



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 84041

(13) C2

(51) МПК (2006)

G01R 31/34

G01R 33/00

H02K 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПАКЕТІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ ЕЛЕКТРИЧНИХ  
МАШИН ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) а200606809

(22) 19.06.2006

(24) 10.09.2008

(46) 10.09.2008, Бюл.№ 17, 2008 р.

(72) ПРУС В'ЯЧЕСЛАВ В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ, UA,  
СУТОРМІНА АННА ОЛЕКСАНДРІВНА, UA(73) КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХ-  
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56) UA 62491 A, 15.12.2003

SU 960681, 23.09.1982

RU 2082274 C1, 20.06.1997

RU 2195681 C1, 27.12.2002

RU 2223587 C2, 27.10.2002

EP 0344558 B1, 06.12.1989

EP 1430297 B1, 23.06.2004

GB 2044936 A, 22.10.1980

US 4573012, 25.02.1986

(57) 1. Спосіб автоматичної діагностики пакетів електротехнічної сталі електричних машин, що включає локальне визначення стану пакетів шляхом змінного перемагнічування двох сусідніх зубців, замикання магнітного кола між ними через ярмо пакета сталі і по кожному із зубців окремо, вимірювання магнітних параметрів і втрати у сталі та визначення місцеположення, характеру і розмірів пошкоджень в пакетах, який **відрізняється** тим, що додатково пошкодження в пакеті виявляють незалежно від глибини їх залягання та просторової орієнтації, для чого формують відповідні зміни амплітуди та частоти напруги живлення вимірювальних індукторів, що змінює глибину проникнення магнітного потоку у пакет, при цьому діапазони змін амплітуди для кожної з частот напруги живлення індукторів формують за умови наявності найбільшої кількості чітких незалежних діагностич-

2

них параметрів, які характеризують електричні та магнітні властивості нелінійних кіл зі сталлю і є чутливими до пошкоджень, та додатково розширюють ряд діагностичних параметрів за рахунок складових миттєвої потужності втрат у сталі, чутливих до пошкоджень, далі розділяють втрати у сталі на кожній окремій досліджуваній ділянці пакета на складові на гістерезис та вихрові струми при тестуванні по двох зубцях та уточнюють коефіцієнти для їх розрахунку і за сукупністю отриманих даних роблять висновок про стан пакетів сталі.

2. Пристрій для автоматичної діагностики пакетів електротехнічної сталі електричних машин, що є діагностичним комплексом і містить вимірювальні індуктори для тестування пакета сталі по одному та двох зубцях, які з'єднані з системою датчиків для вимірювання напруги джерела живлення, яка подається на обмотки індукторів, датчиків струму обмоток намагнічування індукторів та датчиків напруг вимірювальних обмоток індукторів, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введені установка для автоматичного локального тестування, система керування приводними кроковими електродвигунами якої виконана з можливістю керування траєкторією переміщення індукторів по зубцях пакета та з'єднана з регульованим джерелом живлення, за допомогою якого здійснюється зміна амплітуди та частоти напруги на входах індукторів, та з'єднаний з вищевказаною системою датчиків вимірювальний модуль у складі блока керування, який є обчислювальною системою для обробки результатів вимірювань в режимі реального часу.

Винахід відноситься до електротехніки, а саме до визначення електричних та магнітних параметрів нелінійних кіл зі сталлю при змінному перемагнічуванні зі складною формою напруги живлення і може бути використаним при діагностиці статорів і роторів електричних машин постійного та змінного струму як загальнопромислового, так і спеціально-

го призначення, а також довільних шихтованих пакетів сталі.

Відомий спосіб виявлення місцевих нагрівів в зубцях пакетів електричних машин шляхом перевірки локальних зон пакетів статорів після їх ремонту, а також ділянок поверхні розточки статорів, пошкодження яких засвідчили дані візуального

(13) C2

(11) 84041

(19) UA

огляду чи теплового контролю [Анемподистов В.П., Белонин В.К., Дегусаров Ю.А. и др. Выявление местных нагревов сердечников статора // Электротехника. - 1982. - №10. - С.62-63]. Сутність способу полягає в змінному перемагнічуванні окремих ділянок пакету сталі при сталих значеннях магнітної індукції та частоти живлення.

Недоліки способу:

- спосіб не дозволяє визначати точне місцепо-  
ложення та характер пошкоджень пакету через  
обмежену кількість контрольованих точок та відсу-  
тність критеріїв розрізнення типів пошкоджень;

- контроль здійснюється в умовах, відмінних за  
рівнем магнітної індукції від робочого режиму.

Даний винахід прийнято у якості аналогу спо-  
собу.

Відомий спосіб [Деклараційний патент №62491А, Україна, МКИ G01R31/34, G01R33/14, H02K15/00, "Спосіб діагностики зубцевої зони па-  
кетів електротехнічної сталі електричних машин" /  
Прус В.В., Родькін Д.Й., Войтех О.А., Петров Р.М.,  
Опубл. 15.12.2003; Бюл. №12], що забезпечує ло-  
кальне визначення стану пакетів електротехнічної  
сталі електричних машин шляхом змінного пере-  
магнічування двох сусідніх зубців, замикаючи маг-  
нітне коло через ярмо пакету сталі і по кожному з  
зубців окремо, вимірюючи магнітні параметри та  
втрати в сталі, визначаючи місцепоположення, ха-  
рakter та розміри пошкоджень в пакетах.

Недоліки даного способу:

- низька інформативність, оскільки діагностиці  
підлягає лише поверхнева зона зубців пакетів сталі  
статорів;

- неможливість досягти необхідного ступеня  
вірогідності при виявленні та розрізненні типів по-  
шкоджень, що обумовлюється тим, що сукупність  
визначених незалежних діагностичних параметрів  
не є чіткою та однозначною внаслідок поглинання  
ряду з них похибкою вимірювань.

Даний винахід є прототипом способу, оскільки  
має суттєві спільні ознаки з запропонованим спо-  
собом.

Відомий пристрій, призначений для виявлення  
місцевих нагрівів в зубцях пакетів електричних  
машин [Анемподистов В.П., Белонин В.К., Дегуса-  
ров Ю.А. и др. Выявление местных нагревов серд-  
ечников статора // Электротехника. - 1982. - №10.  
- С.62-63], який представляє собою вимірюваль-  
ний індуктор, що штучно створює з пакетом за-  
мкнений магнітний контур і збуджує в ньому магні-  
тний потік. При проведенні діагностики живлення  
індуктора, здійснюється від джерела промислової  
частоти. Величина магнітного потоку вимірюється  
за допомогою контрольної обмотки, нанесеної  
безпосередньо на один із полюсів індуктора.

Недоліки пристрою:

- високий рівень похибки вимірювань при на-  
сиченому стані сталі;

- недостатній рівень достовірності результатів  
внаслідок значних розмірів індуктора.

Даний винахід прийнято в якості аналогу при-  
строю.

Відомий пристрій для діагностики пакетів еле-  
ктротехнічної сталі електричних машин [Деклара-  
ційний патент №62491А, Україна, МКИ G01R31/34,

G01R33/14, H02K15/00, "Спосіб діагностики зубце-  
вої зони пакетів електротехнічної сталі електрич-  
них машин" / Прус В.В., Родькін Д.Й., Войтех О.А.,  
Петров Р.М., Опубл. 15.12.2003; Бюл. №12], що  
включає вимірювальні індуктори для тестування  
пакету сталі по одному та двох зубцях, систему  
датчиків для вимірювання напруги джерела жив-  
лення, яка подається на обмотки індукторів, дат-  
чики струмів обмоток, що намагнічують, та напруг  
вимірювальних обмоток індукторів.

Недоліком пристрою є трудомісткість та значні  
затрати часу на проведення процесу діагностики.

Даний винахід прийнято у якості прототипу  
пристрою.

Мета винаходу - підвищення інформативності  
та вірогідності локальної діагностики пакетів сталі  
статорів та роторів електричних машин при змен-  
шенні затрат часу та зниженні трудомісткості про-  
цесу діагностики.

Перелік фігур винаходу:

Фіг.1. Часові діаграми зміни амплітуди, частоти  
напруги живлення та глибини проникнення магніт-  
ного потоку в пакет статора;

Фіг.2. Оцінка вірогідності діагностичних пара-  
метрів;

Фіг.3. Алгоритм визначення гармонічних скла-  
дових миттєвої потужності;

Фіг.4. Блок-схема діагностичного комплексу;

Фіг.5. Установка для автоматичного локально-  
го тестування.

Спосіб автоматичної діагностики пакетів еле-  
ктротехнічної сталі електричних машин, що забез-  
печує локальне визначення стану пакетів шляхом  
змінного перемагнічування двох сусідніх зубців,  
замикаючи магнітне коло через ярмо пакету сталі і  
по кожному з зубців окремо, вимірюючи магнітні  
параметри і втрати в сталі та визначаючи місце-  
положення, характер і розміри пошкоджень в паке-  
тах. Відрізняється тим, що пошкодження в пакеті  
виявляються незалежно від глибини їх залягання  
та просторової орієнтації, що досягається шляхом  
формування відповідних законів зміни амплітуди  
та частоти напруги живлення вимірювальних інду-  
кторів (Фіг.1), завдяки чому змінюється глибина  
проникнення магнітного потоку у пакет, при наяв-  
ності набору діагностичних параметрів, які харак-  
теризують електричні та магнітні властивості нелі-  
нійних кіл зі сталлю і є чутливими до видів  
пошкоджень; підвищується вірогідність діагности-  
ки, що досягається формуванням діапазонів зміни  
амплітуди для кожної з частот напруги живлення  
за умов наявності найбільшої кількості чітких не-  
залежних діагностичних параметрів (Фіг.2), розши-  
ренням ряду діагностичних параметрів за рахунок  
складових миттєвої потужності втрат в сталі  
(Фіг.3), чутливих до видів пошкоджень; уточнюють-  
ся значення втрат в сталі на кожній окремій дослі-  
джуваній ділянці пакету та коефіцієнтів для їх роз-  
рахунку шляхом відокремлення складових на  
гістерезис та вихрові струми при тестуванні по  
двом зубцям.

В результаті діагностики отримують реальну  
картину точного місцепоположення, розмірів та оріє-  
нтації пошкоджених ділянок, на основі якої, при  
використанні методик повірного розрахунку під-

приємств-виробників електричних машин, прогноуються їх нові паспортні дані, робочі параметри, характеристики та теплові режими роботи.

Процес діагностики здійснюється за наступними етапами:

- вимірювальні індуктори для тестування по одному та по двом зубцям покроково переміщуються вздовж пакету і здійснюють перемагнічування двох сусідніх зубців, замикаючи магнітне коло між ними через ярмо, та, паралельно з цим, створюють в одному з них магнітний потік згідно з напрямом переміщення індуктора.

При цьому у кожній позиції вимірювальних індукторів напруга живлення модульована по амплітуді та частоті, завдяки чому досягається зміна глибини проникнення магнітного потоку і ступеню насичення сталі, для яких здійснюється контроль та попередня обробка миттєвих значень напруги на вимірювальних обмотках, відповідних їм значень напруги та частоти джерела живлення і струмів обмоток, що намагнічують.

Завдяки проникненню магнітного потоку на різну глибину у пакет сталі зубця при зміні частоти напруги живлення визначається картина розподілу пошкоджень пакету по всій висоті зубців та у верхніх від розточки зонах ярма, що відображено на Фіг.1, де на кожному з проміжків часу  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  джерелом живлення формується напруга з частотами, яким відповідає проникнення магнітного потоку в пакет сталі на глибину  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  відносно поверхні зубців.

При тестуванні по двом зубцям визначаються співвідношення між виміряними на різних частотах значеннями втрат у сталі з метою їх розділення на складові від гістерезису та вихрових струмів на кожній окремій досліджуваній ділянці пакету за умови сталості магнітного потоку. Для цього амплітуда напруги живлення змінюється пропорційно її частоті:

$$\frac{U}{f} = \text{const},$$

де  $U$ ,  $f$  - амплітуда та частота напруги живлення.

Значення складових втрат від гістерезису та вихрових струмів знаходяться у відповідності до співвідношення:

$$P_c = P_r + P_v = C_r \cdot f + C_v \cdot f^2,$$

де  $P_c$ ,  $P_r$ ,  $P_v$  - втрати в сталі - сумарні, на гістерезис та на вихрові струми;  $C_r$  та  $C_v$  - відповідні їм коефіцієнти.

Виразивши з коефіцієнтів  $C_r$  та  $C_v$  питомі втрати на гістерезис та вихрові струми відповідно до співвідношень

$$P_{r1,0/50} = \frac{C_r \cdot 50}{m \cdot \left(\frac{B}{1,0}\right)^2};$$

$$P_{v1,0/50} = \frac{C_v \cdot 2500}{m \cdot \left(\frac{B}{1,0}\right)^2},$$

де  $P_{r1,0/50}$ ,  $P_{v1,0/50}$  - питомі втрати в сталі на гістерезис та вихрові струми при магнітній індукції 1

Тл на частоті 50 Гц;  $B$  - індукція, для якої визначались коефіцієнти  $C_r$  та  $C_v$ ;  $m$  - маса досліджуваної ділянки пакета, шляхом розв'язку системи

$$\begin{cases} P_{r1,0/50} + P_{v1,0/50} = P_{1,0/50} \\ P_{r1,0/50} \cdot \left(\frac{f}{50}\right) + P_{v1,0/50} \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^2 = P_{1,0/50} \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^\alpha, \end{cases}$$

де  $P_{1,0/50}$  - питомі сумарні втрати в сталі при магнітній індукції 1 Тл на частоті 50 Гц, при довільному значенні частоти з діапазону 60-300 Гц уточнюють величину,  $P_{1,0/50}$  і коефіцієнту  $\alpha$ , які використовуються для визначення втрат у сталі при застосуванні методик повіреночного розрахунку.

Діапазони зміни амплітуди для кожної з частот напруги живлення формуються відповідно до умови наявності найбільшої кількості чітких незалежних діагностичних параметрів, похибка вимірювання яких не перекриває інтервалу чутливості до розрізнення основних видів дефектів, що пояснюється на Фіг.2. У випадку умовно вірогідного варіанту для діагностичного параметру  $F_1$  при  $n$  незалежних вимірюваннях інтервал чутливості до розрізнення пошкоджених ділянок відсутній або близький до нуля -  $\Delta 2F_1$ , що не дозволяє використовувати параметр  $F_1$  у якості чіткого незалежного діагностичного параметру. У випадку абсолютного вірогідного варіанту діагностичний параметр  $F_1$  при  $n$  незалежних вимірюваннях має інтервали чутливості до розрізнення основних видів дефектів  $\Delta 1F_2$  та  $\Delta 2F_2$ , які не перекриваються похибкою вимірювань, що дозволяє використовувати  $F_1$  у якості чіткого незалежного діагностичного параметру.

- після того, як вимірювальні індуктори послідовно пройдуть вздовж кожного зубця пакету, відбувається процес остаточної обробки вимірюваних даних з розрахунком і подальшим аналізом визначеного набору діагностичних параметрів.

З метою підвищення інформативності запропонованого способу існуючий ряд діагностичних параметрів, до складу якого входять напруженість магнітного поля  $H$ , магнітна індукція  $B$ , коефіцієнти гармонік кривих струму намагнічування  $k_{r1}$  та ЕРС вимірювальної обмотки  $k_{rU2}$ , повний магнітний опір кола  $Z_m$  та втрати в сталі  $P_c$ , було розширено за рахунок використання складових миттєвої потужності кривої втрат в сталі, чутливих до основних дефектів пакету, а саме ослаблення пресування та закорочування окремих листів. Алгоритм їх визначення зображено на Фіг.3.

Відповідно до наведених нижче співвідношень розрахунок складових миттєвої потужності здійснюють на основі спектрів гармонік напруги  $u(t)$  та струму  $i(t)$ , отриманих за допомогою дискретного або швидкого перетворення Фур'є. При цьому миттєва потужність представляється у вигляді:

$$p(t) = p(t)|_{\text{const}} + p(t)|_{\cos} + p(t)|_{\sin},$$

де  $p(t)|_{\text{const}}$ ,  $p(t)|_{\cos}$ ,  $p(t)|_{\sin}$  - постійна косинусна та синусна її складові;

$$p(t)|_{\text{const}} = \sum_{v=1,3,\dots}^n P_v;$$

$$\begin{aligned}
p(t)|_{\cos} = & \sum_{v=1,3,\dots}^n (P'_v + \sum_{\substack{j=1,3,\dots,n \\ k=n,n-2,\dots,1 \\ j+k=2\cdot v \\ j \neq k}} P'_{jk} + \\
& + \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ l-m=2\cdot v \\ m-l=2\cdot v \\ l \neq m}} P_{lm}) \cos(2v\omega t) + \sum_{v \neq 1,3,\dots}^n \left( \sum_{\substack{y=3,5,\dots \\ v y > v x \\ v x + v y \neq 2\cdot v}} \left( \sum_{\substack{j=1,3,\dots,n \\ k=n,n-2,\dots,1 \\ j+k=v x + v y \\ j \neq k}} P'_{jk} + \right. \right. \\
& + \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ l-m=v x + v y \\ m-l=v x + v y \\ l \neq m}} P_{lm}) \cos((v x + v y)\omega t)) \\
p(t)|_{\sin} = & \sum_{v=1,3,\dots}^n (Q'_v + \sum_{\substack{j=1,3,\dots,n \\ k=n,n-2,\dots,1 \\ j+k=2\cdot v \\ j \neq k}} Q'_{jk} - \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ m-l=2\cdot v \\ l \neq m}} Q_{lm} + \\
& + \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ l-m=2\cdot v \\ l \neq m}} Q_{lm}) \sin(2v\omega t) + \sum_{v \neq 1,3,\dots}^n \left( \sum_{\substack{y=3,5,\dots \\ v y > v x \\ v x + v y \neq 2\cdot v}} \left( \sum_{\substack{j=1,3,\dots,n \\ k=n,n-2,\dots,1 \\ j+k=v x + v y \\ j \neq k}} Q'_{jk} - \right. \right. \\
& - \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ m-l=2\cdot v \\ l \neq m}} Q_{lm} + \sum_{\substack{l=1,3,\dots,n \\ m=n,n-2,\dots,1 \\ l-m=v x + v y \\ l \neq m}} Q_{lm}) \sin((v x + v y)\omega t))
\end{aligned}$$

де  $n$  - кількість гармонік, що підлягають розгляду;  $v, l, m, j, k, vx, vy$  - змінні, які характеризують умови формування гармонік миттєвої потужності від одночастотних та комбінаційних гармонічних складових напруги та струму;  $P_v, P'_v$  - синусні одночастотні квадратурні складові потужності гармонік;  $Q_v, Q'_v$  - косинусні одночастотні квадратурні складові потужності гармонік;

$$P_v = \frac{a_{iv}a_{uv} + b_{iv}b_{uv}}{4},$$

$$Q_v = \frac{a_{iv}b_{uv} + a_{uv}b_{iv}}{4},$$

$$P'_v = \frac{b_{iv}b_{uv} + a_{iv}a_{uv}}{4},$$

$$Q'_v = \frac{a_{uv}b_{iv} + a_{iv}b_{uv}}{4},$$

$P_{lm}, P'_{jk}$  та  $Q_{lm}, Q'_{jk}$  - відповідно синусні та косинусні комбінаційні складові потужності гармонік, що розраховуються аналогічно одночастотним;  $a_{uv}, b_{iv}, a_{iv}, b_{uv}$  - синусні та косинусні складові гармонік напруги та струму за результатами застосування перетворення Фур'є.

Вибір алгоритму перетворення Фур'є обумовлюється вимогами щодо можливості діагностики в режимі реального часу. При знаходженні складових гармонік напруги  $u(t)$  та струму  $i(t)$  враховується зсув сигналів внаслідок неодноразового опитування вимірювальних каналів.

Пристрій, призначений для автоматичної діагностики пакетів електротехнічної сталі електричних машин, що представляє собою діагностичний комплекс (Фіг.4), який включає вимірювальні індуктори, призначені для тестування пакету сталі по одному та двох зубцях; систему датчиків для вимірювання напруги джерела живлення, яка подаєть-

ся на обмотки індукторів; датчики струмів обмоток, що намагнічують; датчики напруг вимірювальних обмоток індукторів; відрізняється тим, що до його складу додатково включено установку для автоматичного локального тестування (Фіг.5), система управління приводними кроковими електродвигунами якої керує траєкторією переміщення індукторів по зубцям пакету; регульоване джерело живлення, що забезпечує зміну амплітуди та частоти напруги на вході індукторів; вимірювальний модуль у складі блоку управління, який являє собою додаткову обчислювальну систему для обробки результатів вимірювань в режимі реального часу.

Блок-схема діагностичного комплексу наведена на Фіг.4 і містить наступні позначення:

- 1 - пакет сталі статора;
- 2 - вимірювальні індуктори для тестування пакету сталі по одному та двох зубцях;
- 3, 4 - крокові електродвигуни, які здійснюють поступальне та кутове переміщення індуктора;
- 5 - система управління приводними електродвигунами;
- 6 - механічні передачі;
- 7 - джерело напруги з регульованою амплітудою та частотою;
- 8 - датчик струму обмотки намагнічування індуктора для тестування по двох зубцях;
- 9 - датчик струму обмотки намагнічування індуктора для тестування по одному зубцю;
- 10 - датчик напруги на виході джерела живлення;
- 11 - датчик напруги вимірювальної обмотки індуктора для тестування по двом зубцям;
- 12 - датчик напруги вимірювальної обмотки індуктора для тестування по одному зубцю;
- 13 - аналоговий комутатор;
- 14 - підсилювач аналогового сигналу;
- 15 - АЦП;
- 16 - цифровий сигнальний процесор;
- 17 - цифрова логіка вимірювального модуля;
- 18 - блок цифрового вводу-виводу;
- 19 - послідовний постійний запам'ятовуючий пристрій;
- 20 - мікроконтролер зв'язку;
- 21 - ЕОМ;
- 22 - інтерфейс зв'язку з ЕОМ;
- 23 - принтер.

Пакет сталі статора 1 тестується за допомогою вимірювальних індукторів 2, які, шляхом формування відповідних режимів руху електродвигунами 3, 4 від системи управління 5 через механічні передачі 6, покроково переміщуються по кожному з зубців. Траєкторія руху визначається відповідно до початково заданих типорозмірів статора, що підлягає тестуванню.

Зміна амплітуди та частоти напруги живлення обмоток намагнічування вимірювальних індукторів 2 здійснюється за допомогою регульованого джерела живлення 7, побудованого на основі напівпровідникового перетворювача частоти з мікроконтролерним керуванням.

Блоки 13-20, 22 в сукупності являють собою вимірювальний модуль (ВМ) системи.

Контрольовані параметри: напруга на виході джерела живлення, струм в обмотках намагнічу-

вання та напруга на виходах вимірювальних обмоток індукторів з виходів датчиків струму 8, 9 та датчиків напруги 10, 11, 12 через аналоговий комутатор 13 та підсилювач 14 подаються на вхід аналогово-цифрового перетворювача 15.

Код з виходів 15 знімається за допомогою цифрового сигнального процесора 16, який є ядром додаткової обчислювальної системи, введеної через необхідність обробки в режимі реального часу результатів вимірювання з цифровою фільтрацією та застосуванням методів спектрального аналізу.

Крім основної функції, 16 задає режими роботи 17, який в свою чергу керує комутацією вимірювальних каналів, задає коефіцієнти підсилення вхідних аналогових сигналів в 14, режими роботи 15; та, через 18, формує режими роботи джерела живлення 7 та системи управління 5.

Послідовний постійний запам'ятовуючий пристрій 19 використовується для зберігання вимірювальної та проміжної обробленої інформації з метою зменшення завантаження 16 при роботі в режимі реального часу.

Мікроконтролер зв'язку 20 реалізує двосторонній повнофункціональний обмін інформацією між ВМ та ЕОМ 21 за допомогою інтерфейсу зв'язку 12, відповідно до стандарту USB 1.1.

В 21 виконується подальша обробка та аналіз результатів тестування з можливістю поточної візуалізації стану пакету сталі статора та подальшого виводу результатів діагностики на принтер 23.

Зовнішній вигляд установки для автоматичного локального тестування зображений на Фіг.5 і містить наступні позначення:

- 1 - пакет сталі статора;
- 2 - вимірювальні індуктори для тестування пакету сталі по одному та двох зубцях;
- 3, 4 - крокові електродвигуни, які здійснюють поступальне та кутове переміщення індуктора;
- 5 - опорна основа установки;
- 6 - призмоподібні підпори;
- 7 - повздовжня направляюча;
- 8 - гвинт;
- 9 - повзушка;

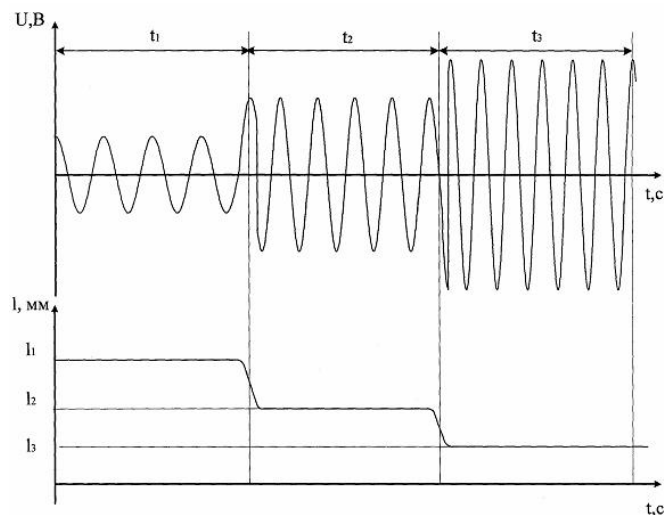
- 10 - корпус-опора механізму повороту;
- 11 - фланцевий вал;
- 12 - черв'ячне колесо;
- 13 - з'ємний кожух;
- 14 - повзушка гайки;
- 15 - вузол управління;
- 15-1 - електромагніт;
- 15-2 - з'єднувальна шпилька;
- 15-3 - пружина;
- 16 - втулка.

Положення статора, що підлягає тестуванню, центрується та фіксується за допомогою розміщених на опорній основі 5 з'єднаних призмоподібних підпор 6.

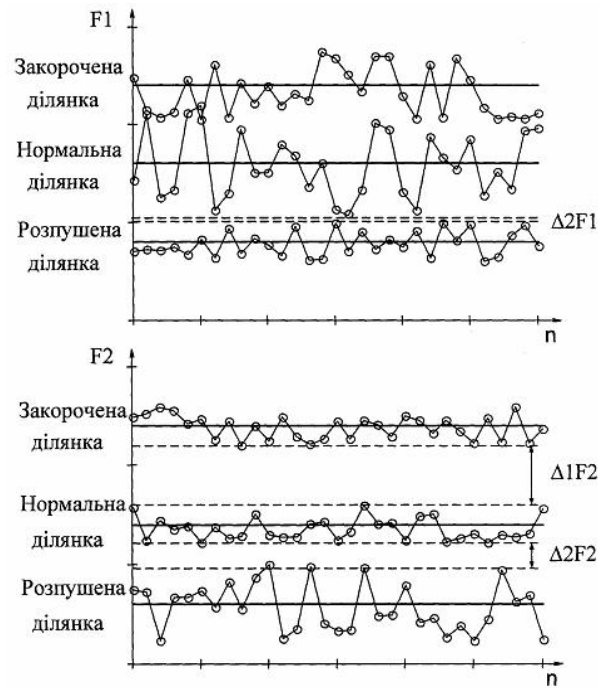
Переміщення головки з вимірювальними індукторами вздовж зубців статора здійснюється гвинтовою парною, розміщеною в пазу повздовжньої направляючої 7. Гвинт 8 приводиться у рух від фланцевого крокового електродвигуна 3, закріпленого на повзушці 9.

Для переведення індукторів на наступну пару зубців використовується механізм повороту, що зібраний на корпусі-опорі 10, всередині якої на упорних шарикопідшипниках встановлений фланцевий вал 11. Черв'ячне колесо 12, яке центровано та прикріплено до фланця вала на проточці шляхом болтового з'єднання, приводиться у рух за допомогою крокового двигуна 4. Венець черв'ячного колеса закритий з'ємним кожухом 13, що призначений для захисту обслуговуючого персоналу під час роботи установки.

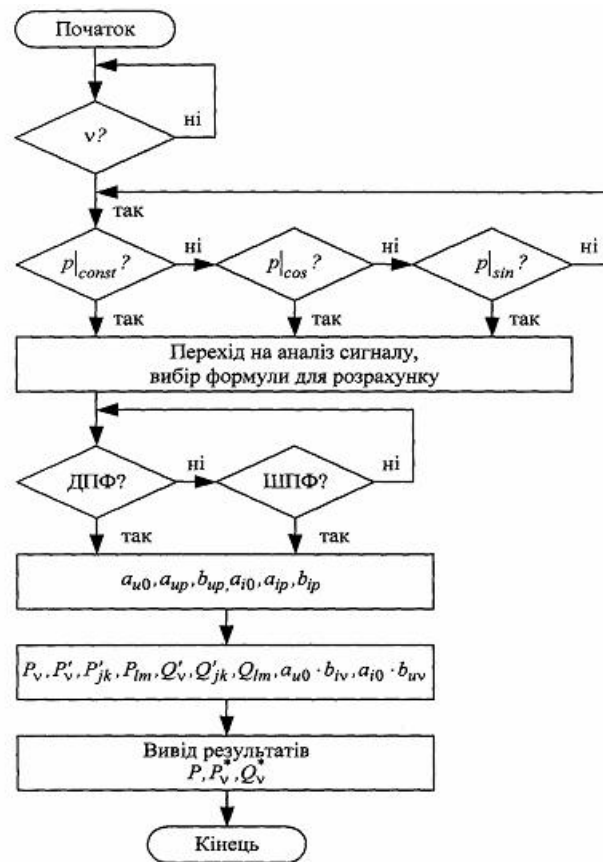
Вимірювальна головка складається з повзушки гайки 14, до якої прикріплений вузол управління 15, що включає в себе електромагніт 15-1, з'єднувальну шпильку 15-2, пружину 15-3 та вимірювальні індуктори для тестування пакету сталі по одному та двох зубцях 2. У нижній частині головки до шпильки приєднана змінна втулка з немагнітного матеріалу 16. Вивід проводів від вузла управління та від індукторів реалізовано через запобіжні втулки. Шляхом включення-відключення керуючого магніту відбувається підведення індукторів впритул до поверхні зубців та їх відведення при переході на наступну позицію.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

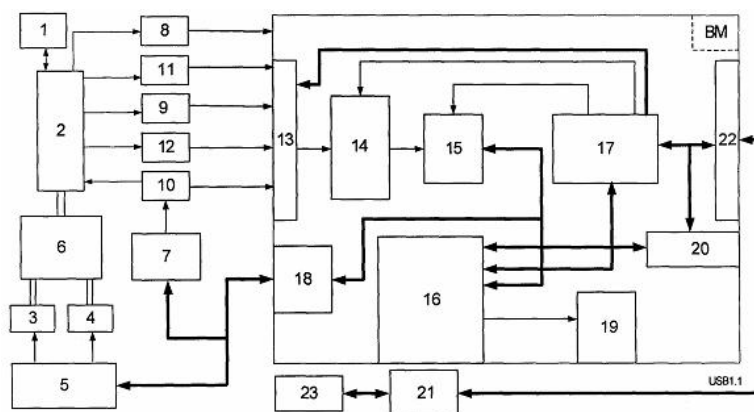


Fig. 4

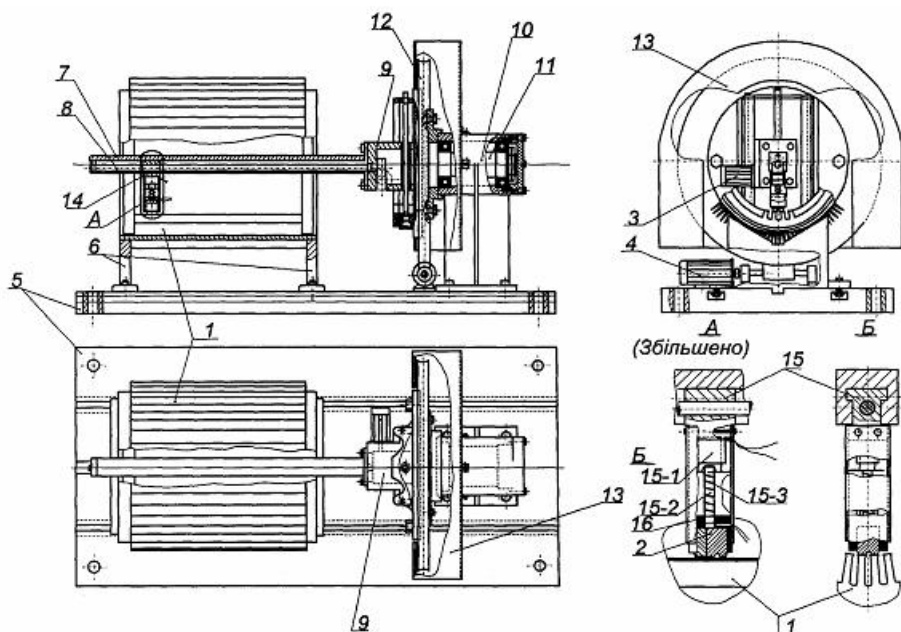


Fig. 5