

## ექსპრესული სისტემები მნიშვნელობითი მნიშვნელობითი მნიშვნელობითი

რომან სამხარაძე, დავით ჩიქოვანი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

სტატიაში ენერგეტიკის ამოცანებისა და პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით გამოყენებული ექსპერტული სისტემებისადმი მიძღვნილი ლიტერატურის მიმოხილვისა და ანალიზის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ექსპერტული სისტემების გამოყენების ერთ-ერთი ძირითადი სფეროა ენერგოსისტემების ოპერატორი, ავარიული და ავარიის შემდგომი რეჟიმების მართვა. შედარებით ნაკლები ფურადება ეთმობა მათ გამოყენებას ენერგოსისტემების ნორმალური სადღელამისო რეჟიმების ეფექტური მართვისთვის. ამიტომ, ამ მიზნით ექსპერტული სისტემების შემუშავება და გამოყენება წარმოადგენს საკმაოდ პერსპექტიულ მიმართულებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ექსპერტული სისტემა. ენერგეტიკა. რეჟიმების მართვა. ავარიული რეჟიმები. პროგნოზი.

### 1. შესავალი

ჩვეულებრივ, ექსპერტული სისტემები გამოიყენება ენერგეტიკის იმ პრობლემების გადასაწყვეტად, რომლებისთვისაც არ არსებობს ფორმალური აღწერა [1,2]. ენერგეტიკაში არსებული პრობლემების გადასაწყვეტად აღარ არის ეფექტური არსებული კლასიკური მეთოდების გამოყენება [3,4]. ამიტომ უკანასკნელი 20-40 წელი ხასიათდება ენერგეტიკული პრობლემების გადასაწყვეტად ექსპერტული სისტემების ინტენსიური გამოყენებით.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ენერგოსისტემებში არსებული პრობლემების გადაწყვეტისათვის ექსპერტული სისტემების გამოყენებას შემდეგი ფაქტორები განაპირობებენ: სივრცული გადანაწილებადობა; გამოყენებული მოწყობილობებისა და პიდრო, თბო და ატომური ელექტროსადგურების დიდი მრავალფეროვნება; ავარიულ და ავარიის შემდეგ პერიოდებში ინფორმაციის ნაკლებობა და ა.შ. [5-7]. ენერგოსისტემების რეჟიმების მართვისას ექსპერტული სისტემების გამოყენება იძლევა: ავარიული რეჟიმების მართვის დროს სიტუაციის სწორი ანალიზისა და შესაბამისად, სწორი გადაწყვეტილებების მიღების საშუალებას; ავარიის შემდგომ პერიოდში ნორმალური რეჟიმის აღდგენის მიზნით კვალიფიციური ტექნოლოგების ცოდნის გამოყენების საშუალებას; მიღებული გადაწყვეტილებების ახსნისა და განმარტების საშუალებას, რაც თავის მხრივ, დამწყებ და გამოუცდელ ტექნოლოგებს აძლევს ცოდნისა და გამოცდილების მიღების საშუალებას და ა.შ.

რიგი შრომებისა [8-13] მიეძღვნა ენერგოსისტემების მართვაში ექსპერტული სისტემების გამოყენების აუცილებლობის დასაბუთებას. ჩამოყალიბებულია ექსპერტული სისტემების მიერ შესრულებული ფუნქციები: ენერგოსისტემების რეჟიმების დაგეგმვა და მართვა, მონაცემების შეგროვება და მათი ანალიზი, მოვლენების პროგნოზირება და ა.შ.

დიდი რაოდენობით ექსპერტული სისტემა იქნა შემუშავებული და გამოყენებული პიდრო, თბო და ატომური ელექტროსადგურების აგრეგატების დისპეტჩერების მართვაში [14]. ასეთი ექსპერტული სისტემების ცოდნის ბაზა შეიცავს კვალიფიციური დისპეტჩერების ცოდნას, რაც ძალზე ეხმარება დამწყებ და არაკვალიფიციურ დისპეტჩერებს სწორი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში.

ექსპერტული სისტემები წარმატებით გამოიყენება, აგრეთვე, ენერგეტიკულ ქსელებში ნაკადების გადაცემის მართვაში [15, 16]. მათი გამოყენების შედეგად შესაძლებელი ხდება ინფორმაციის სწრაფი დამუშავება, არაცხადი ინფორმაციის გამოყენება, პერსონალის მხრიდან

დაშვებული შეცდომების მინიმიზება და კვალიფიციური პერსონალის ცოდნის დაგროვება და გამოყენება.

დიდი ყურადღება ეთმობა ექსპერტული სისტემების შემუშავებისა და გამოყენების საკითხებს ენერგოსისტემებში ავარიების თავიდან აცილების, ავარიული რეჟიმებისა და ავარიების შემდგომი რეჟიმების მართვის საქმეში. ცნობილი პრობლემაა ავარიების შემდეგ ენერგოსისტემების ნორმალური რეჟიმების აღდგენა [17, 18]. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად შემუშავებულია რიგი ექსპერტული სისტემები. ისინი ასრულებენ მრჩევლის ფუნქციებს და ექმარებიან ენერგოსისტემის პერსონალს ავარიის შემდეგ ნორმალური რეჟიმის აღდგენის პროცესში.

დიდი ყურადღება ეთმობა ექსპერტული სისტემების შემუშავებას ავარიის შემდეგ მაგისტრალური ქსელების ნორმალური ფუნქციონირების აღდგენისათვის [12, 19]. ამ დროს, ძირითადი მიზანია ელექტროკვების აღდგენის ხანგრძლივობის შეძლებისდაგვარად მინიმიზება. ექსპერტული სისტემების გამოყენებით შესაძლებელი ხდება დასაშვები მნიშვნელობებიდან სიხშირის გადახრის, ქსელებში სიმძლავრების ნაკადების დისბალანსების, ძაბვის დონეების გათვალისწინება, გამაფრთხილებელი და ავარიული სიგნალების დამუშავება, მოწყობილობების მუშაობის უნარის დაზუსტება, ქსელის მუშაობის ნორმალური რეჟიმის აღდგენის კონტროლი და ა.შ. ამიტომ, ექსპერტული სისტემების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის ენერგოსისტემის პერსონალის შესაძლებლობებს ავარიულ სიტუაციებში და ავარიის შემდგომ პერიოდებში.

მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ენერგოსისტემებში ავარიების პროფილაქტიკისა და თავიდან აცილების მიზნით ექსპერტული სისტემების შემუშავების საკითხებს. ენერგოსისტემის მუშაობის რეჟიმების ზუსტი და ოპერატიული შეფასება ჯერ-ჯერობით პრობლემად რჩება. სირთულეს განაპირობებს შეფასების მეთოდების სიზუსტე, რაც ხანგრძლივ გამოთვლებს ითხოვს. ამიტომ, ამ პრობლემის გადასაწყვეტად წარმატებით გამოიყენება ექსპერტული სისტემები [20]. დასაბუთებულია ექსპერტული ცოდნის გამოყენების ეფექტურობა ანალიზური პროცედურების გამოყენებასთან შედარებით.

შრომების დიდი რაოდენობა მიეძღვნა ავარიული რეჟიმების ეფექტურად მართვას ექსპერტული სისტემების გამოყენებით [16, 20, 21]. შემუშავებულია ავარიული რეჟიმების მართვის ალგორითმები და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ეფუძნება არაცხადი ლოგიკისა და არაცხადი სიმრავლების თეორიას. ექსპერტული სისტემების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ავარიული რეჟიმების დროული ანალიზი, მათი უფექტური მართვა და ა.შ.

ექსპერტული სისტემების საკმარისად დიდი რაოდენობა გამოიყენება ენერგოსისტემების რეჟიმების საიმედო მართვისა და უსაფრთხო რეჟიმების უზრუნველყოფისათვის [22, 23]. ენერგოსისტემების ფუნქციონირების უსაფრთხოების პრობლემა მწვავედ დგას ნორმალური რეჟიმების ოპერატიული მართვის დროს. ასევე, მწვავედ დგას ენერგოსისტემების საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფის პრობლემა. აქ შედის ისეთი ამოცანები, როგორიცაა ელექტროგადაცემის ქსელების დატვირთვის მართვა, კვანძებში ძაბვის რეგულირება და სხვა.

ენერგეტიკულ სისტემებში ექსპერტული სისტემების გამოყენების ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა ნორმალური რეჟიმების ოპერატიული მართვა. მრავალი შრომა მიეძღვნა ენერგოსისტემების ნორმალური ოპერატიული რეჟიმების სადისპეტჩერო მართვაში ექსპერტული სისტემების გამოყენებას [16, 24-26]. შრომებში მოყვანილია მრავალი არგუმენტი და მეცნიერულად დასაბუთებულია აღნიშნული მიმართულებით ექსპერტული სისტემების გამოყენების აუცილებლობა. ექსპერტული სისტემები ასრულებენ დისპეტჩერის მრჩევლის ფუნქციებს.

ექსპერტული სისტემები აქტიურად გამოიყენება, აგრეთვე, ენერგომოწყობილობების დიაგნოზირებისათვის [27].

თანამედროვე ენერგეტიკული ობიექტების ეფექტურად მართვისათვის აუცილებელია დიდი მოცულობის ექსპერტული ცოდნა [28]. ეს ცოდნა ოპტიმალურად შეიძლება გამოყენებულ იქნას

ინტელექტუალური და ექსპერტული სისტემების მიერ. აქედან, გამომდინარე, დიდი ყურადღება ეთმობა ექსპერტული სისტემების მიერ ცოდნის ბაზის შევსებისა და ამ ცოდნის ეფექტურად გამოყენების საკითხებს [29, 30]. ცოდნის წარმოსადგენად, ძირითადად, გამოიყენება პროდუქციული წესები და ფრეიმები. ცოდნის შეძენის ძირითად წყაროდ წარმატებით გამოიყენება საუბრების ოქმების შედგენის მეთოდი [27, 31]. ამ დროს, გაითვალისწინება ამოცანის პირობები და გადაწყვეტილებების მიღების პროცესი, ფიქსირდება ტექნოლოგის მოქმედებები იქმის სახით. საუბრებისა და მოქმედებების ოქმების დამუშავებისა და ანალიზის საფუძველზე ხდება ცოდნის ბაზის შევსება.

გამოყოფილია ექსპერტული სისტემების სამი თაობა [29]: პირველი თაობის ექსპერტულ სისტემებში გამოიყენებოდა პროდუქციული წესები, ფრეიმები და „შავი ყუთის“ მეთოდები; მეორე თაობის ექსპერტულ სისტემებში სრულდებოდა ამ მთოდების შეთავსება; მესამე თაობის ექსპერტულ სისტემებში გამოიყენება პროტოტიპების მეთოდი, პრობლემებზე ორიენტირებული ცოდნის ბაზები, ჰიპერტექსტების მეთოდი და ა.შ.

ამჟამად, ექსპერტული სისტემები გამოიყენება ენერგეტიკის ისეთი როლი პრობლემების გადასაწყვეტად, როცა ტრადიციული მეთოდების გამოყენება ნაკლებად ეფექტურია. [27, 32, 33] შრომებში ნაჩვენებია ექსპერტული სისტემების გამოყენების უპირატესობები ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით. განხილულია ექსპერტული სისტემების გამოყენების სფეროები ენერგეტიკის ამოცანებისა და პრობლემების გადაწყვეტისათვის. ნაჩვენებია, რომ ექსპერტული სისტემების გამოყენებით უფრო ოპტიმალურად ხდება ექსპერტული ცოდნის გამოყენება ენერგეტიკის პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით. [34] ნაშრომში მოყვანილია ენერგეტიკაში ექსპერტული სისტემების გამოყენების ძირითადი მიმართულებები: ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმების მართვა და პროგნოზირება, განგაშის სიგნალების ფორმირება, სადიაგნოზო სისტემების შექმნა, საექსპლუატაციო ღონისძიებების დაგეგმვა და ა.შ.

არ არსებობს ენერგეტიკის პრობლემების გადაწყვეტაში ექსპერტული სისტემების გამოყენებისადმი საერთო მიღებობა [33], თუმცა მათი გამოყენება საკმაოდ ეფექტურია ინფორმაციის ნაკლებობის და უზუსტობის პირობებში, ღია მოდელების გამოყენების შემთხვევებში, მრავალი ვარიანტის არსებობის შემთხვევაში გადაწყვეტილებების მიღების დროს და ა.შ.

ენერგეტიკაში ექსპერტული სისტემები გამოიყენება შემდეგი ამოცანების გადასაწყვეტად: საპროექტო სამუშაოები, მომსახურე პერსონალის სწავლება, საწვრთნელების შექმნა, განგაშის სიგნალების გამომუშავება, სიმძლავრეების რეგულირება, ზუსტი დიაგნოზის დასმა, მუშაობის საიმედო და უსაფრთხო რეჟიმების უზრუნველყოფა, ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმების პროგნოზი და მართვა, ელექტროგადაცემის ქსელებში ნაკადების მართვა და ანალიზი, ელექტრომომარაგების აღდგენა ავარიის შემდეგ, ავარიიული და ავარიის შემდგომი რეჟიმების მართვა, ნორმალური სადღედამისო და ოპერატიული რეჟიმების მართვა, ენერგოსისტემების მდგომარეობების ანალიზი, საექსპლუატაციო ამოცანების გადაწყვეტა, დაზიანების ადგილების აღმოჩენა, ძაბვების რეგულირება, ქსელების განვითარების მართვა და ა.შ.

### 3. დასკვნითი ნაწილი

ამრიგად, ენერგეტიკის ამოცანებისა და პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით გამოყენებული ექსპერტული სისტემებისადმი მიძღვნილი არსებული ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ექსპერტული სისტემების გამოყენების ძირითადი სფეროა ენერგოსისტემების ოპერატიული, ავარიული და ავარიის შემდგომი რეჟიმების ეფექტური მართვა. შედარებით ნაკლები ყურადღება ეთმობა მათ გამოყენებას ენერგოსისტემების ნორმალური სადღედამისო რეჟიმების ეფექტური მართვისთვის.

**ლიტერატურა:**

1. Осака С., Фуивара Р., Коно У., Уаманиши А. Приобретение знаний о планировании в энергосистемах на основе анализа протоколов. Inst. Elec. Jap. 1988. C. 108, N 8
2. Батманова О.В., Лекцевичюс Р.А., Христаускас Ч.С. Многокритериальная оптимизация электроэнергетических систем. "Моделирование электроэнергетических систем". 9-я Всес. науч. конф. Рига, 1987. Тез. докл., Рига, 1987
3. Проблемы создания интеллектуальных систем поддержки решений: Сб. науч. трудов/АН УССР. Инст.Кибернетики. УССР. Киев, 1990
4. Ли Г., Танг Г., Ши М., Гао У. Интеллектуальные терминалы в системе диспетчерского управления. Дяньли ситун цзыдунхуа. Autom. Elec. Power Syst. 1990. - 14, N 6
5. Коврижкин О.Г. Моделирование нестрогих рассуждений человека в хорошо знакомых ему ситуациях. Кибернетика. 1990. N 3
6. Коимиама И., Варашина Ш., Като М., Мики И. Экспертные системы для восстановления режима после аварии. "Тосиба Рэвю, Toshiba Rev.", 1987, 42, N 5
7. Линдсей П. Норман Д. Переработка информации у человека. М., Мир, 1974
8. Гафт М.Г., Подиновский В.В. О построении решающих правил в задачах принятия решений. АиТ. 1981. N 6
9. Генкин М.Д., Крейнин А.В. Об одном подходе к многокритериальным задачам оптимизации. АиТ, 1988, N 8
10. Генс Г.В., Черняк В.И. Направления использования экспертных систем для поддержки принятия решений управлеченческих решений. Минск, 1988
11. Герасимов В.А., Шустров М.Ю. Диалоговые процедуры решения многокритериальных задач управления. Новосибирский Электротехн.Инст., Новосибирск, 1990
12. Ларичев О.И., Поляков О.А. Человеко-машинные процедуры принятия решений многокритериальных задач математического программирования (Обзор). Экономика и математические методы. 1980. Вып. 1. Т.16
13. Луговая И.С. Выбор режима работы тепловых электрических станций. Тез. респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Душанбе, 12-14 апр. 1990
14. Сакагути Т. Использование искусственного интеллекта в области энергетики. Дэнки херон, Eles. Rev., 1985, 70, N 12
15. Летун В.М. Оптимальное распределение активной мощности в гидротепловой энергосистеме. Применение мат.методов и ВТ в задачах функц. и развития энергосистем. Уральский Политехн. Инст., Свердловск, 1984
16. Dubots L., Hertz A. Systems experts pour l'aide a la conduite des reseaux. Expert systems as network control support tools. Bull. Dir etud et rech. B. 1990. N 2
17. Gingerich W. Developing expert systems. Comput. Hum.Serv. 1990. 6, N 4
18. Cory B.J. Expert systems for power applications. "IEE Rev.", 1988, 34, N 4
19. Christie R., Talukdar S. Expert systems for on line security assessment. A preliminary design. "Power Ind. Comput. ppl. Conf.: PICA 87, Montreal, May 18-22, 1987. New York
20. Kakimoto N., Ezure S., Hayashi M. Development of simulator with artificial intelligence on secondary power system operation. Mem. Fac. Eng. Kyoto. Univ. 1988. 60, N 3
21. Keronen J. A knowledge-based system for real-time operation planning and event analysis in power system control. Res. Notes /Techn. Res. Cent. Finl. 1988. N 883
22. Khaparde S.A., Nair A.S., Biswas S. An expert decision support system for assisting power operators to correct real power flow violations. Elec.Power Syst.Res. 1989. 16, N1
23. Kirschen D., Wollenberg B., Irisarri G., Bann J., Miller B. Controlling power systems during emergencies: The role of expert systems. IEEE Comput. Appl. Power. 1989, 2, N2

24. Koike N., Maeshiro T., Gotoh T., Kunuoi M, Hirokawa T., Wada N. A real-time expert system for power system fault analysis. High Technol. Power Ind.: Proc. IASTED Int. Symp., Bozeman, Aug. 20-22. 1986.
25. Liu C., Dauborg M., Lauby M., Iveson R. Development of an expert system as power system operational aid. Proc. Int. Work-shop Artif. Intell. Ind. Appl., Hitachi Sity, May 25-27, 1988. - New York
26. Mokhfari S., Singh J., Wollenberg B. A unit commitment expert system. "Power Ind. Comput. Appl. Conf.: PICA 87. Montreal. May 18-22. 1987. New York
27. Moor R.L. Artificial intelligence applications in the power industry: A tutorial. "Instrum. Power Ind. Vol. 28 Proc. 28th Power Instrum. Symp., New Orleans, La, May, 20-22, 1985". 1985
28. Prasad N.R., Ranade S.J., Dietrich E., Hartley R.T. Speculation on the nature of knowledge-based systems in a power system environment. "Proc. 19th Annu. N. Amer. Power Symp. "NAPS' 87, Edmonton, Oct. 22-23, 1987". New York
29. Поступов Д.А. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. трудов/АН СССР. Институт проблем передачи информации. М.: Наука, 1989.
30. Соловьев С.А. Режимы Единой энергосистемы. М.: Энергоатомиздат. 1983
31. Такеясу И., Судзуки К. Создание экспертной системы с целью помочи оперативному персоналу при оптимизации режима электрической сети в темпе процесса. Дэнки гаккай дзасси=J. Int. Elec. Eng. Jap. - 1988. 108, N9
32. Тамура В. Применение искусственного интеллекта в энергетике. Часть 1. Общие теоретические положения. Дэнки гаккай дзаси. J. Int. Elec. Eng. Jap. 1989. 109, N8.
33. Филатов В.И. Применение экспертных систем в электроэнергетике. Энергохозяйство за рубежом. 1989. N 6
34. Халиф А.И. Метод оценки многокритериальных решений. АиТ. 1982. N12
35. Хамано М., Фукуи С. Применение экспертных систем в области управления энергосистемами. Дэнки херон. Elec. Rev. - 1988. - 73, N12.

## **EXPERT SYSTEMS IN ENERGETICS**

Samkharadze Roman, Chikovani David  
Georgian Technical University

### **Summary**

In the paper, on the basis of survey and analysis of literature devoted to the usage of expert systems in energetic, it is shown that the main field of application of expert systems is the control of operative, breakdown and after-breakdown modes of operation. Relatively less attention is paid to the issues of the application for effective control in normal daily modes of operation. Therefore, working out and application of expert systems for this purpose is rather perspective direction.

## **ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Самхарадзе Р., Чиковани Д.  
Грузинский Технический университет

### **Резюме**

На основе обзора и анализа литературы, посвященной использованию экспертных систем для решения задач и проблем энергетики, показано, что одной из основных сфер применения экспертных систем является управление оперативными, аварийными и послеаварийными режимами. Относительно меньше внимания уделено вопросам их применения для эффективного управления нормальными суточными режимами энергосистем. Поэтому, разработка и применение экспертных систем для этой цели является весьма перспективным направлением.