

Sposób pomiaru pojemności międzyelektrodowych w sondzie tomograficznej z wieloma elektrodami za pomocą tomografu wielokanałowego

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru pojemności międzyelektrodowych w sondzie tomograficznej z wieloma elektrodami za pomocą tomografu wielokanałowego.

Elektryczna tomografia pojemnościowa (electrical capacitance tomography - ECT) jest techniką pozwalającą na obrazowanie przestrzenno-czasowego rozkładu przenikalności elektrycznej. Pojemnościowa sonda tomograficzna otacza badaną przestrzeń i składa się z powierzchniowych, izolowanych elektrycznie elektrod. Obraz przenikalności elektrycznej w przestrzeni objętej sondą jest rekonstruowany na podstawie pomiarów pojemności wzajemnej elektrod. Najczęściej elektrody (od 8 do 16 elektrod w typowej sondzie) są ułożone w pierścieniu na obwodzie cylindrycznego obiektu lub naczynia.

Wadą elektrycznej tomografii pojemnościowej jest bardzo słaba rozdzielczość przestrzenna wynikająca z małej liczby elektrod, a co za tym idzie słabego próbkowania przestrzennego. Zwiększenie liczby elektrod powoduje znaczne zmniejszenie wartości pojemności do takich wartości, które leżą poza zakresem pomiarowym współczesnych urządzeń elektronicznych. Podwojenie liczby elektrod w pierścieniu powoduje dwukrotne zmniejszenie ich szerokości, a tym samym powierzchni. W przypadku modelu kondensatora płaskiego dwukrotne zmniejszenie powierzchni elektrod powoduje dwukrotne zmniejszenie pojemności. Przy pomiarze wielokanałowym, gdy elektrod pomiarowych jest wiele (kondensator ma wiele okładek), dwukrotne zmniejszenie powierzchni elektrod powoduje większe niż dwukrotne zmniejszenie wartości pojemności. Wynika to z rozkładu pola w wieloelektrodowej sondzie tomograficznej. Na przykład, zwiększenie liczby elektrod z 16, która jest maksymalną liczbą elektrod w obecnie stosowanych sondach, do 32 może spowodować, że wartości pojemności przeciwległych elektrod stają się niemierzalnie małe dla danego systemu pomiarowego.

Istotą przedmiotowego rozwiązania jest to, że w cyklu pomiarowym składającym się z pomiarów pojemności wzajemnej wszystkich par elektrod sondy tomograficznej wydzielone są dwie rozdzielne czasowo fazy, w których elektrodami pomiarowymi są elektrody o numerach nieparzystych i elektrodach parzystych, niwelując wyżej opisane wady rozwiązań.

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru pojemności międzyelektrodowych w sondzie tomograficznej z wieloma elektrodami za pomocą tomografu wielokanałowego, w którym wykonuje się następujące dwa etapy: w pierwszym etapie mierzy się pojemność pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a nieparzystymi elektrodami pomiarowymi układu pomiarowego. W drugim etapie mierzy się pojemność pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a parzystymi elektrodami pomiarowymi. Etapy wykonuje się w dowolnej kolejności.

Korzystnie, przed wykonaniem pierwszego etapu lub drugiego etapu łączy się wybraną elektrodę wymuszającą napięcie do układu wymuszającego napięcie poprzez pierwszy klucz analogowy. Pierwszy etap obejmuje fazę podłączania nieparzystych elektrod pomiarowych do układów pomiarowych poprzez zamknięcie trzecich kluczy analogowych. Fazę rozłączania parzystych elektrod pomiarowych jednocześnie od układu wymuszającego napięcie i od układu pomiarowego poprzez rozwarcie drugich kluczy analogowych. Fazę wymuszania napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie i pomiar prądu na nieparzystych elektrodach pomiarowych. Natomiast drugi etap obejmuje fazę podłączania parzystych elektrod pomiarowych do układów pomiarowych poprzez zamknięcie drugich kluczy analogowych. Fazę rozłączania nieparzystych elektrod pomiarowych jednocześnie od układu wymuszającego napięcie i od układu pomiarowego poprzez rozwarcie trzecich kluczy analogowych. Fazę wymuszania napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie i pomiar prądu na parzystych elektrodach pomiarowych.

Korzystnie, podłączanie parzystych elektrod pomiarowych i nieparzystych elektrod pomiarowych oraz odłączanie parzystych elektrod pomiarowych i nieparzystych elektrod pomiarowych jest wykonywane w dowolnej kolejności.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania został przedstawiony na rysunku, na którym:

Fig.1 przedstawia cylindryczną sondę elektrycznego tomografu pojemnościowego z powierzchniowymi elektrodami ułożonymi w jednym pierścieniu

Fig.2 przedstawia schemat elektrod w sondzie elektrycznego tomografu pojemnościowego dla jednego etapu cyklu pomiarowego (bez podziału na fazy), w którym jedna z elektrod jest elektrodą wymuszającą napięcie a na pozostałych elektrodach mierzony jest prąd; b) pojemność międzyelektrodowa pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie a elektrodami pomiarowymi.

50257/21/OCz/MBt

Fig.3 przedstawia schemat połączeń elektrod w sondzie elektrycznego tomografu pojemnościowego dla pierwszej fazy etapu pomiarowego, w którym jedna z elektrod jest elektrodą wymuszającą napięcie a prąd jest mierzony na elektrodach nieparzystych; oraz pojemność międzyelektrodowa pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a elektrodami pomiarowymi.

Fig.4 przedstawia schemat połączeń elektrod w sondzie elektrycznego tomografu pojemnościowego dla pierwszej fazy etapu pomiarowego, w którym jedna z elektrod jest elektrodą wymuszającą napięcie a prąd jest mierzony na elektrodach parzystych oraz pojemność międzyelektrodowa pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a elektrodami pomiarowymi.

Wynalazek dotyczący sposobu pomiaru pojemności międzyelektrodowych w sondzie tomograficznej z wieloma elektrodami za pomocą tomografu wielokanałowego zostanie bliżej objaśniony w przykładzie wykonania. Sonda składa się z izolatora elektrycznego A, na którym zainstalowane są powierzchniowe elektrody tj. elektroda wymuszająca napięcie 1 i elektrody pomiarowe. Elektrody pomiarowe umieszczone są na obwodzie izolatora elektrycznego A. W związku z tym, że są one umieszczone w szeregu na obwodzie izolatora A to można im przypisać kolejne numery porządkowe, jednak dla ułatwienia zrozumienia sposobu według wynalazku to przypisano im oznaczenie odsyłające 2 dla oznaczenia elektrod pomiarowych, którym można przypisać parzysty numer, oraz oznaczenie odsyłające 3 dla oznaczenia elektrod pomiarowych, którym można przypisać nieparzysty numer.

Zgodnie z wynalazkiem, w sposobie pomiaru pojemności międzyelektrodowych w sondzie tomograficznej za pomocą tomografu wielokanałowego, w którym stosowane jest wymuszenie napięcia na jednej elektrodzie sondy tomograficznej i wykonuje się następujące dwa etapy: w pierwszym etapie a) mierzy się pojemność pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a nieparzystymi elektrodami pomiarowymi układu pomiarowego. W drugim etapie b) mierzy się pojemność pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie, a parzystymi elektrodami pomiarowymi. W wariantie alternatywnym rozwiązania, etapy te wykonuje się w odwrotnej kolejności. Podczas wymuszenia napięcia przez układ wymuszający napięcie E na wybranej elektrodzie wymuszającej napięcie 1 pozostałe elektrody stają się elektrodami pomiarowymi.

Zarówno w pierwszym etapie a) jak i w drugim etapie b) wyróżnia się po trzy fazy czynności. W pierwszym etapie a) wyróżnia się fazę a1) podłączania nieparzystych elektrod

50257/21/OCz/MBt

pomiarowych 3 do układów pomiarowych H poprzez zamknięcie trzecich kluczy analogowych G, fazę a2) rozłączania parzystych elektrod pomiarowych 2 jednocześnie od układu wymuszającego napięcie E i od układu pomiarowego H poprzez rozwarcie drugich kluczy analogowych F, fazę a3) wymuszania napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie 1 i pomiar prądu na nieparzystych elektrodach pomiarowych 3 co pokazano na Fig. 2.

Nieparzyste elektrody pomiarowe 3 są utrzymywane na potencjale równym zeru. Elektrody nie biorące udziału w pomiarze w tych trzech fazach a1) – a3) czyli parzyste elektrody pomiarowe 2 są odłączone od kanałów tomografu i nie mają wymuszonego potencjału.

W drugim etapie b) wyróżnia się fazę b1) podłączania parzystych elektrod pomiarowych 2 do układów pomiarowych H poprzez zamknięcie drugich kluczy analogowych F, fazę b2) rozłączania nieparzystych elektrod pomiarowych 3 jednocześnie od układu wymuszającego napięcie E i od układu pomiarowego H poprzez rozwarcie trzecich kluczy analogowych G, oraz fazę b3) wymuszania napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie 1 i pomiar prądu na parzystych elektrodach pomiarowych 2.

Elektrody nie biorące udziału w pomiarze w tych trzech fazach b1) – b3) czyli nieparzyste elektrody pomiarowe 3) są odłączone od kanałów tomografu i nie mają wymuszonego potencjału. Liczba pomiarów pojemności wzajemnej par elektrod w sondzie tomograficznej o N elektrodach jest równa liczbie kombinacji dwuelementowych ze zbioru N elementowego i dana jest wzorem $N(N-1)/2$.

Na schemacie pokazanym na Fig. 3 pokazano układ połączeń elektrod sondy pomiarowej podczas pierwszego etapu cyklu pomiarowego. Cylindryczna sonda pokazana jest w przekroju poprzecznym do jej osi. Sonda składa się z izolatora elektrycznego A, na którym zainstalowane są powierzchniowe elektrody tj. elektroda wymuszająca napięcie 1 oraz parzyste elektrody pomiarowe 2 i nieparzyste elektrody pomiarowe 3. W skład sondy wchodzi również izolator B oddzielający elektrody od sondy oraz ekranu C sondy, który zapewnia ekranowanie od zewnętrznych źródeł pola elektrycznego. Elektroda wymuszająca napięcie 1 jest podłączona do układu wymuszającego napięcie E za pomocą pierwszego klucza analogowego D. Nieparzyste elektrody pomiarowe 3 za wyjątkiem elektrody wymuszającej napięcie 1 są podłączone za pomocą kluczy analogowych G do układów pomiarowych H. Parzyste elektrody pomiarowe 2 są odłączone zarówno od układu wymuszającego napięcie E

50257/21/OCz/MBt

jak i od układu pomiarowego H. Drugie klucze analogowe F są rozwarte. Pomiar odbywa się poprzez wymuszenie napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie 1 i całkowanie prądu na nieparzystych elektrodach pomiarowych 3. Wykres wartości pojemności międzyelektrodowych pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie 1 i elektrodą pełniącą rolę pomiarowej czyli nieparzystą elektrodą pomiarową 3 dla pierwszej fazy etapu pomiarowego jest pokazany na rysunku Fig. 3. Pokazane są tylko wartości pojemności dla nieparzystych elektrod pomiarowych. Wartość pojemności wyznaczane są na podstawie wartości napięcia wymuszenia i pomiaru prądu na nieparzystej elektrodzie pomiarowej 3.

Na schemacie pokazanym na rysunku Fig. 4 pokazano układ połączeń elektrod sondy pomiarowej podczas drugiego etapu cyklu pomiarowego. Elektroda wymuszająca napięcie 1 jest podłączona do układu wymuszającego napięcie E za pomocą pierwszego klucza analogowego D. Parzyste elektrody pomiarowe 2 za wyjątkiem elektrody wymuszającej napięcie 1 są podłączone za pomocą drugich kluczy analogowych F do układów pomiarowych H. Pozostałe nieparzyste elektrody pomiarowe 3 są odłączone zarówno od układu wymuszającego napięcie E jak i od układu pomiarowego H. Trzecie klucze analogowe G są rozwarte. Pomiar odbywa się poprzez wymuszenie napięcia na elektrodzie wymuszającej napięcie 1 i całkowanie prądu na parzystych elektrodach pomiarowych (2).

Wykres wartości pojemności międzyelektrodowych pomiędzy elektrodą wymuszającą napięcie 1 i elektrodą pełniącą rolę pomiarowej tj. parzystą elektrodą pomiarową 2 dla drugiej fazy etapu pomiarowego jest pokazany na rysunku Fig. 4. Pokazane są tylko wartości pojemności dla parzystych elektrod pomiarowych. Wartość pojemności wyznaczane są na podstawie wartości napięcia wymuszenia i pomiaru prądu na parzystej elektrodzie pomiarowej 2.

Opisany sposób pomiaru pozwala zwiększyć liczbę elektrod w sondzie tomograficznej bez znacznego zmniejszenia wartości mierzonych pojemności, co powoduje zwiększenie próbkowania przestrzennego, a co za tym idzie rozdzielczości przestrzennej obrazów.

Lista oznaczeń odsyłających

A – izolator elektryczny (cylindryczne naczynie)

B – izolator oddzielający elektrody od ekranu sondy

C – ekran sondy, który zapewnia ekranowanie od zewnętrznych źródeł pola elektrycznego

D – pierwszy klucz analogowy łączący elektrodę z układem wymuszającym napięcie

E – układ wymuszający napięcie

F – drugi klucz analogowy łączący elektrodę parzystą z układem pomiarowym systemu tomograficznego

G – trzeci klucz analogowy łączący elektrodę nieparzystą z układem pomiarowym systemu tomograficznego

H – układ pomiarowy

1 – elektroda wymuszająca napięcie

2 – parzyste elektrody pomiarowe

3 – nieparzyste elektrody pomiarowe