

УДК 62-50+681.3

## СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Скрипник Д.В.

Донецький національний технічний університет, Україна  
demid.skrypnik@gmail.com

*Стаття присвячена проблемам захисту складних виробничих механізмів. Описана розробка альтернативної структури системи захисту та моніторингу. Описаний алгоритм оперативного контролю та захисту електродвигунів.*

### 1 Вступ

У теперішній час на виробництві широко використовується складне силове устаткування, що вимагає постійного контролю для запобігання аварійним ситуаціям. Вартість його ремонту і простою на багато вище, ніж вартість систем, які можуть запобігти аваріям або істотно зменшити завданого збитку. Застосування сучасних обчислювальних систем дозволяє вирішувати задачі різного характеру пов'язані з моніторингом параметрів контрольованих об'єктів, оптимізувати режими роботи, визначати оптимальні умови експлуатації, прогнозувати розвиток стану устаткування.

З вищесказаного можна зробити висновок про актуальність проблеми підвищення надійності електродвигунів (ЕД). Одним із шляхів досягнення надійності ЕД є впровадження у виробництво сучасних засобів діагностики. На сьогоднішній день активно ведеться розробка діагностичних методів, заснованих на вібрації різних вузлів приводу. Однак даний напрямок не знайшов широкого застосування з наступних причин: вібродіагностика дозволяє визначати дефекти підшипникового вузла і меншою мірою - дефекти обмотки статора, особливі вимоги до способу кріплення датчика вібрації, низька точність діагностування і т.д. При цьому аналіз відмов електродвигунів показує, що до 80% електродвигунів на підприємствах виходять з ладу через дефекти обмотки статора, складне і дороге діагностичне обладнання доцільно використовувати для діагностики високовольтних електродвигунів. Тому розробка недорогих, простих в експлуатації засобів і точних методів діагностики електродвигунів дуже важливе завдання.

Таким чином, визначена проблема низької надійності електродвигунів на підприємствах та неможливість її вирішення сучасними методами та засобами діагностики, які б контролювали стан ЕД, як на електричному рівні так і на механічному.

### 2 Система захисту та моніторингу

Для вирішення задач визначення тенденції зносу і прогнозу залишкового ресурсу двигуна необхідно здійснювати постійний контроль, зберігання станів і умов експлуатації його протягом тривалого часу.

Вирішення проблеми підвищення ефективності експлуатації електричних двигунів можливо за допомогою запропонованої автоматизованої системи управління (АСУ) структура якої представлена на (рис. 1).

Представлена АСУ функціонально поділяється на три рівні: серверний, мережевий, вимірювальних пристроїв. Серверний рівень. Головним елементом серверної частини є центральний сервер, який робить обробку вимірювань, виконує алгоритми моніторингу та статистичної обробки даних, а також синхронізує роботу допоміжних серверів. Сервер бази даних - надає інтерфейс доступу до бази даних, підтримує всі необхідні операції для обробки збереженої інформації (створення, зміна, оновлення). WEB сервер - забезпечує можливість доступу автоматизованих робочих місць, відповідно до наявних прав користувача, до вимірювань та управління технологічним процесом.

Мережевий рівень відповідає за передачу даних від апаратів захисту електродвигунів (АЗД)

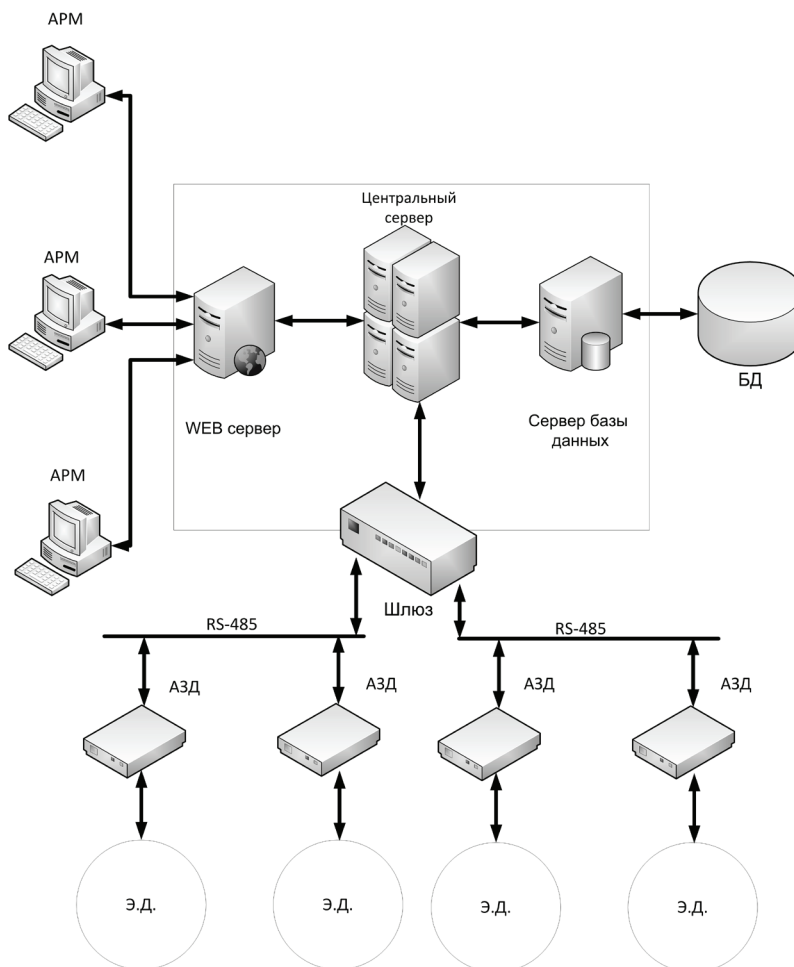


Рисунок 1. Структура АСУ ТП

до сервера і команд управління від сервера до АЗД. Для реалізації вимог щодо промислових мереж і ліній передачі, був обраний перешкодостійкий протокол зв'язку ModBus [1], який використовує переваги інтерфейсу RS-485 [2], [3], такі як перевірка цілісності даних і підвищені електричні рівні.

Рівень вимірювальних пристроїв представляє собою безліч апаратів захисту електродвигунів, безпосередньо підключених до контрольованих об'єктів, що відповідають за отримання вимірювань та виконують оперативний контроль стану об'єктів. Через цей рівень також можливо здійснювати управління двигунами.

### 3 Оперативний контроль ЕД на основі його електричних параметрів

Аналізуючи форму графіка сигналу будь-якої з електричних величин електродвигуна на даному періоді АЗД може виявити аварії в електромеханічній частині електродвигуна.

Аварії ЕД на які розраховано оперативний алгоритм захисту діляться на два типи: термінові та аварії з витримкою часу. При виявленні аварій термінового типу, алгоритм захисту електродвигуна повинен відразу зупинити двигун або взагалі заборонити його запуск. При виявленні аварії з витримкою часу алгоритм захисту електродвигуна починає зворотній відлік, по закінченню якого електродвигун зупиняється, якщо за час відліку аварійна ситуація зникає, то відлік припиняється без відключення електродвигуна.

Слід зазначити що на відміну від аварій з витримкою часу, термінові аварії можуть виникати як при запущеному, так і при вимкненому двигуні, в той час як аварії з витримкою часу виникають лише при запущеному двигуні.

До термінових аварій відносяться:

«Аварія замалого опору ізоляції» – виникає коли опір ізоляції падає нижче встановленого

значення, така ситуація дуже загрозна перш за все для людей які працюють з двигуном, бо виникає ймовірність враження електричним струмом.

«Аварія перегріву двигуна» - виникає при перевищенні температури корпусу двигуна встановленого значення.

«Аварія розриву фаз» - виникає коли відбувається розрив однієї або декількох живлячих фаз.

До аварій з витримкою часу відносяться:

«Аварія екстреного перевантаження» - виникає коли середній струм у фазах перевищує струм екстреного перевантаження, який дорівнює 220% від номінального струму (1). Час до аварії задається користувачем.

$$I_{EP} = I_{CP} > 2.2I_{НОМ} . \quad (1)$$

«Аварія перевантаження» - виникає коли середній струм у фазах перевищує струм перевантаження але менше струму екстреного перевантаження. Струм перевантаження дорівнює 110% від номінального струму (2). Час до аварії задається часовою характеристикою.

$$I_{П} = I_{EP} < I_{CP} < 1.1I_{НОМ} . \quad (2)$$

«Аварія втрати продуктивності» - виникає коли середній струм у фазах перевищує мінімальний струм але менше номінального струму (3). Час до аварії задається користувачем.

$$I_{ВП} = I_{MIN} < I_{CP} < I_{НОМ} . \quad (3)$$

Основна задача апаратів захисту електродвигуна реалізувати алгоритм оперативного контролю але даний алгоритм контролює тільки електричну частину двигуна. Тому пропонується алгоритм спектрального аналізу, який контролює механічну частину на основі споживного струму електродвигуна.

Запис сигналів струму здійснюється протягом часу, необхідного для виконання спектрального аналізу з дозволом по частоті не менше 0.01-0.02 Гц. Оцифровані дані передаються на ПК, де виконується обробка отриманих даних: визначається частота обертання двигуна і число стрижнів його ротора, потім виконується спеціальний спектральний аналіз сигналу струму (4), (5).

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n w_N^{kn}, w_N = e^{\frac{2\pi i}{N}}, k = 0..N-1; \quad (4)$$

$$x_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n w_N^{-kn} . \quad (5)$$

Фізичний принцип, покладений в основу роботи діагностичного комплексу, полягає в тому, що будь-які пошкодження в роботі механічної частини електродвигуна та пов'язаного з ним пристрою призводять до змін магнітного потоку в зазорі електричної машини і, отже, до слабкої модуляції споживаного електродвигуном струму.

Наявність у спектрі струму двигуна характерних (і не збігаються) частот певної величини свідчить про наявність ушкоджень механічної частини електродвигуна та пов'язаного з ним механічного пристрою [4].

Таким чином реалізувавши оперативний контроль електродвигуна можна контролювати електричний стан двигуна, та є можливість контролювати механічну частину двигуна.

#### 4 Висновок

Наведена мережева система контролю забезпечує можливість автоматизованого управління апарата захисту електродвигуна, контролю стану електричних двигунів і оперативного реагування на виникаючі події. Накопичення статистичних даних, дозволяє здійснювати прогнозування зносу і своєчасний ремонт або заміну обладнання. Застосування систем захисту підвищує ефективність роботи підприємства за рахунок зниження аварійності та оптимізації режимів роботи електричних двигунів. З'являється можливість контролювати стан не тільки електродвигунів, а й самих апаратів захисту. Система легко піддається модернізації і розширенню.

**Література**

- [1] Томас Кюгельштадт. Защита узлов шин от переходных процессов. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://i.cmpnet.com/industrialcontroldesignline/2009/..Nodes.pdf>.
- [2] Техническая коллекция Schneider Electric. Руководство по организации сети Modbus. – 2007 Электронный ресурс. Режим доступа: [www.schneiderelectric.ru](http://www.schneiderelectric.ru).
- [3] Яшкардин В. RS-485 рекомендованный стандарт электрических характеристик генераторов и приемников для использования в балансных многоточечных системах. – 2009 Электронный ресурс. Режим доступа: [www.softelectro.ru](http://www.softelectro.ru).
- [4] W. T. Thomson : «A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors -Past Present and Future» Keynote address at IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Gijon, Spain, Sept. 1999 pp 3-18.