

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Мінченко О.М., студент; Полковниченко Д.В., доц., к.т.н.

(ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

Найважливішим завданням в сучасній промисловості є питання забезпечення максимального виробничого ефекту (отримання максимального прибутку). Вирішення даного завдання в електричних системах багато в чому залежить від надійності роботи та від раціональності системи технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР) електроустаткування.

У теперішній час для підтримки електроустаткування в працездатному стані використовуються ряд технічних заходів, обсяг і періодичність виконання яких нормується системою планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Однак в сучасних економічних умовах ефективність виконання заходів, що регламентовані цією системою, є дуже низькою. Технічне обслуговування й ремонт електроустаткування часто проводиться несвоєчасно. Це викликано тим, що виконання ТОіР у СРСР регламентувалося системою державних і галузевих нормативів, які визначали плани - як, коли, у якому обсязі й ким повинні здійснюватися відповідні роботи. Ця система ППР носила витратний характер, не мала достатню гнучкість, але забезпечувала експлуатацію устаткування відповідно до галузевих норм і стандартів безпеки. Однак, при переході від планової економіки до ринку, підприємства не змогли мати втрати на ТОіР у колишньому обсязі, що привело в багатьох галузях до постійного невиконання планів ремонтів, до втрати надійності устаткування й збільшенню ресурсів, необхідних для підтримки його працездатності в майбутньому. Також існуюча на даний час в Україні система ТОіР не як не сприяє підвищенню керованості електричних систем, що є основною вимогою до інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid).

За даними, що наведені в [1], витрати на технічне обслуговування устаткування в енергетичному секторі в країнах ЄС складають \$18 на кінську силу (к.с.) – при роботі до виходу із ладу, \$13 на к.с. – за системою ППР та \$9 на к.с. – при системі обслуговування за фактичним станом (ОФС).

До того ж порівнюючи системи ППР і ОФС можна виділити основні переваги другого підходу [2]:

- при ППР біля 50% робіт виконується без фактичної на то необхідності; спостерігається зниження надійності устаткування відразу після проведення ремонту; виконується заміна деталей з великим залишковим ресурсом;

- при ОФС завжди відомий фактичний стан устаткування; підвищується ефективність ремонту за рахунок післяремонтного діагностування; вірогідно визначаються строки необхідних робіт із профілактики та ремонту устаткування.

Хоча ОФС й вимагає додаткових витрат на оснащення устаткування системами моніторингу і діагностики, але як показує практика ці витрати швидко окупаються та приносять додатковий прибуток.

Метою системи ОФС є підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат. Згідно до основної концепції системи ОФС для ухвалення рішення про необхідність виконання яких-небудь відбудовних і ремонтних робіт треба мати оперативну інформацію про технічний стан вузлів або електроустаткування в цілому. Тому одним з основних є завдання вибору методу діагностики для одержання інформації про технічний стан із заданою вірогідністю.

Таким чином, для підвищення економічної ефективності виробництва і конкурентоздатності підприємства актуальним питанням є впровадження та використання системи обслуговування і ремонтів електроустаткування за фактичним станом.

Для реалізації системи ОФС необхідне виконання наступних умов [3]: економічна доцільність; придатність устаткування до контролю технічного стану; наявність приладової бази; методика визначення технічного стану і його прогнозування; спеціально навчений персонал.

Економічна доцільність переходу на систему ОФС є незаперечною, а практично усі елементи електроустаткування є придатними до контролю їх стану. Але впровадженню системи ОФС з технічної точки зору перешкоджає наявність на ринку великої кількості вимірювально-діагностичних комплексів, складність розроблених методів і методик прогнозування технічного стану, а також людський фактор (результати контролю прямо залежать від кваліфікації фахівця, складність навчання фахівців, необхідність наявності великого штату співробітників, що займаються діагностикою, необхідність досить великого часу для проведення діагностування, відсутність технологічних карт, висока ймовірність одержання некоректного висновку при однократних обстеженнях устаткування, висока складність складання висновку про залишковий ресурс механізму). До того ж відсутні спеціалізовані правила і норми техніки безпеки для проведення діагностування.

Показники надійності та безвідмовності будь-якого електроустаткування електричної системи залежать від умов і режимів експлуатації, параметрів конструкції, а також застосовуваних методів і засобів його ТОіР. Відмови електроустаткування за їх фізичною природою є наслідком фізико-хімічних процесів, що безпосередньо або побічно впливають на працездатність елементів і виникнення ушкоджень, які визначаються типом матеріалу, що використовується, місцем протікання процесів старіння та відновлення, видом енергії, що визначає характер відповідного процесу, експлуатаційним і ремонтним впливом, внутрішнім механізмом процесів.

Кожен метод технічної діагностики заснований на контролі протікання певного фізичного процесу. Параметри цього процесу зв'язані відомою закономірністю з технічним станом контрольованого вузла електроустаткування. Таким чином, за зміною параметрів процесу можна судити про зміну стану вузла, що діагностується. Взаємозв'язок параметрів фізичного процесу з технічним станом досліджуваного вузла не завжди буває однозначним. На протікання процесу можуть впливати інші фактори, що є причиною низької вірогідності деяких методів. З іншого боку, різна технічна реалізація того самого методу діагностики може забезпечувати одержання результатів, що відрізняються за точністю. Крім того, зміна методики виміру приводить до наявності в одного методу декількох діагностичних параметрів, що відрізняються вірогідністю отриманої інформації.

Основним завданням технічного діагностування є одержання достовірної інформації про технічний стан електроустаткування в процесі його експлуатації. Воно вирішується на основі виміру, контролю, аналізу й обробки кількісних та якісних значень параметрів електроустаткування, а також шляхом керування устаткуванням відповідно до алгоритму діагностування.

Аналіз причин виникнення дефектів електроустаткування показує, що технічний стан кожного з них характеризується як тільки йому властивими індивідуальними, так і загальними ознаками. Для кожного виду устаткування характерні свої типові дефекти, що багаторазово зустрічаються в експлуатації. Об'єднавши всі дефекти й ознаки їхньої появи в окремі групи, можна одержати структуру діагностування електроустаткування, що складається із трьох рівнів і підсистем: перевірки функціонування, виявлення дефектів, оцінки і прогнозування працездатності. При цьому на кожному наступному рівні використовуються результати попередніх рівнів.

Технічна діагностика електроустаткування містить у собі два головних напрямки - оперативну і ремонтну діагностику. В основні завдання оперативної діагностики входять:

- раннє виявлення дефектів на працюючому або виведеному з роботи для обстеження (але не розібраному) устаткуванні;

- прогнозування розвитку дефектів, оцінка їхньої небезпеки та загального стану устаткування.

Діагностування технічного стану і прогнозування надійності можна здійснювати на різних стадіях створення і використання електроустаткування: на етапі проектування, виробництва та експлуатації. На етапі експлуатації електроустаткування вихідними даними є передбачувані закономірності зміни його технічних параметрів.

Запропонована блок-схема процесу прийняття рішення про проведення ремонту електроустаткування наведена на рис. 1.

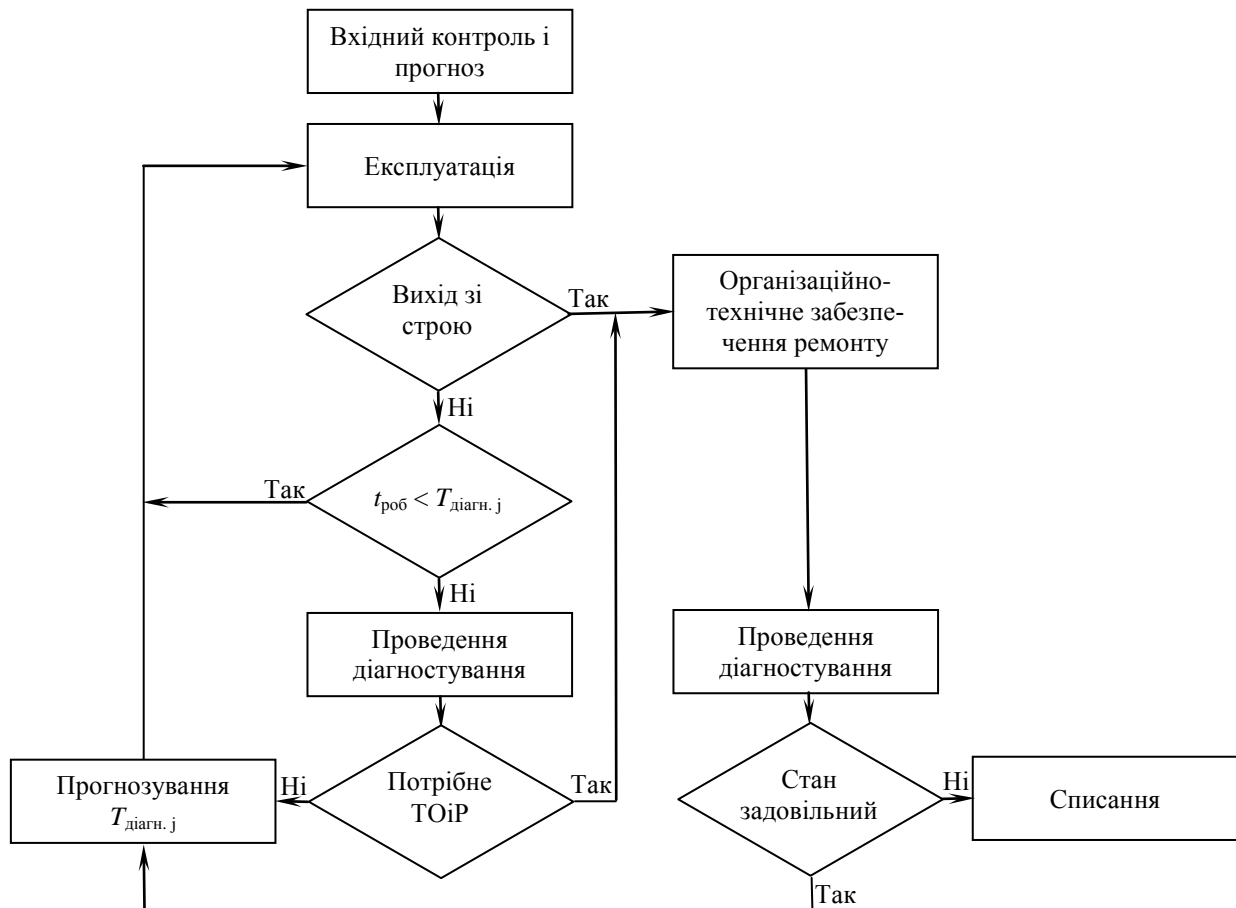


Рисунок 1 – Пропонована блок-схема процесу прийняття рішення про проведення ремонту електродвигуна

У більшості випадків надійна робота електроустаткування пов'язана зі станом його ізоляції. Аналіз схем побудови ізоляційних конструкцій показує, що для різних видів електроустаткування набір діагностичних методів різний. При цьому надійність діагностики вимагає збільшення кількості методів і періодичності, а, з іншого боку, економічний аспект змушує зменшувати обсяг робіт. В останні роки пропонується підхід, який отримав назву "багатопараметричної діагностики" (БПД). Згідно БПД визначається оптимальний набір методів діагностики залежно від виду електроустаткування. В табл.1 наведені результати дослідження ефективності методів діагностики для різних видів електроустаткування [4]. Як видно з даних табл.1, для всіх видів ізоляції найбільш надійним методом діагностики технічного стану є вимір характеристик часткових розрядів. Для маслорозповненого устаткування ефективним є аналіз масел (за розчиненими газами, вологовмістом, концентрацією фуранових з'єднань й антиоксидантів). Гарну інформацію про дефекти з тепловиділенням дає тепловізійний контроль.

При використанні БПД виникає необхідність оцінки результатів діагностики технічного стану устаткування. Нормовані показники кожного методу різні, немає можливості зіставля-

ти "прямо" отримані за різними методиками дані. Із цієї причини була прийнята нова процедура "класифікації", що дозволяє розділити технічний стан устаткування на кілька класів залежно від рівня отриманої характеристики. Деякі системи класифікацій наведені в табл.2, а більш докладно п'ятирівнева система класифікації з визначенням особливостей дефекту і обсягом рекомендацій наведена в табл.3 [5].

Таблиця 1 – Ефективність методів діагностики для різних видів електроустаткування

Методи		Електричні машини	Кабелі	КРП	Трансформатори	Вимірвальні ТС і ТН	ОПН
Тепловізійна діагностика		-	-	-	+	++	+++
Аналіз масла		-	-	-	+++	+++	-
Контроль tg δ	При експлуатації	-	-	-	+	+++	-
	Від стороннього джерела	-	-	-	++	++	-
Контроль частотних розрядів	При експлуатації	+++	+	+++	+++	+	-
	Від стороннього джерела	++	+++	+	+	++	-
Контроль опору постійному струму від стороннього джерела		++	+	-	+	+	++

Таблиця 2 - Системи класифікації технічного стану електрообладнання

1	Дворівнева класифікація	«Успішно – неуспішно» (так – ні)
2	Трирівнева класифікація	- Норма (так) - Погіршене - Предаварійне (ні)
3	П'ятирівнева класифікація	- Норма (так) - Норма з відхиленнями - Норма зі значними відхиленнями - Погіршене (ні) - Предаварійне

Таблиця 3 – П'ятирівнева система класифікації технічного стану

Технічний стан ізоляції		Ступінь розвитку дефекту ізоляції	Ремонтно-профілактичні заходи
Предаварійне		Неприпустимий дефект, необхідно негайне відключення	Демонтаж із заміною обладнання на нове
Погіршене		Небезпечний дефект, експлуатація можлива при прискореному контролі	Підготовка і планування капітального ремонту
Норма	зі значними відхиленнями	Розвинутий дефект; характеризується прискореним темпом розвитку	Експлуатація з наступним (планованим) ремонтом. Можливий ремонт на місці
	зі слабкими відхиленнями	Отримана характеристика дефекту перевищує рівень шумів	Експлуатація при дотриманні профілактичних заходів
	без зауважень (сигнал на рівні шумів)	Характеристики на рівні шумів	Експлуатація без обмежень

Коли виконано обстеження технічного стану, для висновку за результатами діагностики (при використанні декількох методів) розумно використовувати "песимістичну оцінку", у даній ситуації в цілому по об'єкту приймається гірший діагноз.

Як було вже сказано вище використання системи ОФС дозволяє також контролювати якість проведення ремонтних та монтажних-налагоджувальних робіт, що значно впливає на надійність роботи устаткування.

Виконаний аналіз дозволив сформулювати область застосування технічних засобів діагностики при використанні системи ОФС (рис.2).



Рисунок 2 - Область застосування технічних засобів діагностики при використанні ОФС

Таким чином, проведені дослідження показали, що впровадження системи ОФС електроустаткування електричних систем дозволить знизити витрати на проведення ТОіР та підвищити надійність електропостачання споживачів за рахунок зменшення кількості аварійних відмов. Але для цього необхідно вдосконалювати методи діагностики і прогнозування технічного стану електроустаткування; розробляти комбіновані технічні засоби діагностики і прогнозування технічного стану; підвищувати кваліфікацію і професіоналізм персоналу електричних систем, що обслуговує електроустаткування; створювати на підприємствах електроенергетики спеціалізовані лабораторії, завданням яких є проведення діагностування і прогнозування технічного стану устаткування.

Перелік посилань

1. Технология обслуживания по фактическому состоянию [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://www.vdmk.com/information/tofs.htm>.
2. Холоденин А.А. Сравнение стратегий технического обслуживания электрооборудования. / А.А. Холоденин // Материалы X региональной научно-технической конференции «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». СевКавГТУ, 2006. - Режим доступа до журн.: <http://www.ncstu.ru>.
3. Дрыгин М.Ю. Построение системы ремонтов горного оборудования / М.Ю. Дрыгин // Электронный научный журнал «Исследовано в России». - Режим доступа до журн.: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/081.pdf>.
4. Возможности диагностики высоковольтного оборудования без их вывода из эксплуатации для обоснования объема ремонта [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: http://www.diacs.com/ru/article/1_3.pdf.
5. Радченко В.В. Диагностика изоляции статорных обмоток высоковольтных двигателей нефтеперекачивающих станций на рабочем напряжении / А.П. Горских, А.Г. Кошель, Ю.П. Аксенов // Трубопроводный транспорт. - 1999. - № 3.