

*І.І. Пельтек, Є.Г. Худий*

*(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)*

## **СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ І ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН НАПРУГОЮ 6 КВ «СМ-6»**

Необхідність використання в електромеханічних системах приладів, аналогічних "чорному ящику", назріла вже давно. Аварійність в приводах промислових механізмів, на жаль, ще дуже велика. Причому, причини багатьох аварій залишаються до кінця не з'ясованими. Достовірно відновити всі параметри режимів, передуючих аварії, дуже важко. Показання різних приладів не зберігаються і не синхронізуються за часом. Багато важливих обставин фіксуються лише в оперативних журналах, а це не гарантує їх повноту і достовірність.

Особливо складними в розгляді є випадки аварійних виходів з ладу електричних машин в гарантійний період. Тому питання про створення системи автоматичної реєстрації координат електроприводу і параметрів електричних машин з пристроєм зберігання інформації типу "чорний ящик" є важливим як для ремонтних, так і для промислових організацій.

Система моніторингу СМ-6 «Чорний ящик» забезпечує реєстрацію параметрів і захист електродвигуна незалежно від наявності або відсутності системи автоматизації електроприводу. Система моніторингу СМ-6:

- має вбудований індикатор, що дозволяє відображати стан двигуна і технологічного агрегату «Норма»/«Предупреждение»/«Опасно»;
- має вихідні сигнали «Норма», «Попереджувальна|превентивна| сигналізація» і «Аварійна сигналізація (Сума аварій)» типу «сухий контакт»;
- містить інтерфейси передачі даних Ethernet та CAN для діагностики стану системи СМ-6 та інтеграції в системи автоматизації.
- Система моніторингу СМ-6 «Чорний ящик» забезпечує:
  - реєстрацію сліду аварії. Тривалість реєстрації сліду аварії 15 с до аварії і 5 с після аварії;
  - ведення журналу експлуатації. У журналі експлуатації реєструються випадки перегріву, перевантаження, перенапружень, обриву фаз, перекосу фаз і т.д.;
  - ведення журналу обслуговування. У журнал обслуговування заносяться дані паспорти електродвигуна, дата, обсяг і місце останнього ремонту, дані протоколу приймально-здавальних випробувань машини після ремонту відповідно до вимог ДСТУ, назва підприємства власника, дата і місце установки електродвигуна, дати і об'єми робіт періодичних випробувань, технічного обслуговування, поточних ремонтів та ін.

Структурна схема системи моніторингу електричних машин СМ-6 наведена на рис. 1.



Система моніторингу СМ-6 має дворівневу ієрархічну структуру і містить чотири або п'ять (за вибором) модулів збору, обробки і формування інформаційних потоків.

Перший (верхній) рівень представляє модуль М (Машина), розташований безпосередньо на електричній машині і забезпечує збір і обробку інформації від датчиків, розміщених на електричній машині, збір і обробку даних від модулів другого рівня і зберігання інформації про "історію життя" електричної машини і технологічного агрегату (по вибору).

Другий рівень представлений модулем S (підстанція), модулем R (ротор), модулем Т (технологічний агрегат) і модулем І (індикація), що забезпечують збір, обробку і передачу інформації від відповідних датчиків в модуль М.

#### *Призначення модулів системи моніторингу СМ-6*

Модуль М призначений для збору і обробки інформації від датчиків, розміщених на електричній машині, збору і обробки даних від модулів R, S, Т другого рівня і зберігання всієї інформації про історію життя електричної машини і технологічного агрегату.

Модуль S призначений для збору і обробки даних від датчиків струмів і напруги статора, видачі сигналів «Норма», «Попередження», «Небезпечно» в систему управління і захисту електродвигуна (за узгодженням з користувачем), обміну інформацією з модулем М і живлення всієї Системи моніторингу СМ-6.

Модуль R встановлюється лише для синхронних і асинхронних електричних машин з фазним ротором. Модуль R призначений для збору і обробки даних від датчиків струму і напруги ротора, датчика контролю корпусної ізоляції обмотки ротора і обміну інформацією з модулем М.

Модуль Т призначений для збору і обробки даних від датчиків технологічних параметрів агрегату, від датчиків температури і вібрації, розміщених на підшипникових опорах електродвигуна і технологічного агрегату і обміну інформацією з модулем М.

Модуль І призначений для індикації, по вибору, будь-якого з параметрів системи моніторингу і індикації категорій технічного стану|достатку| електродвигуна і технологічного агрегату, визначуваних по сукупності всіх параметрів, що реєструються в Модулях М, R, S і Т.

#### *Перелік контрольованих параметрів*

Модуль М – неелектричні параметри і корпусна ізоляція електричної машини:

- струм витоку корпусної ізоляції обмотки статора;
- опір ізоляції постійному струму і коефіцієнт абсорбції;
- температура обмоток статора;
- температура сталі статора;
- вібрація пакета заліза статора;
- температура та вологість охолоджуючого повітря.

Модуль S – електричні параметри електродвигуна (вторинні ланцюги вимірювальних трансформаторів струму і напруги):

- фазні струми;
- лінійні напруги.

Видача сигналів «Норма», «Попередження», «Небезпечно» в систему керування і захисту електродвигуна (за узгодженням з користувачем).

Модуль R – електричні параметри і корпусна ізоляція ротора електричної машини:

- струм збудження;
- напруга збудження;
- опір ізоляції обмотки ротора.

У асинхронних електродвигунів модуль R відсутній.

Модуль T – технологічні параметри, вібрація і температура вкладишів підшипникових опор технологічного агрегату і електричної машини. Технологічні параметри (залежно від типу агрегату):

- температура робочої речовини;
- тиск робочої речовини;
- витрата робочої речовини;
- тиск на вході насосного агрегату, повітродувки;
- маса, кількість, рівень матеріалу, що переробляється, і т.д;
- СКЗ віброшвидкості на підшипникових опорах технологічного агрегату і приводного електродвигуна;
- температура вкладишів підшипникових опор технологічного агрегату і приводного електродвигуна.

#### *Вимоги до надійності складових частин Системи СМ-6*

Вимоги до надійності складових частин Системи моніторингу СМ-6 залежать від їх призначення і місця установки.

Вимоги надійності, що висуваються до модулів S, R і I, які розміщуються в приміщенні підстанції, приміщенні чергового персоналу або в електротехнічній шафі системи управління електричною машиною, не відрізняються від вимог, що висуваються до електротехнічного обладнання загальнопромислового призначення.

Найжорсткіші вимоги надійності пред'являються до модулів M і T, що розміщуються на електричній машині і технологічному агрегаті. Корпус модулів M і T спроектований так, щоб гарантувати збереження записаних даних після дії на модулі наступних факторів:

- номінальні значення кліматичних чинників по ГОСТ 15150-69 і ГОСТ 1455431-89. При цьому нижнє значення температури навколишнього повітря – мінус 100°C, верхнє – плюс 600°C;
- навколишнє середовище не повинне містити пилу, пари мастил і кислот в концентраціях, що знижують параметри контрольованих електродвигунів в неприпустимих межах;

- модулі М і Т, як і контрольовані ними двигуни і технологічні агрегати, допускають роботу в атмосфері за змістом корозійних активних речовин типу ІІ по ГОСТ 15150-69. Концентрація пилу в ній не повинна перевищувати 10 мг/м<sup>3</sup>;
- умови експлуатації у місці дії механічних факторів МЗ по ГОСТ 17516-72;
- модулі М і Т повинні надійно працювати за наявності трясіння, вібрації з амплітудою до 2 мм при частоті 2,5 (12 Гц і амплітудою 0,1 мм при частоті 50 Гц);
- модулі М і Т повинні витримувати одиночні удари з прискоренням до 3g в процесі розгону і гальмування електродвигуна з максимально допустимою частотою повторення навантаження 10 (12 разів на хвилину).

### Система захисту СМ-6

Технічний стан електричної машини, що оцінюється системою СМ-6 по сукупності параметрів машини і координат електроприводу, умовно розділяється на три категорії – «Норма», «Попередження», «Небезпечно». Кожній з категорій технічного стану відповідає релейний сигнал типу «сухий контакт», який за узгодженням із службою експлуатації може бути використаний в існуючій системі управління і захисту електродвигуна.

Категорії поточного технічного стану електричної машини відображаються відповідними індикаторами.

На рис. 2 показана логіка кодування допустимих і аварійних рівнів сигналів. Для деяких з сигналів можуть бути відсутніми верхні або нижні аварійні рівні.

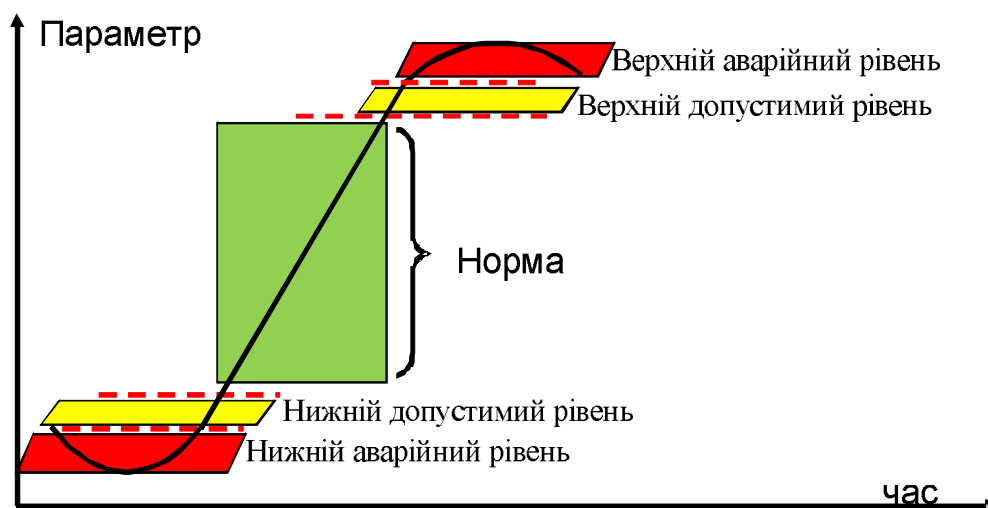


Рис. 2. Логіка кодування допустимих і аварійних рівнів сигналів

Система моніторингу СМ-6 забезпечує наступні функції захисту:

- від перевантаження (Класи 5 – 30 відповідно до ГОСТ Р 50030-4-1-2002);

- тепловий захист електродвигуна по вбудованих датчиках температури;
- від неприпустимого погіршення корпусної ізоляції;
- від перевищення рівня вібрації пакету сталі статора;
- від перевищення рівня вібрації на підшипникових опорах електродвигуна;
- від асиметрії фаз живлячої напруги;
- від перенапруження;
- від обриву фаз;
- від тривалого пуску електродвигуна;
- від стопорення електродвигуна;
- від перевищення температури підшипників;
- від перевищення вологості в місці установки машини.

#### *Статистичні функції системи моніторингу СМ-6*

Система моніторингу СМ-6 забезпечує реєстрацію наступних даних:

- кількість аварійних відключень електродвигуна;
- наявність попереджень про досягнення допустимих і аварійних рівнів по кожному з контрольованих параметрів;
- наявність діагностичних несправностей в системі СМ-6;
- кількість контрольованих параметрів електродвигуна;
- кількість годин роботи електродвигуна;
- сумарна кількість пусків за час життя електродвигуна.

Окрім реєстрації цих подій в СМ-6 ведуться два журнали – журнал експлуатації і журнал обслуговування.

#### *Реєстрація трендів сигналів*

СМ-6 забезпечує реєстрацію трендів наступних сигналів:

- лінійної напруги статора і ротора;
- фазних струмів статора і ротора;
- активної потужності;
- реактивної потужності;
- повній потужності;
- $\cos \phi$ ;
- струму витоку корпусної ізоляції статора і ротора;
- температури обмоток і сталі статора електродвигуна;
- температури підшипників двигуна і технологічного агрегату;
- рівня виброшвидкості пакету сталі статора;
- рівня виброшвидкості на підшипникових опорах електродвигуна і технологічного агрегату;
- вологості повітря;
- набору технологічних параметрів, які визначаються користувачем.

Термін зберігання і частота реєстрації сигналів визначається користувачем індивідуально для кожного тренда.

### *СМ-6 – елемент системи «обслуговування по фактичному стану»*

Діагностичні функції, закладені в системі моніторингу СМ-6, дозволяють спостерігати динаміку зміни показників технічного стану обладнання, вирішувати питання прогнозування остаточного ресурсу та безвідмовної роботи обладнання на протязі певного проміжку часу. Ці функціональні можливості органічно вписуються в рамки прогресивної методики «обслуговування обладнання за фактичним станом». Система СМ-6 є системою кризової інформаційної підтримки виробу на протязі всього його життєвого циклу.

Діагностика, здійснювана СМ-6, спрямована в основному на пошук і аналіз внутрішніх причин відмови. Зовнішні причини визначаються візуально, за допомогою вимірювального інструменту, нескладних пристосувань.

Особливість СМ-6 полягає в тому, що вона вимірює і визначає технічний стан обладнання і його складових частин в процесі експлуатації, безперервно і в автоматичному режимі, без участі персоналу.

Іншою особливістю СМ-6 є можливість узагальнення накопиченого досвіду і прогнозування залишкового ресурсу обладнання і встановлення терміну його безвідмовної роботи без ремонту (особливо капітального), тобто можливість коректування структури ремонтного циклу.

Прогнозування періодичності поточного і, особливо, капітального ремонту обладнання, можливо лише при одночасному технічному діагностуванні всіх або більшості його складових частин.

### *Інформаційна підтримка життєвого циклу виробу*

Система моніторингу СМ-6 є системою кризової підтримки виробу впродовж його життєвого циклу, або СALS-технології (Continuous Acquisition and LifeCycle Support). У Росії ця система отримала назву ІПВ-технології (інформаційна підтримка життєвого циклу виробу). Ці технології засновані на стандартизованому впорядкованому представленні даних про виріб і систему колективного доступу до цих даних. Такий підхід істотно знижує трудовитрати на всіх етапах життєвого циклу складного обладнання – від проектування до утилізації.

Застосування ІПВ-технології дозволяє створювати системи складної архітектури, що дозволяють експлуатувати і обслуговувати складну техніку найефективніше, до мінімуму знижуючи витрати на обслуговування і ремонт. При цьому необхідно високий рівень обслуговування задається вже на стадії виробництва і монтажу сучасних високотехнологічних агрегатів.

Використання ІПВ-технології дозволяє найорганічніше впроваджувати систему сервісу при обслуговуванні і експлуатації складного обладнання і зробити сервіс частиною технологічного циклу. При постійному інтерактивному контролі параметрів обладнання сервіс може бути частиною виробництва або здійснюватися сторонньою організацією.