



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86524 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01B 7/14
G01R 27/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ЗАЗОРУ МІЖ СТАТОРОМ І РОТОРОМ В ГІДРОГЕНЕРАТО-
РІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

(21) а200712431
(22) 09.11.2007
(24) 27.04.2009
(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.
(72) ПОТАШНИК СЕМЕН ІЗРАЙЛЕВИЧ, UA, ВО-
ЩИНСЬКИЙ КОСТЯНТИН ВАЛЕНТИНОВИЧ, UA,
ГРУБОЙ ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, UA, ЛЕВИЦЬ-
КИЙ АНАТОЛІЙ СТАНІСЛАВОВИЧ, UA, НЕБОЛЮ-
БОВ ЄВГЕН ЮРІЙОВИЧ, UA, НОВІК АНАТОЛІЙ
ІВАНОВИЧ, UA, ФЕДОРЕНКО ГРИГОРІЙ МИХАЙ-
ЛОВИЧ, UA, ШОФУЛ АНАТОЛІЙ КИРИЛОВИЧ, UA
(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКР-
ГІДРОЕНЕРГО", UA
(56) SU 1585872, H02K 15/00, G01R 31/34,
15.08.1990
ISSN 13-92-2114 ULTRAGARSAS, Nr.1 (46), 2003,
р.7-11
US 5101165, G01R 27/26, 31.03.1992
FR 2608781, G01B 7/14, G01D 5/241, 24.06.1988
RU 2318182, G01B 7/14, 27.02.2008
US 5497101, G01R 27/26, 05.03.1999
US 5166626, G01R 27/26, 24.11.1992
US 5119036, G01P 3/483, G01R 27/26, 02.01.1992
US 4823071, G01R 27/26, 35/00, 18.04.1989
DE 4309721, B60L 13/06, G01B 11/14, 29.09.1994
WO 0106622, G01B 11/14, H02K 15/00, 25.01.2001
DE 3435628, G01B 11/14, H02K 15/00, 10.04.1986

2

SU 60960, класс 21d, заявлено 19.05.1940

(57) 1. Спосіб вимірювання повітряного зазору між статором і ротором в гідрогенераторах, при якому вимірюють електричну ємність з використанням передавального електрода, перетворюють вимірювану ємність в величину зазору між площиною передавального електрода і полюсом ротора, підсумовують величину зазору з постійною величиною відстані між площиною передавального електрода та поверхнею зубця статора, який **відрізняється** тим, що електричну ємність вимірюють між передавальним електродом та полюсом ротора.

2. Пристрій для вимірювання повітряного зазору між ротором і статором в гідрогенераторах, який включає ємнісний датчик з передавальним електродом, розміщений на зубці статора, причому передавальний електрод з'єднаний з вимірювальним блоком, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введено екрануючий електрод, який розміщений навколо передавального електрода, і заземлений електрод, розміщений навколо екрануючого, причому екрануючий електрод з'єднаний з еквівалентною передавальному електроду точкою вимірювального кола, а заземлений електрод з'єднаний з корпусом вимірювального блока і полюсом ротора.

Винахід відноситься до електровимірювальної техніки, до вимірювання фізичних величин електричними методами, і може бути використаний для вимірювання повітряного зазору між статором і ротором в гідрогенераторах, а також в інших електричних машинах.

Відомий механічний спосіб вимірювання повітряного зазору, при якому використовується спеціальний клиновий розсувний інструмент, а поворот ротора здійснюється краном машинного залу [1].

Недоліком способу є його велика трудомісткість та низька точність. Крім того, його неможливо використати для автоматичних вимірювань.

Відомий оптичний спосіб автоматичного вимірювання зазору [2]. В основу способу закладено принцип визначення різночасності попадання відбиття променю світла, який видається оптичним датчиком, на смужки, нанесені на роторі, при зміні довжини проходження. Якщо відбиття від смужок відповідають одночасності отримання імпульсів від обох лінз в датчику, то зазор $\Delta_1 = T/[2tg(\varphi/2)]$, де T - відстань між смужками; φ - кут між напрямленнями лінз. Різночасність отримуваних імпульсів відповідає відхиленню величини зазору від величини Δ_1 , тобто

$$\Delta_1 = \Delta_1[1 - (B+C)/(A+D)],$$

(19) UA (11) 86524 (13) C2

де: Δ_1 - величина зазору; δ_1 - відхилення зазору; A, B, C, D - параметри різночасності.

Мікропроцесорний блок керування та контролю дозволяє вести цифровий відлік і реєстрацію показань датчиків, записує результати вимірювань в аналоговій формі, видає сигнал по перевищенню уставки та команду на відключення генератора.

При даному способі досягається точність вимірювання $\pm 0,1\%$.

Недоліком способу є його складність і велика трудомісткість монтажу пристрою, який його реалізує, на електричній машині, що сприяє його великій собівартості.

Найбільш близьким по технічній сутності до пропонованого винаходу є спосіб виміру зазору шляхом виміру електричної ємності, яка змінюється зі зміною зазору [3]. При цьому ємність вимірюється між двома електродами („передавальним” та „приймальним”), які розташовані на підкладці, що прикріплена до зубця статора. Зміна ємності відбувається при зміні відстані між поверхнею електродів та заземленою поверхнею полюса ротора. Величина шуканого повітряного зазору визначиться як сума вимірної відстані та постійного розміру (товщина підкладки) між площиною електродів та поверхнею зубця статора.

Відлік та обробка сигналів здійснюється в вимірювальному блоці.

Недоліком способу є низька чутливість та низька точність, а також висока вартість пристрою, що його реалізує. Низька чутливість та точність є наслідком малої величини робочої ємності і нелінійності функції перетворення.

Задачею винаходу є створення ємнісного способу вимірювання повітряного зазору, який дозволяє завдяки введенню нової операції досягти позитивного технічного результату, який полягає в підвищенні чутливості та точності, а також в зниженні собівартості.

Поставлене завдання вирішується таким чином, що у відомий спосіб вимірювання зазору, при якому вимірюють електричну ємність з використанням „передавального” електрода, перетворюють виміряну ємність у величину зазору між площиною „передавального” електрода і полюсом ротора, сумують величину зазору з постійною величиною відстані між площиною „передавального” електрода і поверхнею зубця статора, введено нову операцію, при якій електричну ємність вимірюють між „передавальним” електродом та полюсом ротора.

Технічний результат запропонованого способу досягається за рахунок того, що в ньому вимірюють ємність між „передавальним” електродом і полюсом ротора, і в цьому випадку величина інформативної ємності, що вимірюється, буде на порядок більшою, ніж у прототипа, а величина ємнісного опору є прямо-пропорційна зазору, завдяки чому збільшиться чутливість і точність вимірювання. До того ж, використання запропонованого способу дозволяє значно (в два-три рази) знизити апаратно-програмні витрати на математичну обробку нелінійної функції перетворення.

Порівняльний аналіз відомих технічних рішень показує, що введення нової операції є необхідним

і достатнім для досягнення нового технічного результату - збільшення чутливості та точності, а також зниження собівартості.

Відомий пристрій вимірювання повітряного зазору в гідрогенераторах [2]. Пристрій включає оптичний датчик, що встановлений на статорі, світло відбиваючі смужки, що встановлені на роторі, та вимірювальний блок. При зміні величини зазору змінюється довжина шляху, який проходить світло від двох сусідніх смужок та вимірюються відповідні часові інтервали. Отримані результати обробляються у вимірювальному блоці і формується вихідний сигнал, пропорційний величині зазору.

До недоліків пристрою відноситься велика складність, а також вартість виготовлення та монтажу на гідрогенераторі.

Найбільш близьким пристроєм є пристрій, в якому реалізується ємнісний спосіб вимірювання [3]. Пристрій містить ємнісний датчик з „передавальним” та „приймальним” електродами, а також вимірювальний блок. Датчик встановлено на статорі.

Пристрій працює наступним чином.

Вимірювальний блок вимірює електричну ємність C_x між „передавальним” та „приймальним” електродами. При зміні величини зазору δ змінюється відстань d_x між поверхнею електродів та заземленим полюсом ротора, що спричиняє зміну C_x .

Недоліком пристрою є те, що пристрій має низьку чутливість і точність через малу величину інформативної ємності, та значної нелінійності функції перетворення $C_x = f(d_x)$. Усунення нелінійності призводить до значних апаратно-програмних витрат, отже до великої собівартості.

Завданням винаходу є створення ємнісного пристрою для вимірювання повітряного зазору між ротором та статором в гідрогенераторі, який дозволяє завдяки усуненню одного елемента та введенню двох нових досягти нового технічного результату, а саме: підвищення чутливості і точності, а також зниження капіталовкладень на виготовлення.

Поставлене завдання створення пристрою, що реалізує ємнісний спосіб вимірювання повітряного зазору між статором і ротором в гідрогенераторах, вирішується таким чином, що у відомий пристрій вимірювання зазору, який містить ємнісний датчик з „передавальним” електродом, що розміщений на зубці статора, з'єднаний з вимірювальним блоком, додатково введено екрануючий електрод навколо „передавального” електрода та заземлений електрод навколо екрануючого електрода, причому екрануючий електрод з'єднаний з еквіпотенціальною „передавальному” електроду точкою вимірювального кола, заземлений електрод з'єднаний з корпусом вимірювального блока та полюсом ротора.

Для досягнення технічного результату запропонований пристрій містить ємнісний датчик з „передавальним”, екрануючим та заземленим електродами, а також вимірювальний блок. Через електричну ємність, утворену „передавальним” електродом, полюсом ротора і корпусами електричної машини та приладу проходить електричний струм. При цьому величина ємнісного опору ліній-

но зв'язана з величиною зазору. Вимірювальний блок перетворює величину ємнісного опору в електричний сигнал $U_{\text{вих}}$, пропорційний величині зазору. Заземлений електрод та екрануючий електроди слугують для захисту від викривлення електричного поля в зазорі та наводок.

Порівняння з відомими пристроями аналогічного призначення показує, що введення нових елементів та зв'язків у запропонованому пристрої є необхідним і достатнім для досягнення нового технічного результату: збільшення чутливості та точності вимірювання, а також зниження капітальних вкладень на виготовлення.

На Фіг. показана функціональна схема ємнісного вимірювача зазору між ротором і статором в гідрогенераторах.

Пристрій складається: з ємнісного датчика 1, „передавального” електрода 2, екрануючого електрода 3, заземленого електрода 4, вимірювального блоку 5.

Датчик 1, який містить електроди 2 і 3, встановлюється на зубці статора гідрогенератора 6, наприклад, методом приклеювання, і з'єднується з вимірювальним блоком 5 за допомогою кабелю з подвійним екраном 7, причому внутрішній екран з'єднаний з екрануючим електродом 3, а зовнішній - з заземленим електродом 4.

Пристрій працює наступним чином.

З вимірювального блоку 5 на „передавальний” електрод 2 подається напруга. Через електричну ємність, утворену електродом 2 та заземленим полюсом ротора 8, корпус гідрогенератора, заземлений електрод 4 і корпус вимірювального блоку 5

буде текти ємнісний струм, причому відношення напруги до току (ємнісний опір зазору) прямо пропорційно величині зазору d_x між площиною електродів 2, 3 та 4 і полюсом ротора 8. Зазор δ між статором 6 і полюсом ротора 8 буде визначатися як

$$\delta = d_x + \Delta,$$

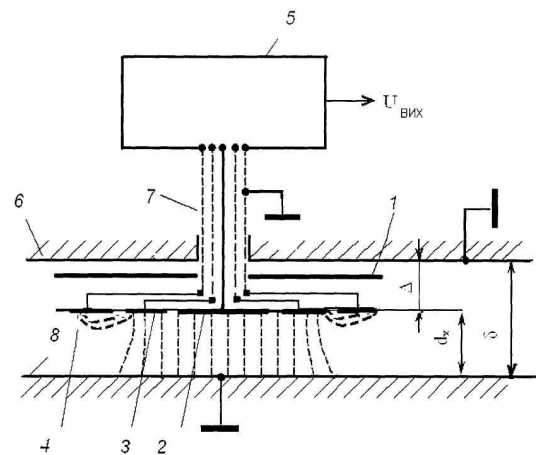
де Δ - відстань між площиною „передавального” електрода і поверхнею зубця статора (товщина датчика 1).

В блоці 5 величина ємнісного опору повітряного зазору перетворюється в вихідну напругу $U_{\text{вих}}$ (або вихідний струм $I_{\text{вих}}$), пропорційну величині зазору. Величина робочої ємності $C_x = f(d_x)$ в цьому випадку буде значно більшою, ніж у відомого пристрою.

Таким чином, запропонований спосіб вимірювання зазору, а також пристрій, який його реалізує, в порівнянні з прототипом мають більшу чутливість і точність, меншу собівартість через відсутність апаратно-програмних витрат на лінеаризацію функції перетворення.

Література

1. Федоренко Г.М., Саратов В.О., Черниш В.В. Вплив параметрів повітряного зазору на характеристики гідрогенераторів // Гідроенергетика України. - 2005. - №4. - С.26-33.
2. Алексеев Б.А. Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов М.: Научно-учебный центр ЭМАС, 1998. - 144с.
3. Mikalauskas R., Volcovas V. Air gap modeling and control possibilities in rotary systems / Ultragasars.-2003. Nr. 1(46).- P.7-11.



Фіг.