

instalacje elektryczne”, Łódź, 17–18 maja 2001 r. – S. 87–97. 11. Poradnik Inżyniera Elektryka. Praca zbiorowa. Sieci, instalacje i urządzenia elektroenergetyczne o napięciu powyżej 1 kV. Część 12. Oddziaływanie pól elektroenergetycznych. – Kwiecień 2006 r. 12. PN-E-05100-1: 1998. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi. 13. PN-EN 50341-1: 2005. Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV, Część 1: Wymagania ogólne, Specyfikacje wspólne. 14. Rozporządzenie Ministra Środowiska w z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. (Dz. U. RP Nr 192. – Warszawa 2003 r. – Poz. 1883. 15. Wira A. Pole elektromagnetyczne – zmiana przepisów w ocenie oddziaływania na środowisko. 16. Zienczak M. Ocena oddziaływania pól elektrycznych i magnetycznych linii elektroenergetycznych na środowisko naturalne na podstawie nowej normy PN-EN 50341-1. IV Lubuska Konferencja NT, Gorzów Wielkopolski, marzec 2006 r.

УДК. 623.313.322

А.М. Тимошик

Національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
ім. С.З. Гжицького, м. Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ

© Тимошик А.М., 2009

Проаналізовано причини зростання втрат і, як наслідок, зменшення ефективності роботи енергообладнання через старіння і деградацію. Розглядається питання доцільності застосування методів нечіткої логіки для контролю і управління ефективністю експлуатації турбогенераторів.

The paper presents the reasons for increase of losses followed by the reduction of energy plants efficient operation because of its aging and degradation. The issue of reasonableness in applying the fuzzy logic methods is raised for the control over the efficient utilization of turbine generators.

Постановка проблеми. Останнім часом особливо актуальною є проблема зниження питомих витрат умовного палива на енергоблоках ТЕС. Це зумовлено як дефіцитом паливно-енергетичних ресурсів в Україні, так і моральним та фізичним зношенням енергообладнання.

Незважаючи на профілактичні ремонти, після закінчення встановленого (розрахункового) терміну експлуатації енергоблоків ТЕС істотно знижується їхня ефективність не тільки через зростання частоти і обсягів ремонтів, але і внаслідок зростання експлуатаційних втрат.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Зниження витрати електроенергії на власні потреби на усіх електростанціях України лише на 1 % збільшує корисний відпуск електроенергії на 1100 млн. кВт. год. на рік.

Враховуючи те, що заходи енергозбереження на електростанціях мають велику ефективність і окупуються за дуже короткий термін, необхідно використовувати методологію системного підходу до комплексного вирішення проблеми керування енергозбереженням в енергосистемі. Спрощено весь технологічний цикл можна розділити на фази: видобуток енергоносіїв і їх

транспортування (фаза I), перетворення енергоносіїв у електричну чи теплову енергію (фаза II), передача енергії до споживачів і споживання (фаза III) (рис. 1).

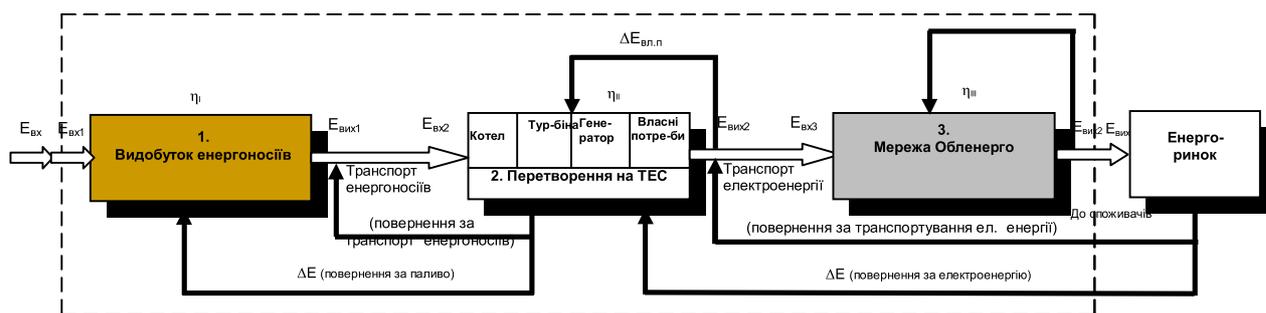


Рис. 1. Технологічний цикл керування енергозбереженням в енергосистемі

Вирішення проблеми раціонального використання енергоресурсів повинне базуватися на мінімізації втрат у кожній фазі енергосистеми. Оптимізованою вважається така система, за якої величина кожного економічного ККД максимальна і, відповідно, втрати енергії – мінімальні.

Для визначення пріоритетів щодо черговості розробки та реалізації заходів зі зниження обсягів втрат необхідно здійснити глибокий аналіз фізико-хімічних і технологічних процесів кожного етапу підсистеми [1]. Для прикладу розглянемо процес аналізу і оптимізації роботи масиву інформації однієї із підсистем енергоблока – турбогенератора.

На ТЕС з двома і більше енергоблоками при плануванні черговості виведення їх у ремонт завжди виникає проблема визначення “надійнішого” чи (і) “економнішого”. Без належного аналізу величезного масиву кількісної і якісної інформації прийняти науково обґрунтоване рішення щодо необхідності і терміновості їх ремонту практично неможливо. Необхідність розробки методичних основ виведення в ремонт енергообладнання “за станом” зумовлює актуальність оцінки індивідуальної надійності та ефективності експлуатації.

Задача досліджень. Експлуатаційний цикл характеризується двома основними періодами: робота під навантаженням, коли здійснюється контроль за тепломеханічними і режимними параметрами, і ремонтний процес – коли здійснюється візуальне та інструментальне обстеження технічного стану турбогенераторів і усуваються виявлені пошкодження. Обидва періоди (експлуатація і ремонт) характеризуються певним набором якісної та кількісної інформації. Проблема комплексного оцінювання стану (деградації) в кожний заданий момент часу Δt полягає у тому, як саме аналізувати в динаміці всю множину даних, одержаних як під час ремонтів, так і в процесі роботи обладнання.

Виклад основного матеріалу. Аналіз результатів типових теплових випробувань показав, що у турбогенераторах чутливим показником прогресуючих пошкоджень ізоляції є динаміка температури охолоджуючого агента на виході з стержнів обмотки статора при періодичних вимірюваннях в ідентичних режимах. Інтегральним критерієм зношення (деградації) осердя статора є інтенсивність зміни номінального струму обмотки збудження [2]. Відомо, що забезпечити ідентичність і відтворюваність замірювань параметрів навантаження при паралельній роботі ТГ в енергосистемі практично неможливо, оскільки частота і напруга в ЛЕП постійно змінюються незалежно від експериментатора, вносячи істотні корективи в результати вимірювань. Тому повторити режимні параметри, при яких проводились попередні випробування, проблематично. Можна оцінювати тільки належать чи не належать множини заміряних значень температури до їх допустимих значень (заводських). Аналогічні проблеми забезпечення ідентичності режимних параметрів виникають при проведенні вимірювань номінального струму збудження при номінальному струмі статора (номінальний режим на регульовальній характеристиці).

При виявленні певних несправностей потужність ТГ звичайно знижується (перемаркується), чим досягається зменшення механічних і теплових навантажень на відповідні елементи і вузли. На практиці, здебільшого величина обмеження активної і реактивної потужностей здійснюється суб'єктивно “на око”, керуючись переважно тільки показами штатного термоконтролю. З метою обґрунтування величини зниження потужності доцільно коректувати навантажувальну $P-Q$ діаграму керуючись результатами контролю динаміки множини інтегральних параметрів на основі порівняння з попередніми або базовими замірами [2, 3]. У заданий момент часу t можна оцінювати множину наявних (кількісних і якісних) показників стану окремих елементів і вузлів, які в сумарному вимірі характеризують динаміку ефективності експлуатації і ремонтів турбогенераторів загалом.

Реалізуючи періодичні вимірювання динаміки множини інтегральних параметрів технічного стану ТГ, можна оцінювати і прогнозувати відносну зміну ефективності експлуатації за відносною величиною зміни множини допустимих значень контрольованих інтегральних параметрів. Згідно з ГОСТ 27625 – 88 інтегральним показником економічності (нового) турбогенераторів є ККД:

$$\eta_0 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_\Sigma} = 1 - \frac{P_\Sigma}{P_2 + P_\Sigma} \quad (1)$$

У зв'язку з вичерпаним ресурсом ККД відповідно знизиться на величину зростання деградаційних втрат. Тоді рівняння (1) подамо у такому вигляді:

$$\eta_t = \frac{P_2}{P_2 + (P_\Sigma + \Sigma \Delta P)} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P_i} \quad (2)$$

де $\Sigma \Delta P$ – сумарні втрати деградації обмоток статора і ротора та магнітопроводу (%) у контрольному (номінальному) режимі. Результати розрахунку деградаційних втрат наведено в таблиці

Таблиця 1

Приріст втрат у генераторах ТГВ-200 Бурштинської ТЕС

№ ТГ	R_{cm} 20	R_p 20	Δi_p	$\Delta \vartheta_{з.к.}$		$\Delta \vartheta_{рот.}$		$(\Delta i_p)^2 R_p$ ΔP_{p1}	$i_p^2 \cdot \Delta R_p$ ΔP_{p2}	$I_{cm}^2 \cdot \Delta R_{cm}$ $P_{ст}$	$\Sigma \Delta P$	η_t
	Ом	Ом	А	°С	°С	°С	°С	кВт	кВт	кВт	кВт	%
1	0,00124	0,173	60	25	33	26	35	0,755	21,2	8,71	30,665	98,585
2	0,00118	0,165	140	33	43	53,5	62,5	4,29	20,05	10,337	34,677	98,583
3	0,00123	0,17	110	31	44	30	50	2,62	46,1	14,007	62,727	98,569
4	0,0012	0,165	80	25	30	25	45	1,375	71,5	5,527	50,9	98,575
5	0,00121	0,177	70	44	57	40,5	48	1,1	18,0	13,782	32,882	98,584
6	0,00122	0,169	20	43	53	35	48	0,0855	29,8	10,65	40,54	98,58
7	0,00119	0,173	20	36	44	45,5	60	0,091	34,0	8,339	42,43	98,579
8	0,00124	0,166	10	35	41	47,5	60	0,022	28,15	6,518	34,69	98,583
11	0,00122	0,173	20	26	35	37,5	59,5	0,091	52,0	9,607	61,698	98,57

Представимо $\eta_t(t)$ у загальному вигляді як функцію втрат в обмотках та магнітопроводі

$$\eta_t(t) = f(\Sigma \Delta i_p, \Sigma \Delta v_{cm}, \Sigma \Delta v_p, \dots, \Sigma \Delta v_d)$$

де кожний з інтегральних критеріїв своєю чергою є функцією тривалості експлуатації при циклічних впливах сукупності режимних параметрів (термомеханічних і електродинамічних). Тобто зміна ефективності експлуатації $\eta_t(t)$ залежить від сукупності фізико-хімічних процесів, які відбуваються в ізоляційних матеріалах магнітопроводу та обмоток статора і ротора на молекулярному, атомному і електронному рівнях під час тривалої експлуатації в агресивному середовищі (електромагнітні поля, вологість, водень при підвищеній температурі і тиску, магнітний та немагнітний пил тощо).

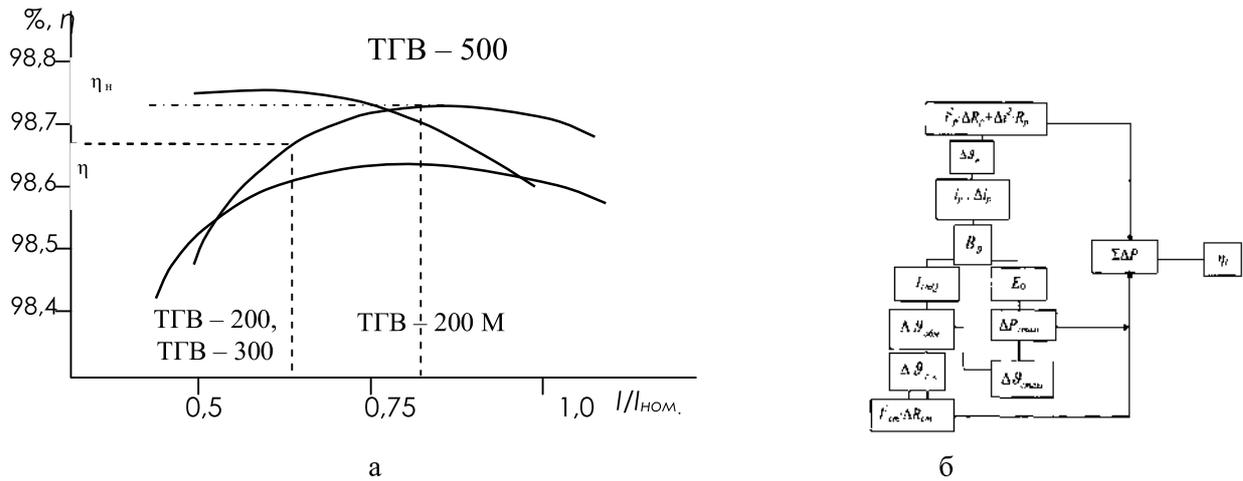


Рис. 2. Зміна ККД в функції активної потужності (а), графічна інтерпретація приросту втрат під час роботи генератора (б)

Формально такі складні нелінійні процеси в багатопараметричній системі можна подати у вигляді якісної причинно-наслідкової моделі, яка узагальнює тривалий процес накопичення негативної дії змінних режимів як сума попередніх і прямих результуючих впливів сукупності процесів і факторів

$$P_j^t = P_j^{t-1} \oplus \sum_{i \neq j} F + (d_{Tij}, F_L(d_{Lij}, F_C(d_{Cij}, P_i^t - P_j^{t-1})))$$

F_t – функція часового аспекту впливів; F_l – функція затримки впливів; F_c – функція впливів зміни амплітуди режимних коливань

Коли відсутня адекватна математична модель теплової деградації статора, а експертні знання щодо процесів і параметрів можна охарактеризувати нечіткими (неоднозначними) кількісними і якісними оцінками, доцільно застосувати метод нечіткої логіки з вбудованими в Matlab функціями належності, суть якого полягає в проектуванні інтелектуальної моделі за допомогою нейронних мереж. Основу нечіткої інтелектуальної моделі становлять формалізовані за допомогою теорії нечітких множин лінгвістичні висновки експерта, які базуються на існуючій нормативно-технічній документації, аналізі фізичної суті процесів та результатах експериментальних і теоретичних досліджень.

Система на основі нечіткої логіки (Fuzzy Logic Toolbox) забезпечує наочне представлення словесно інтерпретованих знань у вигляді правил ЯКЩО – ТО і дозволяє встановлювати найбільш економічні значення режимних параметрів (рис. 3) з урахуванням контрольованого теплового навантаження на ізоляційні матеріали. Для логічного висновку при нечітких вихідних даних використовується функція gaussmf. Багатофакторний вплив некерованих параметрів на адекватність (точність) логічних висновків в лінгвістичній формі типу “зростає”, “не міняється” тощо зумовлює доцільність використання алгоритму Мамдані.

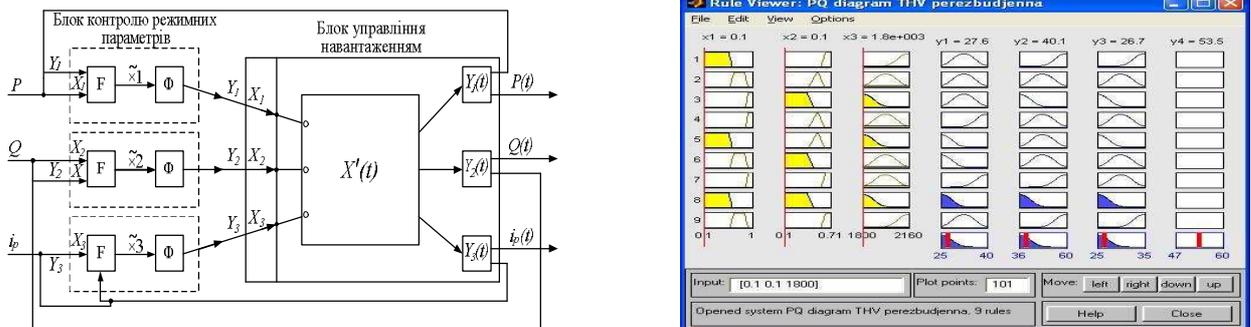


Рис. 3. Візуалізація нечіткої моделі логічного висновку “навантаження-температура” ТГВ – 200М

Висновки. 1. Перспективність розвитку інтелектуальних методів аналізу (оптимізації і контролю режимно-технологічних множин параметрів і їх підмножин) полягає у тому, що задаючи допустимі діапазони зміни підмножин вхідних кількісних і якісних параметрів, симулюючи їхній вплив на ПК, можна визначити оптимальне значення цільової функції (економічності чи надійності).

2. Розглядається процес зниження ефективності роботи турбогенераторів внаслідок деградації. Розроблена нейро-нечітка рекурентна модель оптимізації режимно-технологічних параметрів, які впливають на ефективність роботи турбогенераторів.

1. Тимошик А.М. *Інтелектуальний контроль надійності ефективної роботи турбогенераторів* / А.М. Тимошик // *Електроінформ.* – 2009. – № 1. – С. 15–18. 2. Тимошик А.М. *Стратегія експлуатаційних експрес випробувань для оцінки індивідуальної надійності турбогенераторів з вичерпаним ресурсом* / А.М. Тимошик // *Енергетика и електрифікація.* – 2004. – № 9. – С. 36–42. 3. Тимошик А. М. *Оптимізація режимів роботи турбогенераторів з вичерпаним ресурсом* / А.М. Тимошик // *Енергетика и електрифікація.* – 2004. – № 10. – С. 13 – 17.

УДК 621.313

В.І. Ткачук, І.Є. Біляковський, Б.Л. Копчак
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕМА

РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ НА БАЗІ ВЕНТИЛЬНИХ ДВИГУНІВ БЕЗ ДАВАЧІВ У ЯВНОМУ ВИГЛЯДІ

© Ткачук В. І., Біляковський І. Є., Копчак Б. Л., 2009

Розглянуто режими роботи електроприводу на базі вентильних двигунів без давачів положення ротора у явному вигляді та співвідношення для розрахунків відповідних параметрів компонентів схемотехніки для забезпечення надійного запуску, регулювання швидкості обертання та гальмування двигунів.

The electric drive is offered on the base of direct current brushless motor without rotor position sensing apparatus in an obvious kind and correlation for the calculations proper parameters of components of circuit technique for providing reliable start, rotation speed control and braking of motor.

Постановка проблеми. Високі темпи впровадження регульованих електроприводів, які спостерігалися у верстатобудуванні, робототехніці, підйомно-транспортному устаткуванні, віднедавна поширилися на нові сфери, такі, як побутова та офісна техніка, медичне устаткування, автомобільна техніка тощо, де є необхідність регулювати швидкість у широкому діапазоні. Застосування регульованого приводу дає змогу істотно покращити технічні характеристики устаткування, якість і діапазон регулювання, розширити функціональні можливості системи. Крім того знижується споживана електроприводом потужність, що приводить до відчутної економії електроенергії і дозволяє створювати енерго- та ресурсозберігаюче устаткування і технології, які особливо важливі для транспортних засобів з автономним живленням.

Значний розвиток цифрового регульованого електроприводу переважно спричинений стрімким розвитком і впровадженням у виробництво силової напівпровідникової техніки, зокрема,