

Симптоми за вибродиагностика на зъбни предавки от задвижванията на минната механизация

Вяра Пожидаева

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Въз основа на теоретични постановки и експериментални измервания на вибрации и обработка на данните с програмен продукт Condmaster Pro, са определени симптоми и параметри в честотните спектри за разпознаването на различни по характер повреди в зъбните предавки от задвижването на минната механизация

SYMPTOM PARAMETERS TO VIBRODIAGNOSTICS TO GEAR MESH OF MINING MECHANIZATION RUNNING

ABSTRACT. In the base of theoretical treatment and testing vibrations measurements and training to the data with Condmaster Pro programme, are determined the symptom parameters from the frequency specters to identify the difference damages of gear mesh of mining mechanization running.

Въведение

Разнообразието на дефектите в зъбните колела и разнообразието с което те се проявяват във вибрационния сигнал, поражда разнообразие и на методите за диагностициране. Всеки метод се стреми да формира инвариантен диагностичен признак. Все пак, всички методи трябва да бъдат разделени на две групи: методи за диагностициране на дефекти от изработване и монтаж на зъбните предавки и методи за диагностициране на експлоатационни дефекти. Основното различие между тези две групи методи се изразява в честотната сфера на проявление. Докато дефектите от изготвянето и монтажа се диагностицират по изменението на спектрите на принудените трептения в ниско и средночестотен диапазон, то дефектите от експлоатацията се диагностицират по изменението на модулационните характеристики на принудените и собствени честоти в значително по-високочестотните зони. Тази особеност предоставя възможност да се определят и конкретизират симптоми в честотния спектър (хармоник или група хармоници със съответна честота и амплитуда), за изява на различни дефекти и технически неизправности в зъбните двойки. Обект на изследване в настоящата работа са зъбните предавки от задвижването на ГТЛ 2250 (фиг.1), от минната механизация на "Мини Марица-Изток" ЕАД. Експериментите са реализирани с наличната в "Мини Марица-Изток" ЕАД апаратура Т30 и програма Condmaster PRO v.1.11, с цел внедряването ѝ в експлоатационни условия.

По своята същност апарат Т30 на фирма SPM-Instrument, представлява честотен анализатор в реално време с функции "колектор на данни", в който предварително се програмират чрез управляващата програма Condmaster PRO, обема на измерванията и маршрута на обхождане на измервателните точки. Честотният диапазон на Т30 е до 1000 Hz, а разделителната му способност е 400 линии на спектър. Измерванията се реализират ръчно, след което съхранената в паметта на апарата информация се транс-

фемира в компютърната база данни на Condmaster PRO за обработка и определяне на техническия ресурс и евентуалните повреди в елементите от диагностицирания обект.

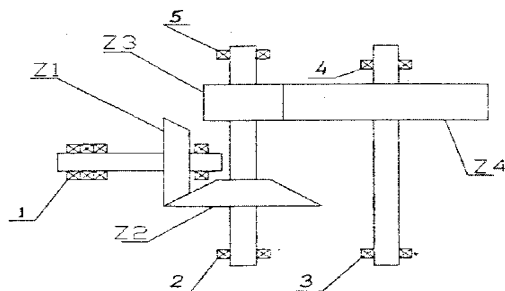
Управляващата програма Condmaster PRO е структурирана за елементарна диагностика на обектите, като за тази цел е необходимо да се определят предварително следните характеристики за тях:

1. Повреди в елементите на обекта, които подлежат на диагностициране чрез контрол на вибрациите;
2. Маршрут на измервателните точки за позиционирането на датчиците с указване на обема и вида на измерванията;
3. Симптоми, които отразяват повредите в елементите – групи от хармоници в честотния спектър и/или съответни илюстративни статистически вибропоказатели;
4. Прагови стойности, предупредителни и алармени за съответните симптоми.

Последните две задачи от тази поредица могат да бъдат реализирани само чрез множество експериментални измервания и натрупване на голям информационен масив от данни.

Симптоми в честотния спектър и диагностични показатели за откриване на повреди в зъбните предавки.

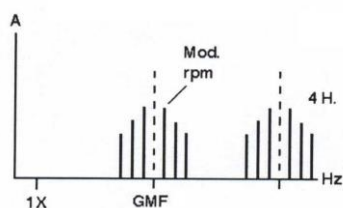
За всеки елемент от приложената кинематична схема (фиг.1), трябва да се зададат съответни измервания в подходяща последователност, които да обезпечат необходимата информация за разпознаването на повредата. Последното се извършва на базата на предварително конфигурирани в програмата симптоми, по които след визуализация на спектъра могат да се определят наличните повреди както и тяхната степен.



Фиг. 1. Кинематична схема с оказани измервателни точки

1. Симптом за повреди на зъбното колело

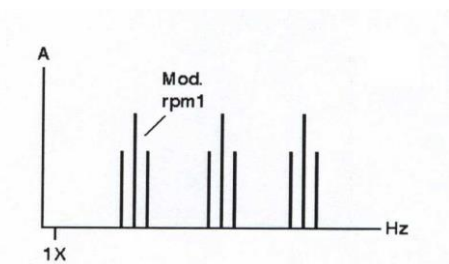
Чрез него се диагностират дефекти в зъбното колело, като нараняване, пукнатини, питинг, счупен или спукан зъб, хлабини и износване, изронване, задиране и др. Проявява се в спектъра като странични ленти на честотата на зъбното зацепване (Gear mesh frequency GMF), при честотната модулация на роторната честота на съответния вал. При наличието на дефект в спектъра ще присъстват 4 групи хармоници всяка с по 6 странични ленти (фиг. 2), чиято амплитудна стойност ще оказва големината на повредата. Измерва се вибрационната скорост във радиална посока, като предварително зададеният честотен диапазон трябва да превишава честотата на четвъртия хармоник от зъбното зацепване.



Фиг. 2. Симптом за повреди на зъбно колело

2. Симптом за наличие на несъосност в редуктора

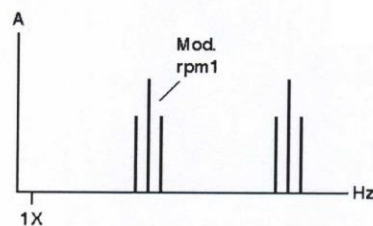
Технологична несъосност между валовете, като отклонение от успоредност или от перпендикулярност, както и неправилно набито на вал зъбно колело се проявяват в честотния спектр с три групи хармоници на честотата на зацепването на първата зъбна двойка и по две странични ленти модулирани на честотата на въртене на първи вал (фиг. 3). Измерва се вибрационната скорост във радиална посока, като предварително зададеният честотен диапазон трябва да превишава честотата на третия хармоник от зъбното зацепване.



Фиг. 3. Симптом за наличие на несъосност в редуктора

3. Симптом при наличие на проблем в сглобките между зъбните колела и валовете

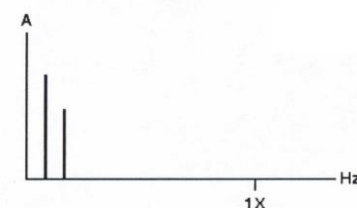
Наличието на тази неизправност се установяват чрез определянето на т.н. фазов фактор на сдружаване N_a (gear assembly phase factor GAPF), който представлява дробна част от честотата на зъбното зацепване (GMF), когато $N_a > 1$. Когато $N_a = 1$, $GAPF = GMF$. Повреда от този тип ще се илюстрира в спектр чрез пет хармонични групи на честота GAPF и по една странична лента модулирана на роторната честота на първи вал (фиг. 4).



Фиг. 4. Симптом при наличие на проблем в сглобките между зъбните колела и валовете

4. Симптом за фабрично лошо обработен зъб

Проявява се в честотния спектр чрез два субхармоника с честота $1X \cdot N_a / Z$ и $2X \cdot N_a / Z$, където Z е брой зъби на водимото зъбно колело от сеответната зъбна двойка (фиг. 5).



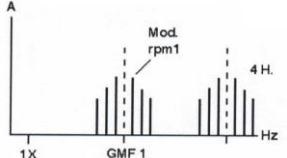
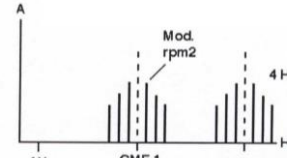
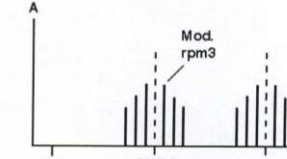
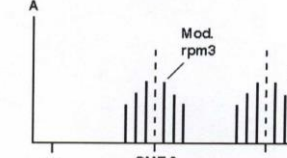
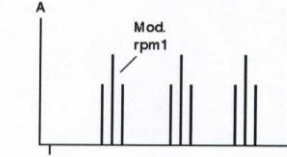
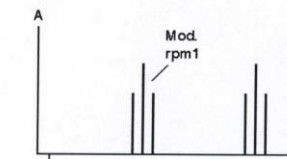
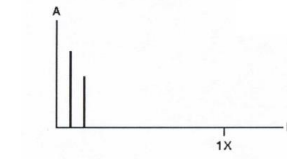
Фиг. 5. Симптом за фабрично лошо обработен зъб

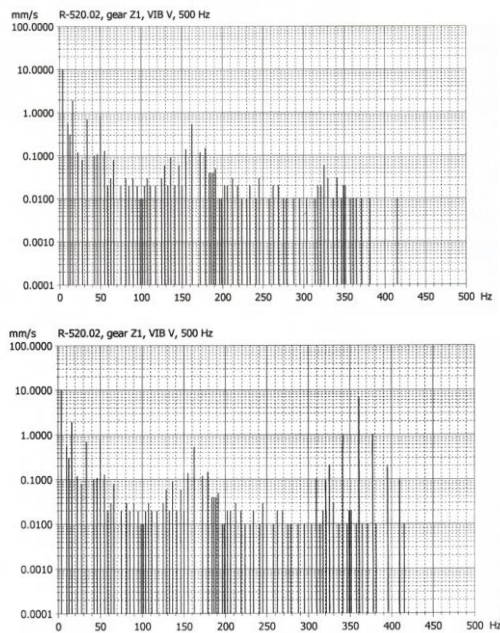
Експериментални резултати

На базата на проведените многобройни експерименти за зъбните предавки от задвижването на ГТЛ 2250 бяха конкретизирани следните гранични стойности на амплитудите от отделните симптоми (Таблица 1).

От приложената таблица 1 се вижда, че не малък брой от присъстващите честоти се намират в област надвишаваща честотния обхват на апаратурата (фиг. 6). Граничните стойности на амплитудите на виброскоростта са получени само на базата на присъстващите групи хармоници в диапазона до 1000 Hz.

Таблица 1

Механична неизправност	Честота Hz	Прагови нива за настройка RMS [mm/s]	Симптоми във вибрационния спектър
1. Повреди в зъбни колела			
Повреда в зъбно колело Z1, входящ вал (точка 1). $GMF1 = Rpm1 \cdot Z1$, Z1 = брой зъби на задвижващото зъбно колело от 1-ви вал.	361,02 722,04 1083,06 1444,10	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 4,0	 4 групи по 6 линии на $1X \cdot Z - 4X \cdot Z$
Повреда в зъбно колело Z2 от 2-ри вал, (точка 2). $GMF1 = Rpm2 \cdot Z2$, Z2=брой на зъбите на задвижваното зъбно колело от 2-ри вал.	361,02 722,04 1083,06 1444,10	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 4,0	 4 групи по 6 линии на $1X \cdot Z - 4X \cdot Z$
Повреда в зъбно колело Z3 от 2-ри вал. (точка 5) $GMF2 = Rpm2 \cdot Z3$ Z3 = брой зъби на задвижващо зъбно колело от 2-ри вал.	160,45 320,90 481,35 641,80	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 3,5	 4 групи по 6 линии на $1X \cdot Z - 4X \cdot Z$
Повреда в зъбно колело Z4 от 3-ти вал, (точка 4). $GMF2 = Rpm3 \cdot Z4$ Z4 = брой зъби на задвижваното зъбно колело от 3-ти вал.	160,45 320,90 481,35 641,80	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 3,0	 4 групи по 6 линии на $1X \cdot Z - 4X \cdot Z$
2. Несъосност в редуктора.			
Контролира се само в точка 1 от 1-ви вал на честота GMF1	361,02 722,04 1083,06	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 4,0	 3 групи по 3 линии на $1X \cdot Z1 - 3X \cdot Z1$
3. Симптом при наличие на проблем в слобките между зъбните колела и валове.			
Контролира се в точки 1 и 5.	361,02 722,04 1083,06 1444,10 1805,12 и 160,45 320,90 481,35 641,80 802,25	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 3,0	 5 групи по 3 линии на $1X \cdot Z/Na - 5X \cdot Z/Na$
4. Симптом за фабрично лошо обработен зъб.			
Контролира се в точки 2 и 4.	3,64 7,29 и 1,03 2,07	Различни по големина амплитуди, достигащи Max. 3,0	 2 линии на $1X \cdot Na/Z, 2X \cdot Na/Z$



Фиг. 6. Спектър на вибрациите на зъбно колело без и със дефекти

Изводи

Реализираните експерименти доказват, че наличната в "Мини Марица-Изток" ЕАД апаратура за вибрационен контрол на минната механизация, не може да осигури коректна

диагностика на всички зъбни предавки. Симптомите за техническа неизправност при високоскоростните зъбни двойки не могат да се илюстрират в спектъра не само поради ниския честотен обхват на апаратурата, но и поради недостатъчната ѝ разделителна способност. Въпреки споменатите недостатъци обаче, натрупаната база данни е достатъчна за един начален етап на работа с апаратурата.

В заключение може да се каже, че след коректното определяне на всички симптоми за диагностика и техните гранични нива, на практика ще бъде осигурена необходимата информация за преминаване към система за автоматичен контрол на редукторите от минната механизация.

Литература

- SPM Academy, 2001. Evaluated Vibration Analysis Method, Copyright 1998 by SPM Instrument AB, 71537.B, 41 p.
- SPM Academy, 2000. Vibration Analysis, Copyright 2000 by SPM Instrument AB, 71535.B, 76 p.
- SPM Instrument AB, Technical data, 1999. Working with Condmaster PRO and Data Loggers A30/T30, Copyright 1999 by SPM Instrument AB, 71545.B, 150 p.
- SPM Instrument AB, Technical data, 1998. Instruction Manual Analyzer A30 Tester T39, Copyright 1998 by SPM Instrument AB, 71532.B, 50 p.