

1. Kryukov N.P. Air cooling units. - М.: Chimiya, 1983. - 168.
2. Pismeniy E.N. Heat Transfer and Aerodynamics package cross-finned tubes / EN Writing - Kiev: Alterpres, 2004. - 244 p.
3. Pismeniy E.N. Calculation of convective cross-finned heating surfaces / Pismeniy E.N. - Kiev: Alterpres. - 2003. - 184 p.
4. Nowitski P.I., Zograph I.A. Estimation errors of measurement results. 2nd ed., Rev. and add. - L.: Energoatomizdat. Leningrad. Dep-of, 1991. - 304 p. : Ill.
5. Standard 8.207-76. State system for ensuring the uniformity of measurements. Direct measurements with multiple observations. Methods of processing of the results of observations.
6. Isachenko V.P., Osipova V. A., Sukomel A. S. Heat transfer: Textbook for universities - 4th ed., Rev. and add. - М.: Energoizdat, 1981. - 416 p.
7. Vargaftik N.B. Handbook on heat-transfer properties of gases and liquids. - М.: Nauka, 1972 - 720 p.
8. Thermal design of boiler (Standard method). 3rd edition, revised and enlarged. Publisher NGOs CKTI, St. Petersburg, 1998. - 256 p.

УДК 66.045.5

**В.А. Рогачов**, канд. техн. наук, доцент; **О.В. Семеняко**  
**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»**  
**Р.О. Лазоренко; Р.М. Серета; В.П. Парафейник**, д-р техн. наук  
**ПАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе»**

### **ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ АПАРАТУ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПУ**

*Представлені результати теплових випробувань секції апарату повітряного охолодження, теплообмінна поверхня якого складається з шахового пакету біметалічних ребристих труб. Викладена методика досліджень, дано опис експериментального стенду, наведені похибки вимірювань. Підтверджені працездатність випробувального стенду та достовірність експериментальних даних, отриманих на ньому. Запропоновано використовувати стенд для досліджень апаратів повітряного охолодження з іншими типами та профілями ребристих труб.*

**Ключові слова:** теплові випробування, апарат повітряного охолодження, біметалічна оребрена труба, теплообмінна поверхня

Надійшла 03.12.2014

Received 03.12.2014

УДК 614.8; 621.3

**С.В. Казанський**, канд. техн. наук, доцент; **В.В. Мальцев**  
**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»**

### **3D-МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

*Розглянуто чинні вітчизняні та європейські нормативи з улаштування блискавкозахисту. Проведено порівняльний аналіз особливостей застосування програм автоматизованого проектування блискавкозахисту. Наведено послідовність 3D-моделювання систем блискавкозахисту об'єктів електричних мереж.*

*Мета дослідження:* підвищення надійності експлуатації об'єктів електричних мереж за рахунок впровадження ефективних систем блискавкозахисту.

*Методика реалізації:* запровадження новітніх алгоритмів та програм автоматизованого 3D-моделювання систем блискавкозахисту об'єктів електричних мереж, зокрема знижувальних підстанцій.

*Результати дослідження:* проаналізовано основні положення чинних українських та європейських нормативів з улаштування блискавкозахисту; проведено порівняльний огляд сучасних систем автоматизованого проектування систем блискавкозахисту; досліджено перспективи впровадження 3D-моделювання систем блискавкозахисту об'єктів електричних мереж.

*Висновки:* показано, що впровадження сучасних алгоритмів та технологій 3D-моделювання

дозволяє істотно підвищити ефективність проектування систем блискавкозахисту та зменшити аварійність об'єктів електричних мереж, зокрема знижувальних підстанцій.

**Ключові слова:** електрична мережа, знижувальна підстанція, блискавкозахист, 3D-модельювання.

**Вступ.** Фахівцями ДП «НЕК «Укренерго» [1] зібрано та проаналізовано дані спостережень за грозовою діяльністю (кількість грозових днів і тривалість гроз в годинах) на 178 метеостанціях України за період з 1980 по 2010 рр. (30-річний період спостережень рекомендовано Всесвітньою метеорологічною організацією). Результати спостережень наведено на рис. 1.

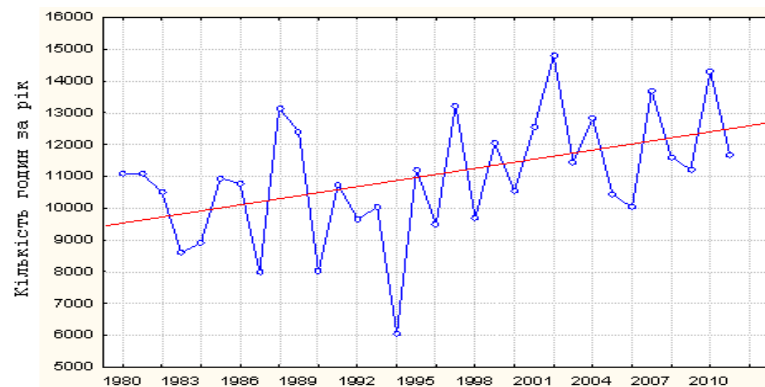


Рис. 1 Результати спостережень за грозовою діяльністю на 178 метеостанціях України

За результатами аналізу спостережень визначено, що за останні 30 років на території України спостерігається стійка тривала тенденція до зростання грозової активності; у середньому за рік спостерігається до 27 – 30 днів з грозою; абсолютний сумарний максимум тривалості гроз у годинах на території України спостерігався у 2002 р. і становив 14782 годин, а абсолютний мінімум – в 1994 р. і становив 6055 годин.

Отже, наведені вище дані свідчать про те, що сучасні відповідальні промислові і, зокрема, електроенергетичні об'єкти, мають бути надійно захищені від ударів блискавки.

**Постановка задачі.** Останнім часом все більш актуальною постає проблема підвищення ефективності систем блискавкозахисту об'єктів електричних мереж і, зокрема, знижувальних підстанцій, де стрімко більшає кількість надчутливої електронної апаратури контролю та керування. Проте, впровадженню таких інноваційних систем блискавкозахисту в Україні заважає певна нормативна неврегульованість та відсутність досвіду використання сучасних систем автоматизованого проектування блискавкозахисту об'єктів електричних мереж.

**Аналіз нормативної бази з блискавкозахисту.** Нормативи із влаштування блискавкозахисту використовуються більш ніж у 100 країнах світу. Завдяки унормованому захисту відповідних об'єктів ризик впливу грозових проявів знижується до мінімуму. І, тим не менше, нормативні документи постійно піддаються істотній модернізації, зумовленій появою нової інформації, результатів досліджень, розроблення нових способів захисту. Треба зазначити, що відповідні нормативи і стандарти з блискавкозахисту розробляються багатьма міжнародними організаціями, наприклад, Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК, IEC), Американським національним інститутом стандартизації (ANSI), Національним інститутом зі стандартизації та технології США (NIST), Інститутом інженерів з електротехніки та електроніки США (IEEE), Національною протипожежною асоціацією США (NFPA) та багатьма іншими.

Сьогодні Міжнародна Електротехнічна Комісія (Комітет ТК81 «Блискавкозахист») ставить за мету гармонізацію міжнародних і європейських нормативів у сфері блискавкозахисту. Комітетом переглянуто необхідні і достатні вимоги з урахуванням останніх досліджень у сфері вивчення дії блискавки та можливих наслідків, визначено найдієвіші способи і засоби захисту від блискавки. У 2010 р. видано оновлену редакцію стандарту МЕК 62305 [2 – 5], який містить такі частини:

- IEC 62305-1:2010 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (Protection against lightning. Part 1. General principles);
- IEC 62305-2:2010 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (Protection against lightning. Part 2. Risk management);
- IEC 62305-3:2010 Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд і небезпека для життя людей (Protection against lightning. Part 3. Physical damage to structures and life hazard);

• IEC 62305-4:2010 Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (Protection against lightning. Part 4. Electrical and electronic systems within structures).

Стандартом IEC 62305-2010 встановлено чотири рівні захисту (I – IV), для яких визначено максимальні і мінімальні параметри струму блискавки; встановлено ймовірності для обмежень параметрів струму блискавки; визначено захисні заходи щодо впливу блискавки, параметри струму якої знаходяться в межах діапазону, визначених відповідними рівнями блискавкозахисту.

Міжнародний стандарт IEC 62305-2010 прийнято до застосування в усіх країнах Євросоюзу, а також на території низки країн пострадянського простору.

В Україні свого часу було розроблено національний стандарт ДСТУ Б В.2.5-38:2008 [6], якому наказом Мінрегіонбуду було надано чинності з 1 січня 2009 р. Зміст цього ДСТУ викликав багато запитань у проектувальників та монтажників.

Наказом Мінекономрозвитку від 25 травня 2012 г. стандарту IEC 62305 було надано чинності в Україні з 1 серпня 2012 г. (ДСТУ EN 62305) «мовою оригіналу, без перекладу». Таким чином, сьогодні в Україні чинні два нормативних документа з улаштування блискавко захисту. Наразі деякі положення цих документів протирічать одне одному, що суттєво ускладнює застосування систем автоматизованого проектування блискавкозахисту.

**Системи автоматизованого проектування блискавкозахисту.** Програмне забезпечення сучасних систем проектування блискавкозахисту ґрунтується на вимогах нормативних документів залежно від країни використання програми чи її окремої локалізації і містить велику кількість розрахунків для визначення параметрів системи захисту від прямих ударів блискавки, при цьому похибки у розрахунках можуть значною мірою впливати на визначені зони блискавкозахисту. Тому останнім часом провідні європейські розробники значну увагу приділяють впровадженню систем автоматизованого проектування блискавкозахисту. Розглянемо докладніше деякі з найпоширеніших систем автоматизованого проектування блискавкозахисту.

Програмний комплекс DEHNsupport Toolbox компанії DEHN містить такі складові:

- DEHN Risk Tool – аналіз потенційного ризику для будівельної споруди із визначенням економічно оптимальних заходів з огляду на наявні особливості споруди та умови її експлуатації;
- DEHN Distance Tool – розрахунок безпечної відстані із тривимірним моделюванням зон блискавкозахисту;
- DEHN Air-Termination Tool – визначення довжини блискавкоприймальних стрижнів залежно від категорії системи блискавкозахисту;
- DEHN Earthing Tool – розрахунок довжини заземлювачів з огляду на тип заземлювального стрижня і питомий опір ґрунту.

Програмний комплекс DEHNsupport Toolbox набув загальноєвропейського визнання завдяки найточнішим та найактуальнішим методикам розрахунку систем блискавкозахисту з урахуванням вимог чинних європейських стандартів, дозволяє оцінювати ризик ураження блискавкою об'єкта, людей, які перебувають на об'єкті, а також устаткованого обладнання. Для цього проектувальнику достатньо ввести інформацію про будівлю (розміри, розташування відносно інших споруд, наявність або відсутність системи зовнішнього блискавкозахисту), характеристики вхідних ліній і комунікацій та вибрати відповідні чинники ризику. Вибираючи різні заходи з блискавкозахисту, можна домогтися того, щоб сумарний ризик був меншим від допустимого для споруди.

Програмний комплекс «Model Studio CS Блискавкозахист» компанії CSoft призначено для розрахунку і інтерактивного 3D-проектування блискавкозахисту будівель, споруд і відкритих територій. Комплекс дозволяє створювати тривимірні моделі об'єкта, що вимагає блискавкозахисту, а також проводити автоматизований розрахунок зон блискавкозахисту.

У комплекс вбудовано базу даних обладнання, виробів і матеріалів. База даних може працювати як у локальному режимі на робочому місці користувача, так і в режимі загального доступу на сервері. Оновлення бази здійснюється через інтернет шляхом підключення до сервера розробника, де користувач може вибрати необхідне або нове обладнання і скопіювати його на сервер своєї проектної організації.

Програмою «Model Studio CS Блискавкозахист» передбачено можливість 3D-проектування і розрахунку елементів блискавкозахисту. У разі розміщення блискавкоприймача, взятого з бази даних або створеного за допомогою спеціалізованої програми, зона блискавкозахисту автоматично будується за правилами, сформульованими у відповідних національних нормативних документах із побудови блискавкозахисту.

Змінити методику розрахунку (тобто перебудувати зону блискавко захисту) можна на будь-якому етапі. При додаванні другого і наступних стрижневих блискавкоприймачів програмний комплекс самостійно визначає тип взаємодії між ними, тобто будує зони для одиночного, подвійного або багатотижневого блискавкоприймачів. Аналогічне рішення можливо і щодо тросових

блискавкоприймачів: розрахунок і побудова зон здійснюється для одиночного, подвійного або замкнутого тросового блискавкоприймачів. Виконується також розрахунок стріли провисання троса, зважаючи на його механічні характеристики та умови грозового та ожеледно-вітрового режимів для конкретної місцевості.

**Побудова 3D-моделі зон блискавкозахисту.** Розглянемо послідовність моделювання блискавкозахисту з використанням програмного пакету «Model Studio CS Блискавкозахист» на прикладі відкритого розподільного пристрою знижувальної підстанції з вищою напругою 110 кВ. Заходи ПЛ виконуються на сталеві портали з блискавковідводами, а блискавкозахисний трос спрямовується з тросостійки опори на дві тросостійки коміркових порталів розподільного пристрою. Для об'ємного відображення побудованих зон блискавкозахисту необхідно переключити режим побудови моделі в стан «Установить 3D-режим модели», після чого, використовуючи спеціальні засоби програмного комплексу «Создать узел», моделюються відповідні вузли та інші елементи блискавкозахисту. У результаті побудови вузлів створюються зони блискавкозахисту відповідно до місця розташування вузла та обраної методики розрахунку, яка відповідає національним стандартам. Аналогічно за допомогою команди «Создать трос» моделюються зони блискавкозахисту захисних тросів. Приклад моделювання зон блискавкозахисту елементів розподільного пристрою знижувальної підстанції наведено на рис. 2.

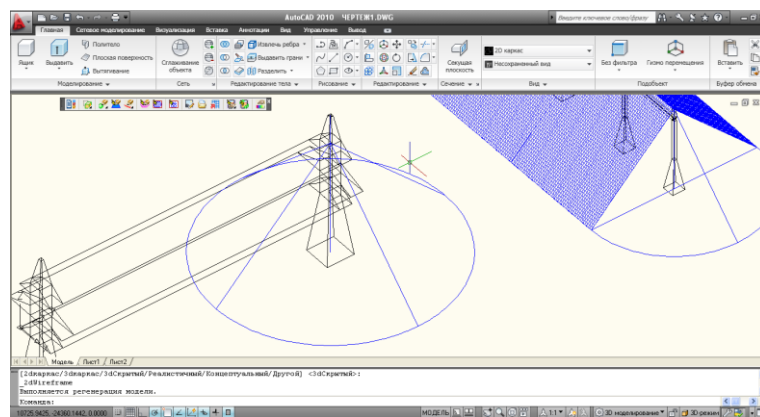


Рис. 2 Приклад 3D-моделювання зон блискавкозахисту елементів розподільного пристрою знижувальної підстанції

Тривимірну модель побудованої зони блискавкозахисту фрагменту розподільного пристрою наведено на рис. 3.

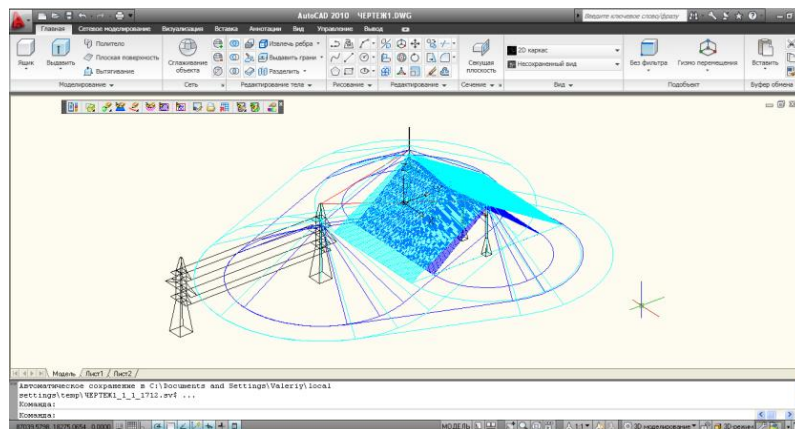


Рис. 3 Тривимірна модель побудованої зони блискавкозахисту фрагменту розподільного пристрою

За допомогою використання індивідуальних налаштувань програми є можливість заміни елементів блискавкозахисту на будь-якому етапі проектування.

Приклад тривимірного зображення зони блискавкозахисту знижувальної підстанції, побудованої за допомогою програмного комплексу «Model Studio CS. Открытое распределительное устройство», наведено на рис. 4.

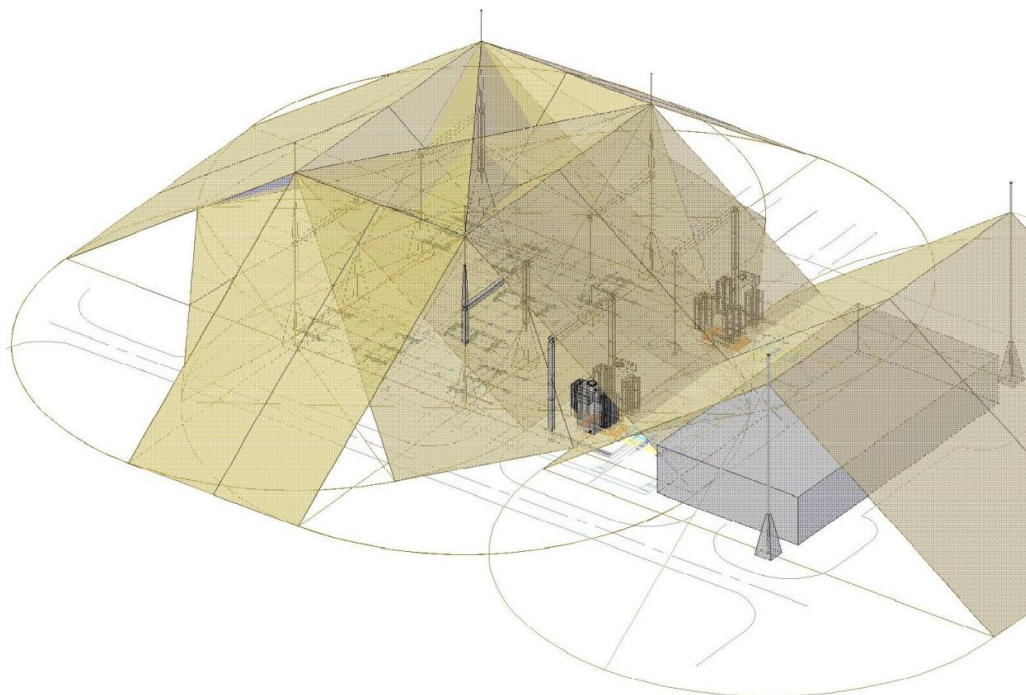


Рис. 4 Тривимірний модель побудованої зони блискавкозахисту знижувальної підстанції

**Висновки.** Досліджено сучасну національну та європейську нормативні бази щодо проектування систем блискавкозахисту. Проаналізовано доцільність впровадження сучасних алгоритмів та технологій 3D-моделювання. Показано, що зазначені технології дозволяють істотно підвищити ефективність проектування систем блискавкозахисту та зменшити аварійність об'єктів електричних мереж, зокрема знижувальних підстанцій.

#### Список літератури

1. Сучасні системи блискавкозахисту об'єктів електричних мереж // Електропанорама, № 7–12, 2013.
2. IEC 62305-1:2010 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (Protection against lightning. Part 1. General principles).
3. IEC 62305-2:2010 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (Protection against lightning. Part 2. Risk management).
4. IEC 62305-3:2010 Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд і небезпека для життя людей (Protection against lightning. Part 3. Physical damage to structures and life hazard).
5. IEC 62305-4:2010 Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (Protection against lightning. Part 4. Electrical and electronic systems within structures).
6. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IEC 62305:2006 NEC). Увед. 01.01.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.

**S. Kazanskiy, V. Maltsev**

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»**

#### **3D-MODELING OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS OF ELECTRICAL NETWORK**

*Reviewed existing national and European standards for lightning protection. A comparative analysis of the characteristics of application programs aided design of lightning protection. Shows the sequence of 3D-modeling of lightning protection systems of the electric network.*

*Objective: increasing the reliability of operation of electrical networks through the introduction of effective lightning protection systems.*

*Method of implementation: the introduction of advanced algorithms and software of the automated 3D-modeling of lightning protection systems of the electric network, in particular step-down substations.*

*Results of the study: analyzed the main provisions of the existing Ukrainian and European standards for lightning protection; a comparative overview of modern computer-aided design of lightning protection systems; investigated the prospects of introduction of 3D-modeling of lightning protection systems of the electric network.*

*Conclusions: shown that the introduction of modern technologies and algorithms of 3D-modeling can significantly improve promises more effective design of lightning protection systems and emergency facilities has decreased in numbers of electrical networks, in particular the step-down substations.*

**Key words:** electric network, down substation, lightning protection, 3D-modeling.

1. Advanced lightning protection systems of the electric network. // Electropanorama. –2013, № 7–12.
2. IEC 62305-1:2010 Protection against lightning. Part 1. General principles.
3. IEC 62305-2:2010 Protection against lightning. Part 2. Risk management.
4. IEC 62305-3:2010 Protection against lightning. Part 3. Physical damage to structures and life hazard.
5. IEC 62305-4:2010 Protection against lightning. Part 4. Electrical and electronic systems within structures.
6. DSTU Б В.2.5-38:2008 (IEC 62305:2006) Protection against lightning – К.: Minregionbud of Ukraine, 2008.

УДК 614.8; 621.3

**С.В. Казанский**, канд. техн. наук, доцент; **В.В. Мальцев**  
**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ**  
**ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

*Рассмотрены действующие отечественные и европейские нормативы по устройству молниезащиты. Проведен сравнительный анализ особенностей применения программ автоматизированного проектирования молниезащиты. Приведена последовательность 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей.*

*Цель исследования: повышение надежности эксплуатации объектов электрических сетей за счет внедрения эффективных систем молниезащиты.*

*Методика реализации: внедрение передовых алгоритмов и программ автоматизированного 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей, в частности понизительных подстанций.*

*Результаты исследования: проанализированы основные положения действующих украинских и европейских нормативов по устройству молниезащиты; проведен сравнительный обзор современных систем автоматизированного проектирования систем молниезащиты; исследованы перспективы внедрения 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей.*

*Выводы: показано, что внедрение современных алгоритмов и технологий 3D-моделирования позволяет значительно повысить эффективность проектирования систем молниезащиты и уменьшить аварийность объектов электрических сетей, в частности понизительных подстанций.*

**Ключевые слова:** электрическая сеть, понизительная подстанция, молниезащита, 3D-моделирование.

Надійшла 22.11.2014

Received 22.11.2014

**Мохаммад Аль Шарари; В.Ф. Находов**, канд. техн. наук, доцент; **Ю.Н. Исаенко**  
**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

**ЭНЕРГЕТИКА ИОРДАНИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**  
**И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*Представлена схема электроэнергетической отрасли Иордании, дана характеристика основных энергетических компаний. Приведена структура использования традиционных видов топлива на электростанциях, генерации и потребления электрической энергии в стране. Рассмотрены суточные графики электрической нагрузки объединенной энергосистемы, а так же действующая система тарифов на электроэнергию в Иордании. Приведены прогноз развития энергетической отрасли страны, в том числе и в направлении расширения использования нетрадиционных и возобновляемых источников*

© Мохаммад Аль Шарари; Находов В.Ф., Исаенко Ю.Н., 2014