما تنقطع الطاقة الكهربائية من شركة المرافق المشتركة فإن مجموعة المولد والمحرك تُقلع تلقائياً. ما إن يستقر جهد وتردد المولد على المستوى المناسب (عموماً في غضون بضع ثوان) حتى يقوم مفتاح تحويل تلقائي (ATS) بفصل جزء من نظام توزيع الطاقة الكهربائية للمنشأة عن خطوط شركة المرافق ووصله إلى مولد المنشأة.

تشمل قضايا التصميم الرئيسية لنظام الطاقة في حالات الطوارئ على ما يلي: (١) سعة مجموعة المحرك والمولد والمفاتيح الكهربائية المُرتبطة بها، (٢) اختيار الدوائر الكهربائية لنظام التوزيع في المنشأة التي سيتم تحويلها إلى المولدة. تعتمد هذه القضايا بدورها على عدد ومواقع الأجهزة والأنظمة التي تتطلب الطاقة في حالة الطوارئ وعلى المتطلبات الكهربائية لتلك الأجهزة والأنظمة. هذه هي المجالات التي تُعتبر فيها الهندسة الإكلينيكية مهمة ورئيسية في عملية تصميم المنشأة.

تشمل معايير بيئة الرعاية التي أعدتها JCAHO (JCAHO، ٢٠٠٢) على المتطلبات التفصيلية لاختبار وصيانة أنظمة الطاقة الكهربائية في حالات الطوارئ (Standards EC.2.10.4 و EC2.10.4.1). كما تم تناول متطلبات الصيانة في منشورات NFPA (NFPA، ٢٠٠٢c). لا يزال الاختبار الشهري لمجموعة المحرك والمولد والمفاتيح الكهربائية المرتبطة بها في قلب برنامج الصيانة. عند استخدام المفتاح الكهربائي المفتوح فإنه بحدث انقطاع في الطاقة لفترة وجيزة عند تحويل دارات حالة الطوارئ من شركة المرافق المشتركة إلى المولد وبالعطس (في نهاية فترة الاختبار). يُلغي المفتاح الكهربائي المُغلق هذا الانقطاع في الطاقة ويفضَّل في المنشآت الجديدة.

كما تتناول معايير بيئة الرعاية لـ JCAHO (JCAHO، ٢٠٠٢) أنظمة الطاقة الكهربائية في حالات الطوارئ بوصفها جزءاً من خطة إدارة الطوارئ في المنشأة (Standard EC.1.4) والبرنامج التعليمي (Standard EC.2.8). يحتاج الكادر الإكلينيكي إلى معرفة ما يجب عمله في حالة حدوث خللٍ ما في النظام الكهربائي. في السيناريو الأكثر احتمالاً، تُفقد الطاقة في الدارات العادية لكنها تستمر (مع بضع ثوان من التأخير) في دوائر الطوارئ. من المهم في هذا السيناريو أن يكون من السهل تحديد دارات الطوارئ وبشكلٍ دائم في جميع أنحاء المنشأة. عادة ما يتم تحديد هذه الدوائر بمآخذ حمراء و/أو لوحات أغطية. في السيناريو الأخطر، يحدث الانقطاع الكامل للطاقة الكهربائية في كامل المنشأة أو في جزء منها (عندما لا تتوفر الطاقة لا من شركة المرافق المشتركة ولا من مصدر طاقة الطوارئ). من الأهمية بمكان في هذا السيناريو وجود الإجراءات والتجهيزات اليدوية من أجل توفير الرعاية للمرضى. يجب أن يكون التخطيط لأي سيناريو من هذه السيناريوهات متعدد التخصصات وينبغي أن يشمل على وجهات نظر إكلينيكية وتقنية.

أنظمة الطاقة المعزولة

Isolated Power Systems

إن نظام الطاقة المعزولة (IPS) هو عبارة عن نظام توزيع طاقة ثلاثي الأسلاك مع موصل أرضي واحد واثنان من موصلات الطاقة المعزولين عن الأرضي. لا يتدفق أي التيار في نظام الـ IPS المثالي في التوصيل من أي من موصلي الطاقة إلى موصل الأرضي. أما في نظام الـ IPS الحقيقي، فيتحدد احتمال تدفق التيار من أي من موصلي الطاقة إلى موصل الأرضي بالتصميم كما تتم مراقبته باستمرار من أجل التدهور.

وضعت أنظمة الطاقة الكهربائية المعزولة كوسيلة للحد من مخاطر الانفجار في أماكن التخدير التي تحتوي على مواد تخدير قابلة للاشتعال. بالتزامن مع الأرضيات الموصلة ومن أجل تقليل تراكم الشحنات الساكنة والمآخذ الكهربائية المقاومة للانفجار بهدف منع الانفجارات، فقد خفضت أنظمة الطاقة المعزولة من احتمال الشرارات الكهربائية التي قد تؤدي إلى اشتعال الأبخرة المتفجرة. مع انتشار استخدام المواد المخدرة غير قابل للاشتعال في ممارسة التخدير الحالية فقد أصبح الأساس المنطقي للطاقة المعزولة ذا أهمية تاريخية في المقام الأول.

يُعمَل بأنظمة الطاقة الكهربائية المعزولة في الإعدادات التي يوفر فيها الحد من التيار الكهربائي إجراءً مهماً في السلامة. تتطلب معايير NFPA (NFPA، ٢٠٠٢b) من منشآت الرعاية الصحية أن تُحدد "المواقع المبللة" التي يجب فيها ضبط احتمال تيارات الأرضي. تُعرِّف هذه المعايير "المواقع المبللة" على النحو التالي: منطقة رعاية المريض التي عادة ما تخضع لظروف رطبة في وجود المرضى بما في ذلك السوائل غير المستخدمة والمتواجدة على الأرض أو السوائل المُبلِلة لمنطقة العمل، أيهما أساسي للمريض أو للكادر (Section 3.3.179). لا ينطبق تعريف المكان الرطب على إجراءات التنظيف الروتينية ولا على الانسكاب العرضي للسوائل (Section 3.3.179).

تُحدد العديد من المستشفيات غرف المعالجة المائية على أنها أماكن رطبة. إلا أنه من المثير للجدل الكبير أن بعض المستشفيات (لا سيما في مستشفيات إدارة المحاربين القدامى) تُحدد غرف العمليات على أنها أماكن رطبة.

تتطلب معاير NFPA استخدام الأجهزة اللازمة للحد من احتمالات تدفق التيار إلى الأرضي في الأماكن التي حددتها منشأة الرعاية الصحية على أنها أماكن رطبة. يكمن أحد الخيارات في استخدام قواطع دارة خطأ الأرضي (GFCI). ومع ذلك، باعتبار أن الـ GFCI تقطع الطاقة عندما تكشف مرور تيار مفرط إلى الأرض فيمكن استخدامها فقط في المناطق التي يكون فيها انقطاع الطاقة مقبولاً. على سبيل المثال، يمكن للمستشفى التي حددت غرف المعالجة المائية على أنها أماكن رطبة أن تُركب قواطع GFCI لحماية المرضى والكادر لأنها قررت أن انقطاع التيار الكهربائي في هذه المنطقة أمرٌ مقبول.

من الواضح من ناحيةٍ أخرى أن انقطاع التيار الكهربائي في غرفة العمليات هو أمرٌ غير مقبول. إذا حددت منشأة الرعاية الصحية غرف عملياتها على أنها أماكن رطبة عندئذ فإن استخدام قواطع الـ GFCI سوف لن يكون مناسباً حيث يكون من المطلوب استخدام نظام الطاقة المعزولة. لذا فمن المهم إجراء دراسة حذرة لتحديد فيما إذا كان تعريف المنطقة الرطبة يُمثل ظروفاً فعلية داخل غرف العمليات.

إن مسألة تركيب أو عدم تركيب نظام طاقة معزولة هي قضية تصميمية حرجة وهو القرار الأساسي في بناء غرف العمليات الجديدة. قد ترغب المنشأة في إجراء تقييم للمخاطر لتحديد ما إذا كانت تكاليف التركيب وتكاليف الصيانة وتعقيدات التشغيل للكادر الإكلينيكي والتقني المرتبط بنظام الطاقة المعزولة سوف تؤدي إلى فائدة صافية من حيث سلامة المرضى والكادر. تشمل صيانة نظام الطاقة المعزولة على اختبارات دورية للتأكد من أن المستوى الفعلي للعزل يفي بالمعايير المناسبة وأن أجهزة مراقبة عزل الخطوط (LIMs) تعمل بشكلٍ صحيح. من المهم بالنسبة للكادر الإكلينيكي (مثل كادر غرفة العمليات) وللكادر التقني (مثل كادر الهندسة الإكلينيكية) أن يفهموا عمل أنظمة الطاقة الكهربائية المعزولة. من المهم على وجه الخصوص وضع سياسات وإجراءات لاستجابة الكادر لإنذارات الـ LIM.

الموجز

Summary

ينبغي على المهندسين الإكلينيكيين أن يقوموا بدور نشط في أعمال تصميم منشآت الرعاية الصحية بما في ذلك المساهمة في تصميم أنظمة الطاقة الكهربائية. كما ينبغي عليهم أن يعتمدوا رؤية واسعة لأدوارهم كما ينبغي عليهم تطبيق خبراتهم على كامل نطاق الأنظمة التكنولوجية التي تدعم رعاية المرضى.

المراجع

References

American Institute of Architects. Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities. Washington, DC, American Institute of Architects, 2001.

American Society for Health care Engineering. Electrical Standards Compendium. Chicago, American Society for Health care Engineering, 1999.

College of American Pathologists. Standards for Laboratory Accreditation. Northfield, IL, College of American Pathologists, 2002.

Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations. Comprehensive Accreditation Manual for Hospitals. Oakbrook Terrace, IL, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 2002.

National Fire Protection Association. Emergency and Standby Power Systems (NFPA 110). Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2002.

National Fire Protection Association. Health Care Facilities (NFPA 99). Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2002.

National Fire Protection Association. National Electrical Code (NFPA 70). Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2002.