RZECZPOSPOLITA POLSKA

(12) TŁUMACZENIE PATENTU EUROPEJSKIEGO

(19) PL

(11) **PL/EP 3450107**

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(13) T3

(51) Int.Cl.
H02P 23/00 (2016.01)
H02P 6/06 (2006.01)
B25B 23/147 (2006.01)
G01L 3/00 (2006.01)
B25B 21/00 (2006.01)

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:
31.08.2017 17188780.5

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:
18.08.2021 Europejski Biuletyn Patentowy 2021/33
EP 3450107 B1

(54) Tytuł wynalazku:

UKŁAD STEROWANIA ZAKRĘTARKI

(30) Pierwszeństwo:

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

06.03.2019 w Europejskim Biuletynie Patentowym nr 2019/10

(45) O złożeniu tłumaczenia patentu ogłoszono:

17.01.2022 Wiadomości Urzędu Patentowego 2022/03

(73) Uprawniony z patentu:

Jan OSSA trading as ZBM OSSA, Tychy, PL
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

JAN OSSA, Rybnik, PL
ŁUKASZ ZAWADA, Tychy, PL
BARTOSZ OSSA, Tychy, PL
PAWEŁ PIĄTEK, Kraków, PL
ADAM PIŁAT, Kraków, PL
MARIUSZ PAULUK, Myślenice, PL
DARIUSZ MARCHEWKA, Kraków, PL
JERZY BARANOWSKI, Luborzyca, PL
TOMASZ DZIWIŃSKI, Rybnik, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Piotr Malcherek
RZECZNICY PATENTOWI INVENT SP. Z O.O.
ul. Gen. Ch. de Gaulle'a 8
43-100 Tychy

PL/EP 3450107 T3

Uwaga:

W ciągu dziewięciu miesięcy od publikacji informacji o udzieleniu patentu europejskiego, każda osoba może wnieść do Europejskiego Urzędu Patentowego sprzeciw dotyczący udzielonego patentu europejskiego. Sprzeciw wnosi się w formie uzasadnionego na piśmie oświadczenia. Uważa się go za wniesiony dopiero z chwilą wniesienia opłaty za sprzeciw (Art. 99 (1) Konwencji o udzielaniu patentów europejskich).

Przedmiot wynalazku

[0001] Przedmiotem wynalazku jest układ sterowania do zakrętarki, w szczególności elektrycznej zakrętarki wysokomomentowej sterowanej cyfrowo, przeznaczonej do zakręcania lub odkręcania połączeń śrubowych, zwłaszcza w konstrukcjach stalowych, maszynach, reaktorach chemicznych lub kolumnach destylacyjnych i innych podobnych konstrukcjach lub urządzeniach.

Stan techniki

[0002] Zakrętarki elektryczne stosowane są do zakręcania lub odkręcania połączeń śrubowych z nastawnym, regulowanym momentem obrotowym. Generalnie taka zakrętarka zawiera silnik elektryczny sterowany jednostką sterującą oraz skrzynię biegów sprzężoną z przekładnią redukcyjną, a także stopę reakcyjną i nasadkę roboczą. Podczas pracy zakrętarki istotnym jest, aby dokładnie określić moment obrotowy z którym dane połączenie śrubowe jest zakręcane. Powszechnie stosowane zakrętarki elektromechaniczne wykorzystują do określenia momentu obrotowego dokręcenia śruby pomiar prądu. Wadą tego sposobu jest występowanie błędów związanych z trudnymi do uwzględnienia zjawiskami zachodzącymi podczas zakręcania w elementach mechanicznych zakrętarki.

[0003] Ponadto z US 2013/0205955 znane jest urządzenie elektromechaniczne do zakręcania, w którym zastosowano czujnik momentu obrotowego.

[0004] EP 3 045 268, który jest najbliższym stanem techniki, ujawnia system sterowania zakrętarki przeznaczonej do dokręcania i odkręcania połączeń śrubowych z regulowanym momentem obrotowym, zawierający sterownik silnika elektrycznego zakrętarki, a ponadto zawierający czujnik momentu obrotowego. Czujnik momentu obrotowego jest skonfigurowany do pomiaru odkształceń skrętnych elementu przekładni redukcyjnej zakrętarki przenoszącego moment obrotowy, a ponadto

czujnik momentu obrotowego jest sprzężony ze sterownikiem, który jest skonfigurowany do korygowania wyjściowego sygnału sterującego do silnika elektrycznego w oparciu o sygnał z czujnika momentu obrotowego mierzącego rzeczywiste odkształcenia skrętne elementu przekładni redukcyjnej zakrętarki przenoszącego moment obrotowy.

[0005] Bardzo podobnych systemów sterowania można dopatrzeć się w EP 2 127 812, EP 2 691 211, EP 3 047 943 lub US 2004/182175.

Cel wynalazku

[0006] Celem wynalazku jest skonstruowanie układu i sposobu sterowania zakrętarki elektrycznej umożliwiającej zakręcanie i odkręcanie połączeń śrubowych o wysokiej dokładności i powtarzalności momentu obrotowego zakręcania lub odkręcania. Kolejnym celem wynalazku jest opracowanie układu, który pozwala na bezpośredni pomiar i kontrolę rzeczywistego momentu obrotowego przykładanego do połączenia śrubowego.

Istota wynalazku

[0007] Niniejszy wynalazek jest zdefiniowany przez niezależne zastrzeżenia patentowe numer 1 i 6 z korzystnymi przykładami wykonań ujawnionymi w zastrzeżeniach zależnych. W układzie sterowania zakrętarki według zastrzeżenia numer 1 czujnik momentu obrotowego jest skonfigurowany do pomiaru odkształceń skrętnych elementu przekładni redukcyjnej przenoszącego moment obrotowy, a ponadto czujnik momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem, który to sterownik jest skonfigurowany do korekcji wychodzącego sygnału sterującego do silnika elektrycznego na podstawie sygnału z czujnika momentu obrotowego pomiaru rzeczywistych odkształceń skrętnych elementu przekładni redukcyjnej zakrętarki przenoszącego moment obrotowy. Ponadto układ zawiera pojedynczą pętlę regulacji z regulatorem R, który jest skonfigurowany do sterowania silnikiem elektrycznym,

gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości mniejsze od wartości progowej, aby utrzymywać prędkość silnika napędzającego przekładnię na wartości prędkości zadanej. Ponadto układ sterowania zawiera kaskadowy układ regulacji z regulatorem R1, regulatorem R2 i regulatorem R3 które są skonfigurowane do sterowania silnikiem gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości pomiędzy wartością progową a wartością zadaną, przy czym regulator R3 jest skonfigurowany do monotonicznego zmniejszania różnicy między momentem obrotowym zadanym a momentem obrotowym mierzonym, regulator R2 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości narastania momentu obrotowego proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym a momentem obrotowym zadanym, zaś regulator R1 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości silnika zgodnie z sygnałem z regulatora R2.

[0008] Zasadnym jest, gdy czujnik momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem bezprzewodowo, korzystnie za pośrednictwem fal radiowych.

[0009] W szczególności czujnik momentu obrotowego ma postać modułu nakładanego na przekładnię redukcyjną, która sprzężona jest z elementem przekładni redukcyjnej przenoszącym moment obrotowy, a element pomiarowy czujnika momentu obrotowego zamocowany jest na tulei pomiarowej osadzonej ruchomo na jarzmie czujnika momentu obrotowego.

[0010] W innym możliwym wykonaniu element pomiarowy czujnika momentu obrotowego usytuowany jest na obudowie przekładni redukcyjnej, zaś układ elektroniczny czujnika momentu obrotowego zintegrowany jest z przekładnią redukcyjną.

[0011] W najkorzystniejszej postaci element pomiarowy czujnika momentu obrotowego ma postać tensometru.

[0012] W sposobie sterowania zakrętarką mierzy się odkształcenia skrętne elementu przekładni redukcyjnej zakrętarki przenoszącego moment obrotowy, a sygnał z czujnika rzeczywistego pomiaru momentu obrotowego przesyła się do sterownika. Następnie na podstawie tego sygnału pomiarowego koryguje się sygnał wyjściowy ze sterownika do silnika elektrycznego napędzającego zakrętarkę, przy czym w przypadku, gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości mniejsze od wartości progowej dokonuje się sterowania silnikiem w pojedynczej pętli regulacji, w której regulator R utrzymuje prędkość silnika napędzającego przekładnię redukcyjną na wartości prędkości zadanej, natomiast gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości pomiędzy wartością progową a wartością zadaną, dokonuje się sterowania silnikiem za pomocą układu regulacji kaskadowej, w którym regulator R3 monotonicznie zmniejsza różnicę między momentem obrotowym zadanym a momentem obrotowym mierzonym, a regulator R2 zmniejsza prędkość narastania momentu obrotowego proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym a momentem obrotowym zadanym, natomiast regulator R1 zmniejsza prędkość silnika zgodnie z sygnałem z regulatora R2.

[0013] W najprostszym wykonaniu sygnał z czujnika momentu obrotowego przesyła się do sterownika bezprzewodowo, korzystnie za pośrednictwem fal radiowych.

[0014] W jednym z korzystniejszych wykonań odkształcenia skrętne elementu przekładni redukcyjnej przenoszącego moment obrotowy mierzy się z wykorzystaniem elementu pomiarowego tensometrycznego.

[0015] Zasadnym jest, gdy w momencie zmierzenia momentu obrotowego o wartości równej wartości momentu zadanego przerywa się zakręcanie.

Korzystne skutki wynalazku

[0016] Wynalazek pozwala na bezpośredni pomiar momentu obrotowego przyłożonego do połączenia śrubowego oraz jego porównanie z zadanym momentem

obrotowym przez operatora w sterowniku silnika, który napędza zakrętarkę. Zapewnia to możliwość korekcji, czyli regulacji sygnału sterującego pracą silnika. W konsekwencji uzyskano większą dokładność zakręcania lub odkręcania połączeń śrubowych oraz zapewniono możliwość określenia z dużą dokładnością momentu z jakim połączenie śrubowe została zakręcone. Ponadto otrzymano znacząco większą powtarzalność momentów zakręcania niż w przypadku rozwiązań tradycyjnych. Udało się również znacząco obniżyć przeregulowania momentu występujące w zakrętarkach obecnie stosowanych. Czujnik momentu obrotowego mierzy odkształcenie skrętne elementu przenoszącego moment i na tej podstawie wylicza przyłożony moment. Czujnik momentu obrotowego może być na stałe umieszczony w przekładni czyli być z nią zintegrowany bądź też alternatywnie być osobnym elementem mocowanym na końcu przekładani w postaci nakładki.

Opis rysunków i przykładów wykonania

[0017] Wynalazek został bliżej przedstawiony na załączonym rysunku, na którym zilustrowano:

Fig. 1 – schemat zakrętarki z podziałem na jej poszczególne główne elementy składowe;

Fig. 2 – schematyczny przekrój przez fragment przekładni redukcyjnej z elementem pomiarowym momentu obrotowego zamocowanym bezpośrednio na obudowie przekładni;

Fig. 3 – schemat zakrętarki z podziałem na jej poszczególne główne elementy składowe w innym wykonaniu;

Fig. 4 – schematyczny przekrój przez fragment czujnika momentu obrotowego z elementem pomiarowym momentu obrotowego zamocowanym na tulei pomiarowej;

Fig. 5 – schemat blokowy czujnika momentu obrotowego;

Fig. 6 – schemat blokowy pojedynczej pętli regulacji;

Fig. 7 – schemat blokowy kaskadowej pętli regulacji;

Fig. 8 – wykres z funkcją przebiegu momentu obrotowego w czasie zakręcania z uwzględnieniem wartości progowej momentu i wartości zadanej momentu.

[0018] Zakrętarka elektryczna 1 (fig.1) przeznaczona jest do zakręcania lub odkręcania połączeń śrubowych z nastawnym momentem obrotowym i zawiera silnik 2 z układem sterowania zawierającym jednostkę sterującą czyli cyfrowy sterownik 3. Silnik 2 połączony jest ze skrzynią biegów 4, korzystnie poprzez obrotowy przegub, który zapewnia pełny obrót korpusu skrzyni biegów 4 względem korpusu silnika 2. Z kolei skrzynia biegów 4 sprzężona jest z przekładnią redukcyjną 5. Zmiana biegów skrzyni biegów realizowana jest za pomocą nieprzedstawionej na rysunku manualnej dźwigni zmiany biegów.

[0019] Układ sterowania zakrętarki 1 wyposażony jest w czujnik 6 pomiaru momentu obrotowego, który to czujnik 6 momentu obrotowego jest skonfigurowany do pomiaru odkształceń skrętnych elementu przekładni redukcyjnej 5 zakrętarki 1 przenoszącego moment obrotowy. Ponadto czujnik 6 momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem 3, który to sterownik 3 jest skonfigurowany do korekcji wychodzącego sygnału sterującego do silnika elektrycznego 2 na podstawie sygnału z czujnika 6 momentu obrotowego pomiaru rzeczywistego momentu obrotowego. W szczególności czujnik 6 momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem 3 bezprzewodowo, przykładowo za pośrednictwem fal radiowych. Ponadto zakrętarka 1 wyposażona jest w stopę oporową 7 oraz trzpień nasadki 8, czyli element roboczy poprzez który moment obrotowy jest przenoszony na połączenie śrubowe.

[0020] W wykonaniu przedstawionym na fig. 1 czujnik 6 momentu obrotowego zintegrowany jest z przekładną redukcyjną 5, czyli zarówno jego element pomiarowy 6A jak i układ elektroniczny czujnika 6 momentu obrotowego usytuowane są w obrębie przekładni redukcyjnej 5. W szczególności na fig. 2 pokazano, że element pomiarowy 6A czujnika 6 momentu obrotowego usytuowany jest na obudowie 10 przekładni redukcyjnej 5. W tym wykonaniu czujnik 6 momentu obrotowego z elementem pomiarowym 6A mierzy wartość odkształceń skrętnych obudowy 10 przekładni redukcyjnej 5, na którą to obudowę 10 przenoszony jest moment obrotowy poprzez koła zębate przekładni redukcyjnej 5 z jarzma 9 przekładni

redukcyjnej 5. Z kolei jarzmo 9 połączone jest z trzpieniem nasadki 8, na który nakłada się nasadkę o rozmiarze uzależnionym od rozmiaru elementu śrubowego. Z drugiej strony ten sam moment obrotowy występujący na obudowie 10 przekładni redukcyjnej 5 jest przenoszony na stopę oporową 7. Możliwe jest również inne wykonanie, nieprzedstawione na rysunku, w który element pomiarowy 6A usytuowany jest bezpośrednio na jarzmie 9.

[0021] W innym wykonaniu schematycznie przedstawionym na fig. 3 w zakrętarce 1 czujnik 6 momentu obrotowego ma postać modułu nakładanego na przekładnię redukcyjną 5, który to moduł stanowi osobny element zakrętarki 1, a jego elementy, w szczególności jarzmo 6B oraz tuleja pomiarowa 11 sprzężone są mechanicznie z elementami przekładni redukcyjnej 5 przenoszącymi moment obrotowy. W tym wykonaniu element pomiarowy 6A czujnika 6 momentu obrotowego zamocowany jest na tulei pomiarowej 11 osadzonej ruchomo na jarzmie 6B czujnika 6 momentu obrotowego, przykładowo poprzez nie uwidocznione na rysunku łożysko, i osłoniętej obudową 6C czujnika 6 momentu obrotowego, zabezpieczającą przed uszkodzeniem i czynnikami zewnętrznymi elementy mechaniczne i układy elektroniczne.

[0022] W odniesieniu do powyższych przykładów wykonania najlepiej jest gdy element pomiarowy 6A czujnika 6 momentu obrotowego ma postać tensometru, w zależności od potrzeb w układzie kompensacji ugięć, bądź w układzie bez kompensacji ugięć. Możliwe jest zastosowanie innych znanych elementów pomiarowych, przykładowo z wykorzystaniem zjawiska magnetostrykcji albo zjawiska powierzchniowej fali akustycznej SAW.

[0023] Na fig. 5 przedstawiono schemat blokowy czujnika 6 momentu obrotowego, w którym wyróżnić można elektroniczny układ 12 zarządzający pracą czujnika momentu obrotowego, elektroniczny układ pomiarowy 13, elektroniczny układ komunikacji radiowej 14, elektroniczny układ interfejsu użytkowania 15 oraz elektroniczny układ zasilający 16.

[0024] Na fig. 6 pokazano pojedynczą pętlę regulacji z regulatorem R, który jest skonfigurowany do sterowania silnikiem elektrycznym 2, gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości mniejsze od wartości progowej M_P. Regulator R jest skonfigurowany do utrzymywania prędkości silnika 2 napędzającego przekładnię redukcyjną 5 poprzez skrzynię biegów 4 na wartości prędkości zadanej Vz. Przez wartość progową M_P momentu obrotowego rozumie się wyznaczaną empirycznie wartość momentu, mieszczącą się w przedziale od 50% do 90% momentu zadanego M_Z, w zależności od bezwzględnej wartości momentu obrotowego i rodzaju oraz stanu technicznego połączenia śrubowego.

[0025] Na fig. 7 pokazano dodatkową pętlę regulacji czyli kaskadowy układ regulacji z regulatorem R1, regulatorem R2 i regulatorem R3, które są skonfigurowane do sterowania silnikiem 2 gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości pomiędzy wartością progową M_P a wartością zadaną M_Z. W szczególności regulator R3 jest skonfigurowany do monotonicznego zmniejszania różnicy między momentem obrotowym zadanym M_Z a momentem obrotowym mierzonym M, regulator R2 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości narastania momentu obrotowego ΔM proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym M a momentem obrotowym zadanym M_Z, zaś regulator R1 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości silnika 2 zgodnie z sygnałem z regulatora R2.

[0026] Wykorzystując czujnik 6 momentu obrotowego dokonuje się pomiaru odkształcenia skrętnego elementu przekładni redukcyjnej 5 przenoszącego moment obrotowy i na tej podstawie wylicza przyłożony moment. Wykorzystuje się przy tym znany układ filtrujący pomiary, układ zasilający i inne elektroniczne układy użytkowe przydatne w sterowaniu zakrętarką. Sygnał z czujnika 6 momentu obrotowego rzeczywistego pomiaru momentu obrotowego przesyła się do sterownika 3, a następnie na podstawie tego sygnału pomiarowego koryguje się sygnał wyjściowy ze sterownika 3 do silnika elektrycznego 2.

[0027] Operator ustawia na sterowniku zadany moment obrotowy, umieszcza zakrętarkę w pozycji do zakręcania i uruchamia proces zakręcania. W trakcie procesu zakręcania mierzony jest moment obrotowy M, i w momencie osiągnięcia zadanej wartości momentu obrotowego przerywa się zakręcanie.

[0028] W szczególności, co uwidoczniono na fig. 6 do fig. 8, silnik 2 jest rozpędzany przez podanie napięcia zasilającego o rosnącej liniowo lub w inny sposób z czasem wartości skutecznej, dopóki silnik nie osiągnie prędkości roboczej V. Prędkość robocza jest określona dla danego rodzaju połączenia śrubowego i zadanego momentu zakręcania, a jej wartość jest wyliczana przez układ sterujący podczas ustawiania zadanego momentu obrotowego Mz. Układ regulacji stabilizuje prędkość silnika na zadanej prędkości roboczej. Ta czynność trwa do momentu gdy przyrost momentu od wartości początkowej przekroczy wartość wyliczaną przez układ sterujący na etapie ustawiania zadanego momentu. Układ regulacji zmienia wartość zadaną prędkości na wartość proporcjonalną do różnicy między przyrostem chwilowym momentu a wielkością proporcjonalną do różnicy między momentem chwilowym i zadanym.

[0029] Jeżeli wartość momentu obrotowego zakręcania M jest poniżej wartości momentu progowego M_P sterowania dokonuje się zgodnie ze schematem przedstawionym na fig. 6, gdzie regulator R steruje silnikiem 2 tak aby różnicę między wartością zadaną Vz i mierzoną prędkością V stabilizować na wartości 0. Jeżeli wartość momentu obrotowego zakręcania znajduje się pomiędzy wartością momentu progowego M_P a wartością momentu obrotowego zadanego M_Z sterowania dokonuje się zgodnie ze schematem przedstawionym na fig. 7. Przekładnia redukcyjna 5 napędzana jest przez skrzynię biegów 4 i silnik 2 obracający się z prędkością V i generuje moment obrotowy M. Wylicza się przyrost momentu ΔM zachodzący pomiędzy pomiarami. Poprzez regulator R3 monotonicznie zmniejsza się różnicę między momentem obrotowym zadanym M_Z a momentem obrotowym mierzonym M. Poprzez regulator R2 zmniejsza się prędkość narastania momentu obrotowego proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym M

a momentem obrotowym zadanym M_Z, natomiast regulator R1 zmniejsza prędkość silnika 2 zgodnie z sygnałem z regulatora R2.

[0030] Wykaz oznaczeń na rysunku:

1 – zakrętarka elektryczna
2 – silnik
3 – cyfrowy sterownik
4 – skrzynia biegów
5 – przekładnia redukcyjna
6 – czujnik momentu obrotowego
6A – element pomiarowy czujnika momentu obrotowego
6B – jarzmo
6C – obudowa czujnika
7 – stopa oporowa
8 – trzpień nasadki
9 – jarzmo przekładni
10 – obudowa przekładni
11 – tuleja pomiarowa
12 – elektroniczny układ zarządzający pracą czujnika momentu obrotowego
13 – elektroniczny układ pomiarowy
14 – elektroniczny układ komunikacji radiowej
15 – elektroniczny układ interfejsu użytkowania
16 – elektroniczny układ zasilający
W1 – sygnał wyjściowy z czujnika momentu obrotowego
W2 – sygnał wyjściowy z elementu pomiarowego
R, R1, R2, R3 - regulatory
M – mierzony moment obrotowy
M_Z – zadany moment obrotowy
M_P – wartość progowa momentu obrotowego
ΔM – przyrost momentu mierzonego

Vz – prędkość zadana

V – prędkość mierzona silnika

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ sterowania do zakrętarki (1) przeznaczonej do zakręcania i odkręcania połączeń śrubowych z nastawnym momentem obrotowym, zawierający sterownik (3) silnika elektrycznego (2) zakrętarki (1) oraz wyposażony w czujnik (6) pomiaru momentu obrotowego, przy czym czujnik (6) momentu obrotowego jest skonfigurowany do pomiaru odkształceń skrętnych elementu przekładni redukcyjnej (5) zakrętarki (1) przenoszącego moment obrotowy, a ponadto czujnik (6) momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem (3), który to sterownik (3) jest skonfigurowany do korekcji wychodzącego sygnału sterującego do silnika elektrycznego (2) na podstawie sygnału z czujnika (6) momentu obrotowego, znamienny tym, że układ sterowania zawiera pojedynczą pętlę regulacji z regulatorem R, który jest skonfigurowany do sterowania silnikiem elektrycznym (2), gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości mniejsze od wartości progowej (M_P), aby utrzymywać prędkość silnika napędzającego przekładnię poprzez skrzynię biegów (4) na wartości prędkości zadanej (V_z), a ponadto zawiera kaskadowy układ regulacji z regulatorem R1, regulatorem R2 i regulatorem R3 które są skonfigurowane do sterowania silnikiem (2) gdy mierzony moment obrotowy przyjmuje wartości pomiędzy wartością progową (M_P) a wartością zadaną (M_Z), przy czym regulator R3 jest skonfigurowany do monotonicznego zmniejszania różnicy między momentem obrotowym zadanym (M_Z) a momentem obrotowym mierzonym (M), regulator R2 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości narastania momentu obrotowego proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym (M) a momentem obrotowym zadanym (M_Z), zaś regulator R1 jest skonfigurowany do zmniejszania prędkości silnika (2) zgodnie z sygnałem z regulatora R2.

2. Układ sterowania zakrętarki według zastrz. 1, znamienny tym, że czujnik (6) momentu obrotowego sprzężony jest ze sterownikiem (3) bezprzewodowo, korzystnie za pośrednictwem fal radiowych.

3. Układ sterowania zakrętarki według zastrz. 1 albo 2, znamienny tym, że czujnik (6) momentu obrotowego ma postać modułu nakładanego na przekładnię redukcyjną (5), który sprzężony jest z elementem przekładni redukcyjnej (5) przenoszącym moment obrotowy, a element pomiarowy (6A) czujnika (6) momentu obrotowego zamocowany jest na tulei pomiarowej (11) osadzonej ruchomo na jarzmie (6B) czujnika (6) momentu obrotowego.

4. Układ sterowania zakrętarki według zastrz. 1 albo 2, znamienny tym, że element pomiarowy (6A) czujnika (6) momentu obrotowego usytuowany jest na obudowie (10) przekładni redukcyjnej (5), zaś układ elektroniczny czujnika (6) momentu obrotowego zintegrowany jest z przekładnią redukcyjną (5).

5. Układ według jednego z zastrz. 1 – 4, znamienny tym, że element pomiarowy (6A) czujnika (6) momentu obrotowego ma postać tensometru.

6. Sposób sterowania zakrętarką przeznaczoną do zakręcania i odkręcania połączeń śrubowych z nastawnym momentem obrotowym, w którym mierzy się odkształcenia skrętne elementu przekładni redukcyjnej (5) zakrętarki (1) przenoszącego moment obrotowy, a sygnał z czujnika (6) momentu obrotowego rzeczywistego pomiaru momentu obrotowego przesyła się do sterownika (3), a następnie na podstawie tego sygnału pomiarowego koryguje się sygnał wyjściowy ze sterownika (3) do silnika elektrycznego (2) napędzającego zakrętarkę (1), znamienny tym, że w przypadku, gdy mierzony moment obrotowy (M) przyjmuje wartości mniejsze od wartości progowej (M_P) dokonuje się sterowania silnikiem (2) w pojedynczej pętli regulacji, w której regulator R utrzymuje prędkość silnika (2) napędzającego

przekładnię redukcyjną (5) poprzez skrzynię biegów (4) na wartości prędkości zadanej (V_Z), natomiast gdy mierzony moment obrotowy (M) przyjmuje wartości pomiędzy wartością progową (M_P) a wartością zadaną (M_Z), dokonuje się sterowania silnikiem (2) za pomocą układu regulacji kaskadowej, w którym regulator R3 monotonicznie zmniejsza różnicę między momentem obrotowym zadanym (M_Z) a momentem obrotowym mierzonym (M), a regulator R2 zmniejsza prędkość narastania momentu obrotowego proporcjonalnie do różnicy między momentem obrotowym mierzonym (M) a momentem obrotowym zadanym (M_Z), natomiast regulator R1 zmniejsza prędkość silnika (2) zgodnie z sygnałem z regulatora R2. .

7. Sposób według zastrz. 6, znamienny tym, że sygnał z czujnika (6) momentu obrotowego przesyła się do sterownika (3) bezprzewodowo, korzystnie za pośrednictwem fal radiowych.

8. Sposób według zastrz. 6 albo 7, znamienny tym, że odkształcenia skrętne elementu przekładni redukcyjnej (5) przenoszącego moment obrotowy mierzy się z wykorzystaniem elementu pomiarowego tensometrycznego.

9. Sposób według jednego z zastrz. 6 - 8, znamienny tym, że w momencie zmierzenia momentu obrotowego (M) o wartości równej wartości momentu zadanego (M_Z) przerywa się proces zakręcania.

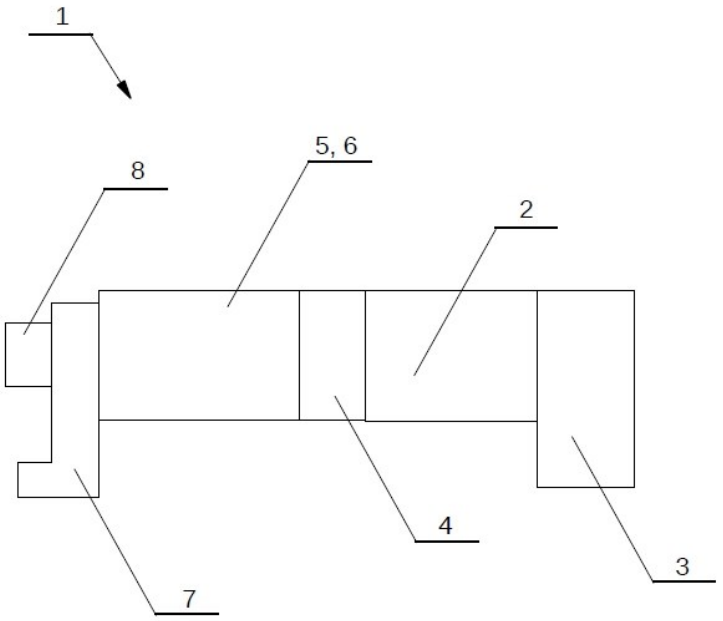

Fig. 1

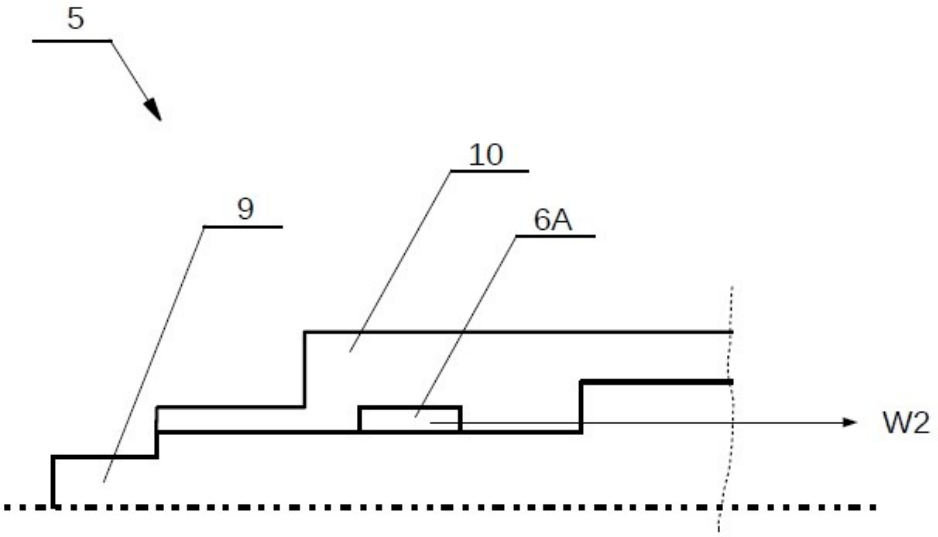

Fig. 2

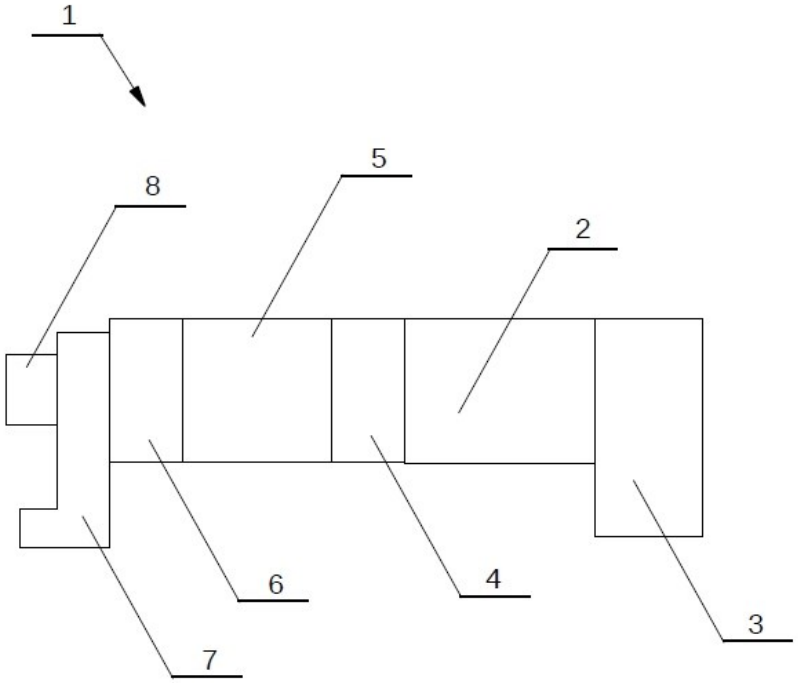

Fig. 3

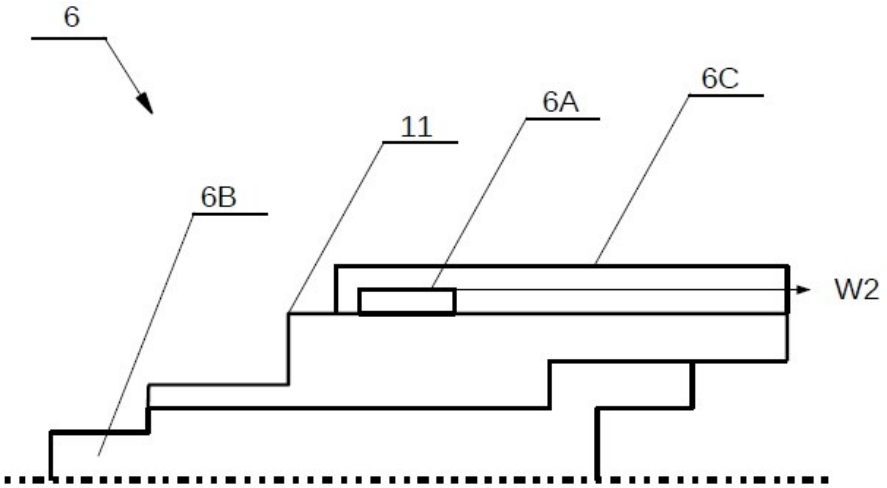

Fig. 4

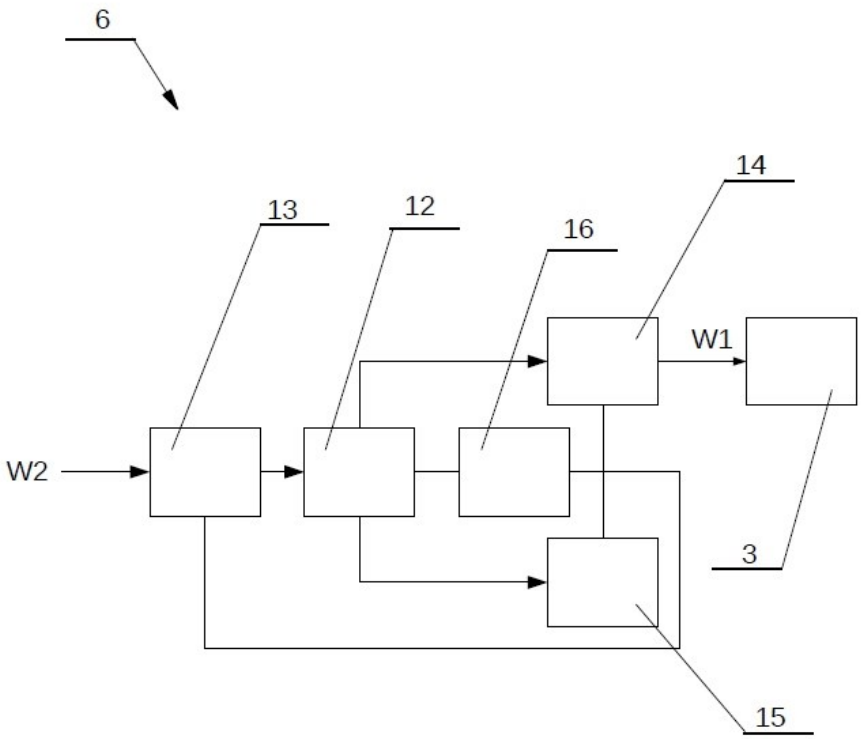

Fig. 5

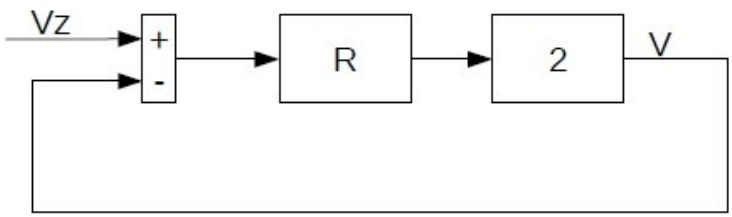

Fig. 6

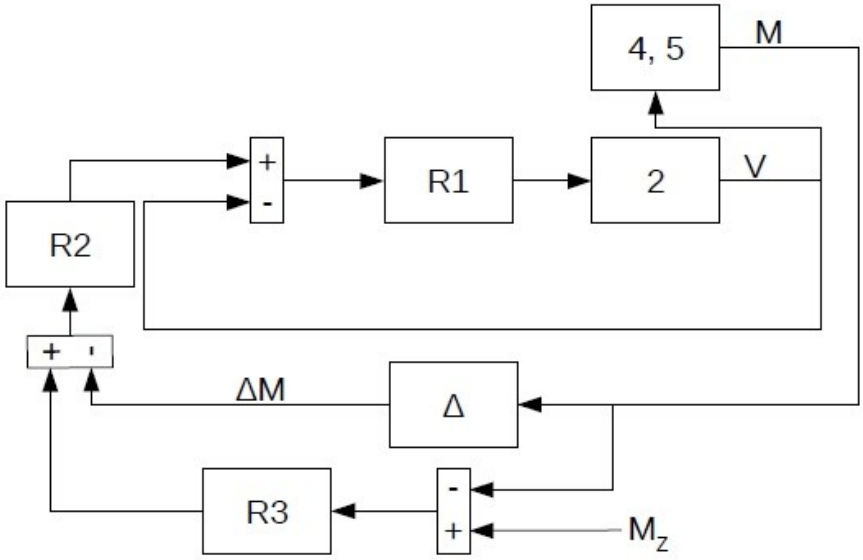

Fig. 7

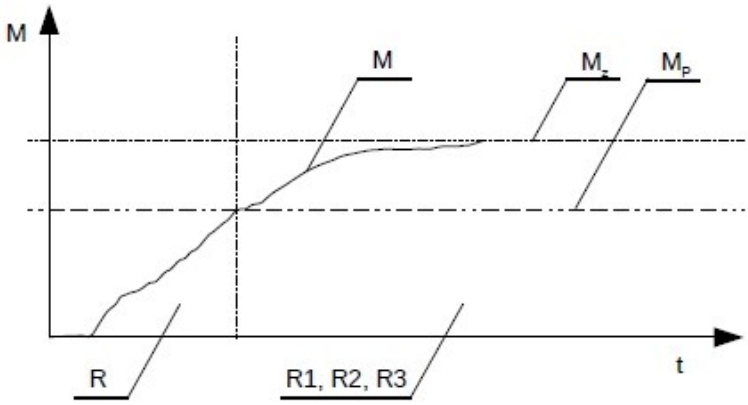

Fig. 8