

ОЦЕНКА НА ВЛИЯНИЕТО НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР ВЪРХУ НАДЕЖНОСТТА НА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯВАЩИТЕ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКАТА

Зоя Хубенова¹, Владимир Гергов²
zhubenova@space.bas.bg, vladigergov@abv.bg

¹*Институт за космически изследвания, БАН-, 1113 София,*
²*ВТУ „Тодор Каблешков”, ул. Гео Милев 158, 1574 София, ,*
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: анализ на надеждността на човека, информационно-управляващите системи, човешки фактор

Резюме: В статията е изложена методология за оценка на надеждността на информационно-управляващите системи за диспечерско управление в електроенергетиката при отчитане на надеждността на човешкия фактор. Разгледани са някои актуални съвременни подходи за оптимизация на влиянието на човешкия фактор на безопасността в такива сложни системи. Анализирани са факторите, влияещи на надеждността на човека-оператор и са предложени обобщени критерии за оценката им.

I. УВОД

Съвременната техника и технологии (от автомобила и до АЕЦ) се характеризира с висока степен на автоматизация, наличие на информационни системи за получаване и обработка на оперативна информация за параметрите на работа за всички важни елементи и възли и протичането на процесите като цяло.

Енергийните системи, с тяхното разнообразно оборудване, огромен брой подсистеми и сложни връзки между тях, са естествен обект за приложение на йерархичен подход при изграждане на тяхната организация и мениджмънт, включващ широк спектър от дейности по организиране, планиране, управление, изграждане, внедряване, експлоатация, поддръжка и развитие на информационни системи и технологии. При съвременната организация на производство на електрическа енергия и нейното снабдяване и разпределение чрез системи за достъп и пренос, организирани от различни крупни дружества и компании, възникват изключително сложни енергийни комплекси, обединяващи тясно свързани помежду си системи. Тяхното управление е немислимо без бързи и своевременни решения при високи изисквания за надеждност и безопасност на функциониране, тъй като възможни откази в енергосистемата могат да имат сериозни икономически, социални и икономически последствия. Това изисква разработването и усъвършенстването на нови подходи при организацията и управлението на големи енергийни системи.

Електроенергийната система в България е сложна корпоративна структура, обхващаща НЕК и 52 поделения в страната, електроразпределителни дружества, ТЕЦ

„Марица-Изток”, АЕЦ Козлодуй. Всеки от нейните компоненти представлява сложен комплекс от различни технически средства, колективи от хора, обединени в рамките на различни служби, а също включва съвкупност от организационно-структурни решения (правила, обслужване и пр.), организационна структура и технология на функциониране.

Нова тенденция в развитието на енергетиката и техническата база в световен мащаб са замяната на остарелите съоръжения с принципно нови. В електрическите централи и подстанции все повече навлизат системите за автоматизирано управление, измествайки класическите системи за дистанционно управление. Новите качествени високотехнологични продукти осигуряват сигурна и надеждна работа на всички технологични процеси.

Резултатите от разследванията за последните 25 години, показва, че почти всички инциденти на АЕЦ са станали следствие човешки грешки, а не на технически дефекти и работа (1). В много работи, посветени на изследването на човешкия фактор (ЧФ), основно се изучават възможните и потенциални източници на човешките грешки във времето, предшестващо аварията (2). ЧФ човешкия фактор е многозначно и сложно явление, зависещо от различните фактори на вътрешното състояние и от факторите на външните въздействия, което води в настояще време до различни и не до там точни оценки на надеждността на оператора в системата «човек-машина-среда». При проектирането на системите за управление се отчитат по принцип основните характеристики на човека-оператор (ЧО) като скорост на реакция на човека и време на осмисляне на ситуацията и вземане на решение и времето за подаване на нужната команда. Така, в условия на постоянно усложняване на технологичните процеси, на повишаване мощностите, които управлява човек, значително нараства психо-емоционалното натоварване и бързата умора на оператора. Актуални стават задачите, свързани с разработката на оптимални условия на труд за всеки конкретен случай, а също обучението на персонала. От казаното следва, че човек е най-отговорното, от една страна, и най-ненадеждното звено, от друга, в такива сложни човеко-машинни системи (ЧМС).

II. ПОДХОДИ И ТЕХНИКИ ЗА ОЦЕНКА НА ЧОВЕШКАТА НАДЕЖДНОСТ

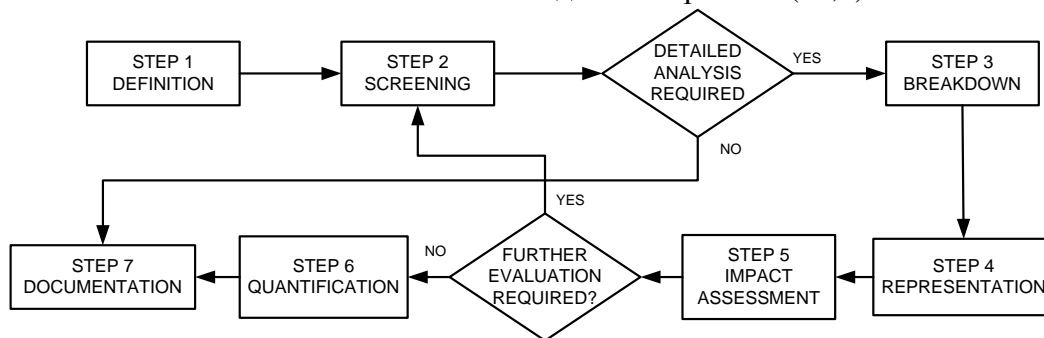
Разнообразните процеси в ЧМС съдържат потенциалните възможности за грешки на персонала, особено в тези случаи, когато времето, с което разполага операторът за вземане на решение, е ограничено. При това вероятността от това, проблемът да се развие в негативен план, често е малка. Повечето действия от страна на персонала се ограничават с възможностите за предотвратяване на началния отказ, предотвратявайки прогресирането му в аварийна ситуация. Постигането на действително обективни оценки изисква анализ на предизвиканите от човешките грешки събития. Тава е трудоемък и сложен процес поради съществуващите ограничени представи и липса на системно описание на явленията.

Степента на влияние на ЧФ на надеждността на системата може да се оцени по вероятността от поява на грешки в процеса на функциониране. Грешките на оператора в повечето случаи са свързани с неверна интерпретация на постъпващите и анализирани от него данни. Счита се, че за сложни технически уреди и сложни компютърни задачи вероятността за грешки може да достигне 15%, за по-прости такива – вероятността за грешки е от 1% до 5% (3,4).

Съществува голям опит от използването а методи за анализ на риска в човешката дейност, предимно в прилагането им в сферата на атомната енергетика. Методиките за предварително оценяване на човешките грешки е най-широко използваните за оценка на човешката надеждност. Най-известите основни и внедрени в практиката теории са:

- THERT –Technique for Human Error Rate Prediction – Определяне на значимостта на грешката на човека в техниката;
- HCR – Human Cognitive Reliability – Надеждност на човека в зависимост от способностите му (по Расмусен)
- SLIM- Success Likelihood Index Method – Метод на индексите за вероятност за успех
- DNE – Direct Numerical Estimation – Преки числови оценки – мнения (експертни оценки)
- MAPPs - Maintenance Personnel Performance Simulation – Метод за моделиране на действия (грешки) при обслужване на техниката

Процедурата за системен анализ на грешките на човека може да съдържа няколко стъпки в зависимост кои от споменатите методики се прилагат(..5,6)



Фиг.1 Системен анализ на грешките

Тази процедура е известна като SHARP –System Human Action Reliability Procedure и включва 6 стъпки и два етапа: първият етап се изпълнява от системни аналитици, а втория - от специалисти по ЧФ:

Стъпка 1: Определяне действията на човека, включвайки дейности по локализиране на аварии, ремонтни работи и пр., т.е. всички действия, включващи грешки на персонала, които водят до влошаване на работата на цялата система.

Стъпка2: Скрининг - подбор на важни събития, грешки, които имат ключово значение за вероятни аварийни ситуации.

Стъпка 3: Разделяне – отделят се всички действия на оператора, изискващи по-задълбочен анализ, т.е. дейността се разбива на по-дремни елементи/операции със следните характеристики:

- способност да се разбира какво трябва да се прави – разделяне по операции;
- неспособност да се определи системата;
- неспособност да се изпълняват необходимите действия;
- вероятностен и системен анализ на безопасността;
- необходимост (възможност) да се построи допълнителен аварийен сценарий, ако са открити други грешки на операторите.

Стъпка 4: Представяне – пълен списък на всички грешки и техният анализ с подробни действия.

Стъпка 5: Определяне на взаимодействието на елементарните действия/операции и влияние на следващите етапи.

Стъпка6: Пресмятане – определяне количествените стойности на вероятностите за грешка.

Стъпка 7: Документиране.

Моделът на човешките действия е известен като Model of human action – SPAR-H и е свързан с обработката на информацията от човека и с компютъризираните процедури. SPAR-H моделът съчетава елементи от планирането, както и вероятността за

способността на операторите успешно да изпълняват действия, които са идентифицирани чрез процедури, които се отнасят до: използването на оперативни процедури; на "Ergonomics and Human-Machine Interface (HMI)" – оформление и качествено получаване на информация от дисплеи и контролери; сложност ("Complexity") на задачите;

Анализът на човешката надеждност (Human reliability assessment – HRA). Подробно описание на най-често използваните техники, свързани с първото и второ поколение на HRA е Методът за прогнозиране честотата на човешката грешка (Technique for human error rate prediction – THERP) и Методика за оценка на човешката грешка и нейното намаляване (Human error assessment and reduction technique – HEART). Изследването дава адекватен поглед за предимствата и недостатъците на всяка техника, за да се оцени надеждността на човешките операции. Методиката дава компютърно моделиране и на практика отчита всички фактори и експериментални данни за анализ на човешките грешки (съществува стандарт за прилагането им NUREC/CR-1278).

За HRA– Human Cognitive Reliability (Надеждност на човека в зависимост от способностите му) използва таксономията на Расмусен (7). Зависимостта на надеждността на човека от времето се дава с:

$$NRP = \exp\left\{-\frac{t/T_{1/2} - C_{yi}}{C_{ni}}\right\}^{B_i}$$

където NRP е вероятността за грешка (Non-Response Probability), t - времето, което е на разположение, T_{av} - средното време, C_{yi} - коефициент на задръжка, свързан с мислителния процес (определян по фактори на Расмусен), C_{ni} - мащабен множител, в табличен вид се отчитат различни фактори като опит на оператора, умора, стрес, качество на интерфейса и др., B_i - времето на разположение в което се отчитат споменатите фактори.

Като пример може да се преведе една от базовите стойности на грешките на човека, отчиташ правилното разбиране на информацията от пулта за управление (5).

Таблица 1. Грешки при отчитане на приборите.

	Представяне на информацията	Вероятност от грешка (HER)	Неопределеност (EF)
1.	Аналогов прибор	0,003	3
2.	Цифров прибор (по-малко от 4 цифри)	0,001	3
3.	Самописец	0,0006	3
4.	Печатащо устройство с много параметри	0,5	5
5.	Диаграмен прибор	0,01	3
6.	Числов прибор с индикаторни лампи за показване на цифри	0,001	3
7.	Неувереност, че уреда е в изправност при отсъствие на индикатор за проверка	0,1	5
8.	Повече от три символа	0,01	3
9.	Прости аритметични сметки	0,01	3
10.	Откриване с помощта на аритметични сметки/разчети на показания излизаци от диапазон	0,05	5

III. МЕТОДОЛОГИЧЕН ПОДХОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ЧФ НА НАДЕЖДНОСТТА В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯВАЩИ СИСТЕМИ ЗА ДИСПЕЧЕРСКО УПРАВЛЕНИЕ

Всеки компонент на ЧМС изпълнява функции и зададени програми, притежавайки определено бързодействие, точност и надеждност. Оценката на надеждността на системата "човек - машина" може да се направи с различни методи: аналитични, експериментални, имитационни. На етапа проектиране преобладават изчислителни методи, които се основават на статистически данни за надеждността и скоростта на изпълнение на зададените функции на оператора, с надеждността на техническите средства, влиянието на различните фактори на външната среда, взаимодействието между оператора и техники и пр. Надеждността на техническите средства на системата показва вероятността за тяхната безотказна работа за времето за предаване на едно съобщение $P_T = 0,989$, а коефициента за готовност $K_r = 0,958$.

При оценка на надеждността на работата на оператора са разгледани три възможни режима: 1) Нормално (без напрежение) състояние; 2) При дефицит от време; 3) При информационно претоварване.

Установено е, че надеждността на оператора зависи от алгоритъма и разнообразието на изпълняваните операции, което се описва от уравнението (8):

$$P_{ho} = \exp\left(\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j K_j\right) = \exp\left(\sum_{j=1}^r (1 - P_j) K_j\right)$$

където P_j е вероятността за безгрешна изпълнение на всички операции от j -тия тип; λ_j - интензивност на грешките от j -тия тип; K_j - броя на изпълнените операции от j -тия тип; r - брой на различните типове операции ($j = 1, r$)

Коефициентът на готовност на оператора, въведен за оценка на производителността на системата се определя от:

$$K_{ho} = 1 - T_0 / T$$

където T_0 е техническо прекъсване, времето за отсъствие на оператора от пулта, когато човек не обработва информация; T - пълното време на работа на ЧО.

Ако по условие за безопасност на работа на оператора е необходимо 10-минутно прекъсване след 50 минути работа, то по този признак коефициентът за готовност на оператора ще е: $K_{ho} = 0,833$. Това свидетелства не само за „тясно място“ в системата, но и указва влияние на организирането на условията на труд, а от там и на надеждността на системата (10). Съгласно пресмятането надеждността на оператора е различна при изпълнението на различни видове операции: $P_{ho1} = 0,975$, $P_{ho2} = 0,960$, $P_{ho3} = 0,945$.

Грешките на оператора се класифицират по три групи: заблуждения, недостатъци и пропуски. Те съответстват на когнитивния стадий в отделните интервали от време (7):

Когнитивен стадий	Тип грешка
Обучение	Заблуда
Познаване на инструкциите	Недостатъчни знания
Изпълнение	Пропуски, грешки

По този начин за определяне надеждността на системата «човек-машина» е необходимо да се знаят характеристиките за безпогрешна работа и времето (скоростта) за изпълнение на отделните действия, входящи в алгоритъма на дейността на ЧО. Тенденция за намаляване на грешките на оператора е в зависимост от степента на неговата подготвеност и тренираност (11).

Данните показват, че при изпълнение на отделните операции операторът има висока надеждност – от 0,95 до 0,999. Трябва да се има в предвид, че за оценката се прави при провеждане на експеримент когато операторът е преминал специална подготовка,

условията на работа са регламентирани (комфортни) и пр.. В реалния живот всичко е по-сложно, а следователно и по-малко надеждно.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прилагането на комплексен подход при анализа на надеждността на човешкия фактор позволява да се получи по-пълна и достоверна картина за сметата на допълнена вероятностна оценки на грешките на оператора с детерминирани показатели на неговите психофизиологични състояния в реални условия на работа в ЧМС.

За повишаване на надеждността на оператора в сферата на електроенергийните обекти / при експлоатация на ЧМС е необходимо съблюдаването на следните най-важни принципи:

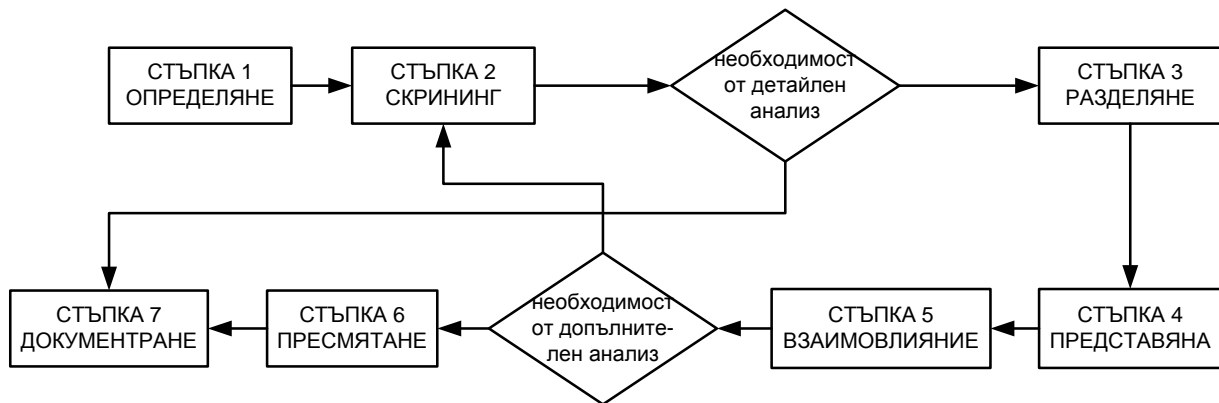
- оптимално разделение на функциите на управление между човека и машината;
- избор на средства за автоматизация, които да са адекватни на важността на изпълняваните функции, свързани с безопасността;
- създаване на оптимално съотношение между дейността на оператора и системите за поддръжка на неговата дейност;
- създаване и използване на съвременни интерфейси «човек—машина».

Резултатите от комплексния подход за анализ на надеждността на операторската дейност могат да бъдат използвани при определяне на най-рационални варианти за комплектоване на екипи, при изработване на практически препоръки по усъвършенстването на средствата и начините за осигуряване на ефективно функциониране на човека в нормални и екстремни условия на различни енергийни обекти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Simpson G., Horberry T., Joy J., Understanding Human Error in Mine Safety, MPG Books Group, UK, 2009
- [2]. Forester John A., Susan E., Kolaczowski A. M., Bley D. C., An Overview of the Evolution of Human Reliability Analysis In the Context of Probabilistic Risk Assessment, Risk & Reliability Analysis Department, 2009
- [3]. Pekka Pyy, Human reliability analysis methods for probabilistic safety assessment, VTT Automation, ESPOO, 2000
- [4]. Andersson K., Pekka Pyy, Integrated Sequence Analysis, Technical Research Centre of Finland (VTT), 1998
- [5]. Human Reliability Assessment Training Course. USA, INEL, 1995
- [6]. Gertman D., H. Blackman, J. Marble, J. Byers, C. Smith, The SPAR-H Human Reliability Analysis Method, Idaho National Laboratory, 2005
- [7]. Boring Ronald L., David I. Gertman, Human Reliability Analysis for Computerized Procedures, Part Two: Applicability of Current Methods, Human Factors and Ergonomics Society, 2006
- [8]. Rasmussen J., Pejtersen A.M., Goodstein L.P. Cognitive Systems Engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1994
- [9]. Шести национален доклад на република България по конвенцията за ядрена безопасност, София 2013
- [10]. Getzov P., Z. Hubenova, Reliability Study of Operators within a Complex Ergatic System, Journal Scientific and Applied Research, vol. 4, 2013
- [11]. Dimitrov I., S. Tanev, P. Getsov, P. Trendafilov, H. Hristov, L. Aleksiev, S. Doshev, Scientific Research Complex for the Study of Human Operator in Extreme Conditions. RAST 2011, 5-th International Conference – Recent Advances in Space Technologies, p.825, Istanbul, Turkey

- [12]. Pasquini A., Pistolesi G., Rizzo A., Reliability Analysis of Systems Based on Software and Human Resources, IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY, VOL. 50, NO. 4, 1
- [13]. Ahmed M., Sharif L., Kabir M., Maha Al Maimani, Human Errors in Information Security, International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, Volume 1, No.3, 2012
- [14]. Sears Andrew, Julie A. Jacko, The Human-Computer Interaction Handbook: CRC Press, 30.10.2007 г.



Фигурата е за сравнение!!

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE RELIABILITY OF THE INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Zoya Hubenova¹, Vladimir Gergov²
zhubenova@space.bas.bg, vladigergov@abv.bg

¹Space Research and Technology Institute – BAS, Acad G. Bonchev Str., Bl. 1, 1113 Sofia,
²University of Transport Todor Kableshkov, 158 Geo Milev str., 1574 Sofia,
 BULGARIA

Key words: analysis of the human reliability, information and control systems, human factor.

Abstract: In the article, there are presented the methods for evaluation of the reliability of the information and control systems of the dispatch station in the electric power industry, having into consideration the reliability of the human factor. There are examined several actual up-to-date methods of approach for the optimization of the influence of the human factor on the safety in such complex systems. There are analysed the factors, acting to the reliability of the human-operator and are suggested generalized criteria for their evaluation.