

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ЗА ДИАГНОСТИКА НА ТУРБИНА К-210-130

доц. д-р инж. Валентин Георгиев Станчев, ТУ – София
гл.ас. инж. Александър Данчев Григоров, ТУ – София

Анотация:

Разработена е експертна система за диагностика на турбина К-210-130, позволяваща оценка на необходимостта от ремонт, ориентировъчния обем ремонтни работи и постигнатия ефект от ремонта, ползваща резултатите от предремонтните и/или следремонтните експрес-изпитания. Експертната система обработва “дърво на критериите” съдържащо глобален критерий, седем критерия и тридесет и два входни параметри и показатели. Обработката на критериалната структура се извършва чрез използване на три вида процедури: пряка обработка по едномерни размити еталони; допълнителни изчисления, отразяващи неясните връзки между количествените и качествени оценки и последваща обработка по едномерни еталони; обработка чрез лингвистични правила (метаимпликации) за влизане в едномерните еталони и формиране на заключения за състоянието на подсистемите и турбината в цяло и за генериране на съвети към работещия с експертната система за най-вероятните неизправности в отделните подсистеми на турбината.

Въведение

Проблемите свързани с диагностиката и ремонта на енергийните съоръжения са трудно решими, поради голямата сложност и пространствена разпределеност на обектите, както и поради нелинейността на протичащите процеси и наличието на неопределеност и недостатъчност на информацията за тях. С особена сила това се отнася за парните турбини.

Оценката на състоянието на една парна турбина и даване препоръки за извеждането ѝ в ремонт изисква голям обем конкретна техническа информация, получена в условията на натурни експерименти и изключително голям обем от знания и опит в експлоатацията, диагностиката и режимите на работа на паротурбинни инсталации.

Набирането на техническата информация е въпрос на комплексни измервания и апаратура и при всеки случай може да бъде осигурена, с достатъчна точност за нуждите, особено ако се използват съвременни компютъризирани информационни системи влизащи в състава на АСУТП, интелигентни многоканални цифрови прибори и/или дори подходящо настроени и тарирани конвенционални или щитови прибори. Очевидно, тази част от изискванията за диагностиката на една турбина е реално технически изпълнима, като количество и качество и в крайна сметка е въпрос на финансови възможности за доставка на съвременна измерителна апаратура.

Втората част от изискванията, свързана със знанията и опита, практически не може да се осигури само с финансови средства. Носители на знанията са субектите - специалисти (турбинисти), които не се подготвят за кратко време, а и тяхната подготовка и квалификация не е въпрос на финансови средства, т.к.

зависи изключително от личните качества и възможности на лицето за усвояване, адаптиране и прилагане на знанията и натрупания опит, в условията на редица ограничения. По-просто казано, в енергетиката на България добрите турбинисти, експерти по турбини се броят на пръсти, а и не винаги могат да са на разположение за участие в диагностицирането на паротурбинните инсталации. Този факт е една сериозна предпоставка за разработването на експертна система (ЕС) за оценка на състоянието на една турбина, притежаваща "изкуствен интелект" (ИИ) създаден, чрез подходяща математическа формализация със средствата на размитите множества, под формата на размити едномерни еталони и лингвистически правила [3]. ИИ фактически представлява отражение на обобщените знания на експертите-турбинисти по въпросите свързани с експлоатацията и диагностиката.

Създаването на експертни системи с ИИ е едно неизбежно бъдеще, поради факта, че подобни системи дават или са способни да дават оценки на алтернативни решения, най-близки до обобщеното мнение на групата експерти по определените проблеми, поради което тези оценки са най-точни. Поради това, изключително важно е правилното подбиране на лицата включени в групата експерти. Те трябва да бъдат специалистите с висока квалификация, знания, опит и умения, познаващи решението на поставените проблеми, обект на оценка от създаваната ЕС. В този смисъл всяка една такава ЕС може да бъде използвана само за определен кръг задачи имащи обща база от знания, общи характерни белези, входни параметри и показатели и еднакъв критериален апарат за оценка.

1. Същност на експертната система за диагностика на турбина К-210-130

Сложността на една паротурбинна инсталация и многокритериалността на задачата за оценка на състоянието ѝ поставят определени изисквания към ЕС за диагностика, сведени до следното:

1.ЕС да позволява прилагане, без промени, на етап предремонтни и следремонтни изпитания.

2.ЕС да позволява работа без специални изисквания за определена голяма професионална квалификация.

3.ЕС да отчита обобщеното мнение и знания на специалистите – експерти по турбини, при формиране на крайните си оценки.

◆Изпълнението на първото изискване е постигнато чрез подходящ избор на критериалната структура, под формата на "дърво на критериите", на разработената експертната система за диагностика на турбини (ЕСДТ). Дървото на критериите отразява обема, съдържанието и основните анализи на методиката и инструкцията за провеждане на експрес-изпитанията на турбина К 200-130 [1] и е съобразено с типовите характеристики [4] и техническите инструкции за турбина К-210-130-1/3 [2].

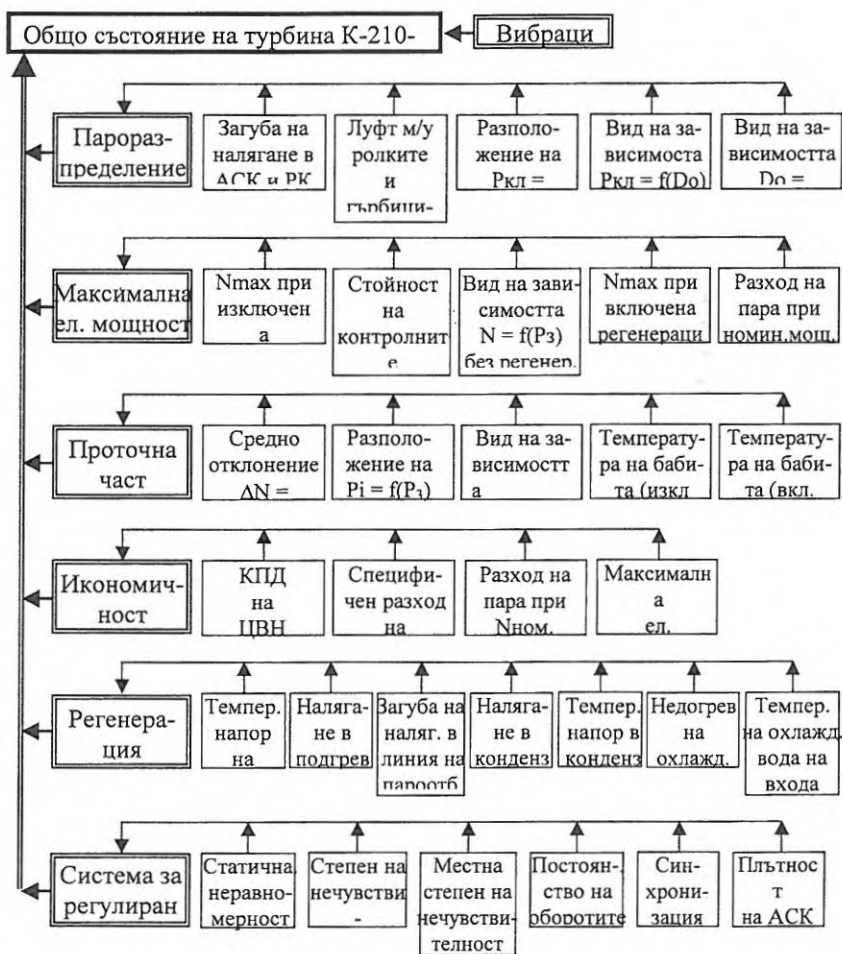
Дървото на критериите на ЕСДТ, показано на фиг.1, има три нива:

- първо ниво включва 32 обобщени входни параметри (измеряеми и изчисляеми величини) и показатели (комплексни качествени характеристики). Те са избрани в пряка връзка с основните зависимости и резултати включени в методиката за експрес-изпитанията, обект на анализ при оценката на състоянието на турбината, позволяващи изводи и препоръки за предстоящия ремонт и/или качеството на извършения такъв;

- второ ниво включва 7 критерия, пряко свързани с отделните подсистеми на голямата система – “турбина К-210-130”. Изборът на тези критерии е следвал инструкцията за провеждане на експрес-изпитанията, опита, формата и съдържанието на отчетите от изпитанията, провеждани от “Техенерго” АД. От тези критерии, критерият “вибрации” не влиза в обхвата на експрес-изпитанията, поради което към него няма входни параметри. Този критерий е добавен с отчитане на неговата важност и универсалност, но ЕС не е развита в това направление задълбочено. Към него има три въпроса със седем отговора, описващи качествено регистрираните вибрации със специализирана апаратура. По тези отговори, формално се посочва най-вероятната неизправност и причина за вибрациите;

- третото ниво съдържа само глобалния критерий за оценка на общото състояние на турбината.

♦ Изпълнението на второто изискване е постигнато чрез използване на 57 въпроса за въвеждане на конкретните количествени резултати от измерванията, предварителната обработка на информацията и качествено описание на показателите. ЕСДТ последователно задава въпросите към всеки критерий, като подава и поясняваща информация за реалния обхват и размерността на числовите отговори. Въпросите, включени в ЕСДТ (без тези към критерия “вибрации”), са подредени и спрегнати с обема данни и резултати от разделите на инструкцията за експрес-изпитанията, като за част от въпросите има и посочени отговори. За тези въпроси е необходимо да се посочи номера или номерата на валидните отговори. Работещият с ЕСДТ трябва само да разполага с резултатите от отчета за експрес-изпитанията и да въвежда исканите данни, при това той може и да не е турбинист. На основните въпроси, отговорите на които са необходими за поддържане на изчислителните/логически процедури на ЕС е необходимо задължително да се даде точно искания вид отговор, за което следи управляващата програма на системата. Тя поддържа тези въпроси докато не получи приемлив отговор. Към въпросите, отговорите на които позволяват логическа и аритметична проверка за допустимост, има и съобщения за неверни входни данни. На въпросите, отговорите на които водят само до модифициране на оценките, но не могат да ги променят по ранг може и да не се отговаря, ако не се разполага с точния отговор. Общоприето правило при даване на отговорите, което не трябва да се пренебрегва е следното: “Отговаряйте само на тези въпроси за които имате верни и точни отговори. По-добре е да не отговорите, отколкото да отговорите грешно и невярно”.



Фиг.1

◆Изпълнение на третото изискване е постигнато с отчитането на едно съществено различие на ЕС с ИИ в сравнение с традиционните методи за оценка, състоящо се в това, че експертът при тези системи не е оценяващото лице, а субектът който познава проблемите, особеностите, свойствата, технологията и експлоатацията на обектите подлежащи на бъдеща оценка, има натрупан опит в тази област и е източника на знания, по които се формира ИИ на експертната многокритериална система. В този смисъл, чрез средствата на развитите множества, в ЕСДТ изкуственият интелект е формиран чрез математическа формализация на 24 едномерни развити еталони и 82 броя лингвистични правила. От развитите еталони 14 броя отразяват обобщеното

мнението на експерти-турбинисти от “Енергоремонт” АД – София, “Техенерго” АД и ТЕЦ “Варна”. Десет броя еталони, описващи икономичността в зависимост от к.п.д. на ЦВН и специфичния разход на гориво и за оценка на кондензатора се изчисляват от ЕСДТ и не зависят от знанията на експертите.

2. Метод и процедури за оценка

Обработката на критериалната структура и генериране на заключенията се извършва чрез три процедури.

Първата процедура използва пряко формираните размити едномерни еталони. По тези еталони се определя численната оценката на критерия или термина на съответната лингвистична променлива, предизвикана от оценката на входния параметър, получена като отговор.

Втората процедура, по същество е еднаква с първата, но за получаване на оценката на входната координата се извършват допълнителни изчисления в ЕС, отразяващи неявни връзки между количествени и качествени характеристики на група отговори. Фактически при тази процедура размитите еталони се използват косвено (непряко).

Третата процедура включва лингвистичните правила за получаване на междинни оценки и за генериране на заключения за състоянието на подсистемите (критериите) и на турбината в цяло. Лингвистичните правила са метаимпликации с проста (1), сложна (2) и сложно-съставна структура (3):

- (1) “Ако А, то В”
- (2) “Ако А и/или В, то С”
- (3) “Ако А₁ или А₂ или ... А_к и В₁ или В₂ или ... В_м и ... , то С”,

където: А, В, А_к, В_м и С са лингвистични променливи, представени чрез термини. Термините и числените оценки се получават чрез размитите едномерни еталони. Всеки еталон е функцията на принадлежност към едно терм-множество, представляващо стойностите на съответната лингвистична променлива описваща състоянието на обработвания критерий. Всички терм-множества имат еднакъв брой термини. Експертно, чрез размита групова релация на предпочитане, са оценени интервалите, по функцията на принадлежност - $\mu(x)$ ($0 \leq \mu(x) \leq 1$) към еталоните, принадлежащи на отделните термини. Тези интервали за основните и модифицирани термини са следните: **отлично** – $1,0 \div 0,95$; **много добро** – $0,95 \div 0,85$; **не много добро** – $0,85 \div 0,65$; **добро** – $0,65 \div 0,45$; **задоволително** – $0,45 \div 0,30$; **не добро** – $0,30 \div 0,15$; **лошо** – $0,15 \div 0,05$; **много лошо** – $0,05 \div 0,00$.

Лингвистичните правила се използват за формиране на съвети към работещия с ЕСДТ за най-вероятните неизправности в отделните подсистеми, на които трябва да се обърне особено внимание в процеса на ремонтните работи. Освен това, чрез тези правила се влиза в съответния едномерен еталон за определяне на валидния термин и/или за генериране на оценките от диагностиката. Входът на всеки еталон е конкретната стойност на физическа величина – “х”, получена като отговор на зададен въпрос или изчислена от ЕС.

Тази стойност трябва да се намира в обхвата на универсалното множество на съответната лингвистична променлива, представляващо абцисата на еталона. Изходът от еталона е оценката на функцията на принадлежност - $\mu(x)$ или термина в чийто интервал тя попада.

Избраният метод за оценка на критериите е логическата система “въпрос - отговор - оценка - заключение”. Ако не е подаден отговор, заключение не се генерира. В този смисъл е желателно, с цел получаване на по-точни оценки, да се отговаря на всички въпроси. Оценките на всички критерии се получават по “песимистичен” вариант, чрез следната логическа зависимост

$$ОЦ = \min \left\{ \max_{k=1}^K \left\{ \min_{p_k=1}^{P_k} [\mu_p(x_p)]_k \right\} \right\}, \quad (4)$$

където: ОЦ– оценка на обобщаващ критерий; К – брой критерии; P_k – брой входни параметри към “к”-ия критерий; $\mu_p(x_p)$ – оценка по функцията на принадлежност за “п”-ия параметър към критерия “к”, за конкретната стойност на параметъра x_p . При фиксирано “к” резултатът е равен на оценката на критерия “к”.

Този вариант не позволява надценяване на състоянието в посока по-добро, като е възможно само недооценяване, което при всеки случай води до минимизация на риска.

Заключение

Разработената и описана ЕСДТ е програмно реализира с добра диалогова система и защита за недопустимост на данните в отговорите на генерираните въпроси. Като структура и идея тя може да се преобразува за работа в реално време като “съветник” на оператора, чрез промяна на диалоговата система, от отворен в затворен режим на работа с интерфейс за връзка с обекта. В такъв режим могат да се допълнят лингвистичните правила, за да се разшири обхвата от анализи и изводи, извън обема на експрес-изпитанията.

Избраният критериален подход и използваният метод за оценка и за формиране на съдържанието ИИ на ЕС може да се мултиплицира за диагностични системи и на други енергийни съоръжения и обекти.

Литература:

- 1.Инструкция по проведению експрес-испытания турбоустановок К-210-130 АМЗ, М., СЦНТИ, 1972.
- 2.Сборник от производствени инструкции по турбинно оборудване, ТЕЦ “Варна”, 1982.
- 3.Станчев В.Г., Оценка на технически решения, обекти и технологии чрез развити еталони, VIII НТК “Топло и ядрено-енергийни проблеми на България”, В., 1992.
- 4.Типовая энергетическая характеристика турбоагрегат К-200-130 АМЗ, М., Главэнергоремонт, 1978.