جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الطاقة الكهربائية

إدارة أحمال شبكة التوزيع ذات المشاركة الكبيرة لمصادر التوليد الكهروضوئية الموزَّعة
Loads Management of Distribution Network with High penetration of Distributed Photovoltaic Generation Sources

إعداد المهندس محمد تميم
إشراف الدكتور المهندس علي السيد

الملخص

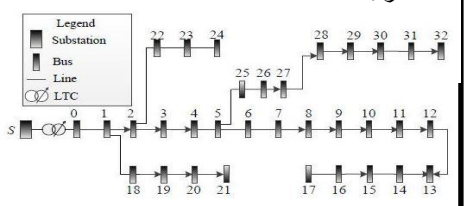
نظرًا إلى خاصية الطاقة النظيفة، فقد تزايد استخدام الطاقة الكهروضوئية تزايداً كبيراً في جميع أنحاء العالم. المشاركة الكبيرة لمصادر الطاقة الكهروضوئية يخلق تحديات تقنية في مسائل التوتر، التوافقيات، حماية الشبكة وما إلى ذلك. يسعى البحث للتقليل من هذه الآثار الفنية ولاسيما مشكلة ارتفاع التوتر. الغرض الرئيسي من العمل المقترح هو حل مسائل تغير سويّة التوتر في شبكات التوزيع مع دمج الخلايا الكهروضوئية فيها ولاسيما مشكلة ارتفاع التوتر. ستُدرَس مشاكل ارتفاع التوتر في شبكة التوزيع ذات السعة الكهروضوئية بأحجام مختلفة تحت مستويات تحميل مختلفة. ستُنفَّذ جميع عمليات المحاكاة باستخدام برنامج Opendss على أنظمة اختبار IEEE. وبالنتيجة سيتم إيجاد طرائق تحكم آمنة لتوليد الاستطاعة الفعّالة من النظم الكهروضوئية وحقنها بشبكة التوزيع دون حدوث أي تجاوزات للحد الأعلى للتوتر المحدد مسبقاً في ظل الأوضاع المتغيرة و الطارئة التي يمكن أن تطرأ على شبكة التوزيع، إيجاد آلية لإدارة الأحمال في شبكة التوزيع تحت نسب اختراق مختلفة للمصادر الكهروضوئية مع منع حصول مشاكل ارتفاع التوتر وتحقيق أعظم حمولة ممكنة، فضلاً عن تقديم جداول تشغيل زمنية لإدارة الحمل في يوم كامل لكل من فصلي الصيف والشتاء.

الدراسة النظرية

تضمنت الدراسة النظرية ما يلي:
1- دراسة مشكلة ارتفاع التوتر وأثرها في شبكات التوزيع مع الاختراق العالي (المشاركة الكبيرة) لنظم التوليد الكهروضوئية الموزعة، حيث تم عرض النقاط التالية: مقدمة عن المصادر الكهروضوئية الموزَّعة وآثارها، خصوصاً ارتفاع التوتر مع وجود نظم توليد كهروضوئية موزعة، أثر منهجية إدارة الأحمال في معالجة ارتفاع التوتر وطرق الحصول على الاستطاعة الأعظمية لمصادر التوليد الكهروضوئية. 2- دراسة أثر حقن استطاعة فعلية لتحسين مستوى التوتر في شبكات التوزيع ذات الاختراق العالي (ذات المشاركة الكبيرة) لنظم التوليد الكهروضوئية الموزَّعة، وتضمّن: نظرة عامة على طرق الحفاظ على مستوى التوتر في شبكات التوزيع المثبَّت فيها نظم التوليد الموزّع، بالإضافة إلى تمهيد عن الطريقة المدروسة. كما شمل التحكم الآمن بالاستطاعة الفعّالة والتحكم بالاستطاعة الضائعة. 3- بناء خوارزمية لإدارة الأحمال الكهربائية في شبكة التوزيع بنسبة اختراق عالية (ذات المشاركة الكبيرة) لنظم التوليد الكهروضوئية الموزعة، وقُدِّم فيه التالي: مقدمة عامة عن إدارة الأحمال ومناهجها والمنهجية المتبعة في بناء الخوارزمية وصياغة تطبيقها على مرحلتان مع عرض النتائج التي تم التوصّل إليها.

الدراسة التطبيقية

تضمنت الدراسة التطبيقية دراسة حالات على نظام توزيع (اختبار) 33 باسبار، وشملت الآتي:
1- طرق الحصول على الاستطاعة الأعظمية لمصادر التوليد الكهروضوئية بما فيها: تحليل الحساسية والحد الأقصى من حقن الطاقة الكهروضوئية حيث تم دراسة حالة على نظام اختبار مع ذكر النتائج التي تم التوصل إليها. 2- دراسة أثر حقن استطاعة فعلية لتحسين مستوى التوتر في شبكات التوزيع ذات الاختراق العالي (ذات المشاركة الكبيرة) لنظم التوليد الكهروضوئية الموزَّعة، وشملت مايلي: الإشعاع الشمسي المنتظم، الإشعاع الشمسي المتنوع، تأثير تغيير بنية الشبكة والتحكم الشمولي (COC). 3- بناء خوارزمية لإدارة الأحمال وتطبيقها على أحمال شبكة التوزيع المختارة وجدولة النتائج، حيث تم دراسة حالة كالآتي: حمل منزلي خلال يوم كامل صيفاً وحمل منزلي خلال يوم كامل شتاءً، وتم إعداد جداول تنظيم فترات العمل للأحمال الكهربائية ضمن شبكة التوزيع المختارة.



الشكل. نظام اختبار 33 باسبار

النتائج والتوصيات

1- تحقيق أعظم حقن ممكن من المصادر الكهروضوئية الموزعة دون التسبب بمشاكل ارتفاع التوتر.
2- إيجاد طرائق تحكم آمنة لتوليد الاستطاعة الفعّالة من النظم الكهروضوئية وحقنها بشبكة التوزيع دون حدوث أي تجاوزات للحد الأعلى للتوتر المحدد مسبقاً في ظل الأوضاع المتغيرة و الطارئة التي يمكن أن تطرأ على شبكة التوزيع.
3- إيجاد آلية لإدارة الأحمال في شبكة التوزيع تحت نسب اختراق مختلفة للمصادر الكهروضوئية مع منع حصول مشاكل ارتفاع التوتر و تحقيق أعظم حمولة ممكنة، فضلاً عن تقديم جداول تشغيل زمنية لإدارة الحمل في يوم كامل لكل من فصلي الصيف والشتاء.

- سيظل البحث المستقبلي يركّز على:
  1) مصدر الطاقة وإدارة الحمل لتجنب مشاكل ارتفاع التوتر وانخفاضه في شبكات التوزيع.
  2) الحجم و التموضع الأمثل للمصادر الكهروضوئية الموزعة للتخفيف من مشاكل ارتفاع التوتر المحتملة بسبب الاختراق العالي لأنظمة الطاقة الكهروضوئية.

المراجع

[1] T. T. Hashim, A. Mohamed, and H. Shareef, "A review on voltage control methods for active distribution networks," Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), vol. 88, 2012.
[2] R. Tonkoski, L. A. Lopes, and T. H. El-Fouly, "Coordinated active power curtailment of grid connected PV inverters for overvoltage prevention, IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 2, pp. 139-147, 2011.
[3] H. M. Ayres, W. Freitas, M. C. de Almeida, and L. C. da Silva, "Method for determining the maximum allowable penetration level of distributed generation without steady-state voltage violations," Generation, Transmission & Distribution, IET, vol. 4, pp. 495-508, 2010.
[4] J. Smith, W. Sunderman, R. Dugan, and B. Seal, "Smart inverter volt/var control functions for high penetration of PV on distribution systems," in Power Systems Conference and Exposition (PSCE), 2011 IEEE/PES, 2011, pp.1-6.
[5] S. Alyami, Y. Wang, C. Wang, J. Zhao, and B. Zhao, "Adaptive real power capping method for fair overvoltage regulation of distribution networks with high penetration of pv systems," 2014.