

FEDERÁLNY ÚRAD
PRE VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

270 105

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴

G 01 R 27/06

G 01 R 29/00

(21) PV 4974-86.J

(22) Prihlásené 01 07 86

(40) Zverejnené 13 10 89

(45) Vydané 27 02 91

(75)
Autor vynálezu

BILÍK VLADIMÍR ing. CSc., DUNAJSKÁ LUŽNÁ

RAFFAJ VLADIMÍR ing. CSc.,

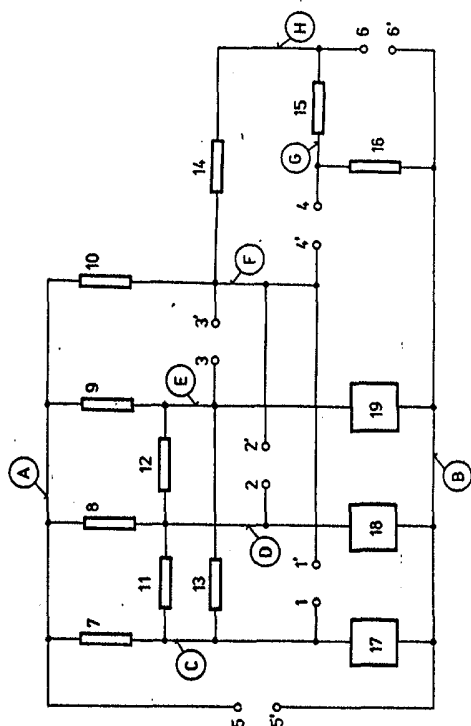
BEZEK JÁN ing., CSc.,

SLOBODNÍK VLADIMÍR doc. ing. CSc., BRATISLAVA

(54)

Zapojenie širokopásmového šestportu
so sústredenými parametrami a štyrmi
detektormi

(57) Riešenie sa týka zapojenia širokopásmového disipatívneho šestportu so sústredenými parametrami a štyrmi detektormi na meranie komplexného koeficientu odrazu. Medzi osem vzájomne izolovaných uzlov je zapojených desať odporov, tri reflexné dvojčlony, štyri porty pre detektory, napájací port pre generátor a testovací port. Reflexné dvojčlony sú zostavené z kondenzátorov a cievok a môžu obsahovať aj odpory a úseky vedenia. Výhodou zapojenia je, že obsahuje len prvky so sústredenými parametrami - odpory, kondenzátory, cievky, ďalej, že možno dosiahnuť veľkú širokopásmovosť - až 1000 : 1; ďalej, že šestport možno navrhnuť pre použitie na nízkych frekvenciách - rádovo jednotky Hz; a tiež pre použitie na veľmi vysoké frekvencie - rádovo niekoľko desiatok GHz; ďalej, že vo všetkých frekvenčných pásmach má malé rozmery a možno ho realizovať v integrovanej forme.



Vynález sa týka zapojenia širokopásmového šesťportu so sústredenými parametrami a štyrmi detektormi, ktorý slúži ako reflektometer na meranie komplexného koeficientu odrazu, respektíve komplexnej impedancie.

Reflektometre sú zariadenia na meranie koeficientu odrazu elektrických obvodov. Koeficient odrazu je komplexná veličina, definovaná ako pomer komplexnej amplitúdy vlny odrazenej od meraného objektu ku vlnu dopadajúcej na meraný objekt. Šesťportový reflektometer je zariadenie majúce 6 výstupov - portov, v ktorom sa meraný koeficient odrazu určuje zo štyroch skalárnych veličín - výkonov vln dopadajúcich na 4 detektory. Pritom ku piatemu portu (napájaciemu portu) je pripojený generátor a ku šiestemu portu (meraciemu portu) je pripojený meraný objekt. Vlny vstupujúce do troch z detektorov sú tvorené vhodnými lineárnymi kombináciami vlny dopadajúcej na meraný objekt a vlny odrazenej od neho. Vlna vstupujúca do štvrtého detektora, ktorý sa nazýva referenčný detektor, je vzorkou vlny dopadajúcej na meraný objekt. Určenie hľadaného koeficientu odrazu si možno graficky predstaviť ako hľadanie spoločného priesečníka troch kružníc v komplexnej rovine. Kvadrát polomeru i -tej kružnice, $i = 1, 2, 3$, je úmerný pomeru výkonov meraných i -tým a referenčným detektorom. Stred kružnice je určený parametrami šesťportového reflektometra. Tieto sa zisťujú pomocou etalónov - prvkov so známym koeficientom odrazu, v procese nazývanom kalibrácia. Celý proces merania i kalibrácie je riadený počítačom. Stredy kružníc, ktoré sa tiež nazývajú q-body, sú rozhodujúcimi parametrami šesťportového reflektometra. Ich vzdialenosť od počiatku komplexnej roviny by mala byť optimálne od 1,5 do 3 a ich uhlová vzdialenosť by nemala byť príliš malá - optimálne 120 stupňov. Polohy q-bodov úzko súvisia s lineárnymi kombináciami vln v troch detektoroch a sú vo všeobecnosti závislé od frekvencie. Získanie vhodných troch lineárnych kombinácií vlny dopadajúcej na meraný objekt a vlny odrazenej predstavuje preto základný problém pri návrhu šesťportového reflektometra. V súčasnosti sa na získanie týchto lineárnych kombinácií používajú bezstrátové obvody typu viazané vedenia - smerové odbočnice. Q-hybridy, H-hybridy, deliče výkonu, prípadne symetrické alebo nesymetrické 5-porty v kombinácii so smerovou odbočnicou alebo deličom výkonu na vzorkovanie dopadajúcej vlny. Prehľad používaných riešení možno nájsť napr. v článku "Hoer, C. A. - Saulsbery, L. F.: Progress in Automated Measurements with Network Analyzers and 6-port Systems", publikovanom v zborníku prednášok konferencie URSI, Florencia, 4. sept. 1984. Hlavnou nevýhodou týchto riešení je relatívne úzke frekvenčné pásmo, v ktorom môžu šesťporty vykonávať svoju funkciu - typicky 2 : 1. S výnimkou šesťportových reflektometrov zhotovených technológiou mikropásik a fin-line sa vyznačujú i veľkými rozmermi. Prvky zhotovené na báze pásikovej technológie s homogénnym dielektrikom dosahujú šírku pásma asi 10 : 1 a sú považované za širokopásmové. To je asi hranica dosiaľ používaných riešení. Cenou je však značné zväčšenie rozmerov zariadenia.

Vyššie uvedené nedostatky odstraňuje zapojenie širokopásmového šesťportu zostaveného z prvkov so sústredenými parametrami, ktorého podstata je v tom, že medzi osem vzájomne izolovaných uzlov je zapojených desať rezistorov a tri reflexné dvojpóly tak, že prvý rezistor je zapojený medzi prvým uzlom a tretím uzlom, druhý rezistor je zapojený medzi prvým uzlom a štvrtým uzlom, tretí rezistor je zapojený medzi prvým uzlom a piatym uzlom, štvrtý rezistor je zapojený medzi prvým uzlom a šiestym uzlom, piaty rezistor je zapojený medzi tretím uzlom a štvrtým uzlom, šiesty rezistor je zapojený medzi štvrtým uzlom a piatym uzlom, siedmy rezistor je zapojený medzi tretím uzlom a piatym uzlom, ôsmy rezistor je zapojený medzi šiestym uzlom a ôsmym uzlom, deviaty rezistor je zapojený medzi siedmym uzlom a ôsmym uzlom, desiaty rezistor je zapojený medzi druhým uzlom a siedmym uzlom, prvý reflexný dvojpól je zapojený medzi druhým uzlom a tretím uzlom, druhý reflexný dvojpól je zapojený medzi druhým uzlom a štvrtým uzlom, tretí reflexný dvojpól je zapojený medzi druhým uzlom a piatym uzlom, pričom prvý port je medzi tretím uzlom a šiestym uzlom, druhý port je medzi štvrtým uzlom a šiestym uzlom, tretí port je medzi piatym uzlom a šiestym uzlom, referenčný

port je medzi siedmym uzlom a šiestym uzlom, napájací port je medzi prvým uzlom a druhým uzlom, merací port je medzi ôsmym uzlom a druhým uzlom a prvý reflexný dvojpól, druhý reflexný dvojpól a tretí reflexný dvojpól sú sústavy s dvoma svorkami, skladajúce sa z rôzne zapojených kondenzátorov, cievok, rezistorov a úsekov vedení. Jeden z týchto reflexných dvojpólov môže byť skrat a jeden môže byť vynechaný.

Výhodou zapojenia podľa vynálezu je skutočnosť, že šesťport môže obsahovať len prvky so sústredenými parametrami - rezistory, kondenzátory a cievky, ktoré si zachovávajú svoje vlastnosti v širokom pásme frekvencií, ďalej, že vhodnou voľbou hodnôt prvkov a štruktúry reflexných dvojpólov možno jedným šesťportom pokryť veľmi široké pásmo frekvencií až 1000 : 1, ďalej, že šesťport možno navrhnúť pre použitie na nízkych frekvenciách - rádovo jednotky Hz a tiež pre použitie na veľmi vysokých frekvenciách - niekoľko desiatok GHz a vo všetkých frekvenčných pásmach má malé rozmery a možno ho ľahko integrovať.

Na priložených výkresoch je na obr. 1 znázornené zapojenie širokopásmového šesťportu so sústredenými parametrami podľa vynálezu, na obr. 2 je príklad konkrétneho zapojenia šesťportu pre pásmo frekvencií od 100 kHz do 100 MHz a na obr. 3 je vyznačená poloha q-bodov tohto šesťportu v jednotlivých dekádach frekvenčného pásma.

V zapojení širokopásmového šesťportu so sústredenými parametrami na obr. 1 sú medzi svorky napájacieho portu 5-5' zapojené tri deliče pozostávajúce z prvého rezistora 7, z druhého rezistora 8 a tretieho rezistora 9 na jednej strane deličov a z prvého reflexného dvojpólu 17, druhého reflexného dvojpólu 18 a z tretieho reflexného dvojpólu 19 na ich druhej strane. Sú to tri vetvy priestorového mostíka. Jeho štvrtú vetvu tvorí delič tvorený štvrtým rezistorom 10 na jednej strane a ôsmym rezistorom 14, deviatym rezistorom 15 a desiatym rezistorom 16 spolu s detektorom na referenčnom porte 4-4' a meraným objektom na meracom porte 6-6' na strane druhej. Vhodnou voľbou hodnôt týchto odporov a vnútornej impedancie referenčného detektora pripojeného k referenčnému portu 4-4' možno dosiahnuť stav, že na referenčný detektor dopadá len vzorka vlny postupujúcej na meraný objekt a vlna odrazená od tohto objektu naň nedopadá. Ďalšie tri detektory pripojené k prvému portu 1-1', druhému portu 2-2' a tretiemu portu 3-3' tvoria priečky priestorového mostíka a v takomto zapojení na ne dopadá lineárna kombinácia vlny odrazenej od príslušného reflexného dvojpólu a vlny odrazenej od meraného objektu pripojeného na svorky meracieho portu 6-6'. Aby každý z týchto troch detektorov nebol ovplyvňovaný vlnami odrazenými od reflexných dvojpólov, s ktorými nemá spoločný uzol, sú v ostatných troch priečkach priestorového mostíka zapojené piate rezistor 11, šiesty rezistor 12 a siedmy rezistor 13. Vhodnou voľbou štruktúry a parametrov prvého reflexného dvojpólu 17, druhého reflexného dvojpólu 18 a tretieho reflexného dvojpólu 19 možno dosiahnuť stav, že v širokom pásme frekvencií sú q-body tohto šesťportu vo vzájomne výhodných polohách.

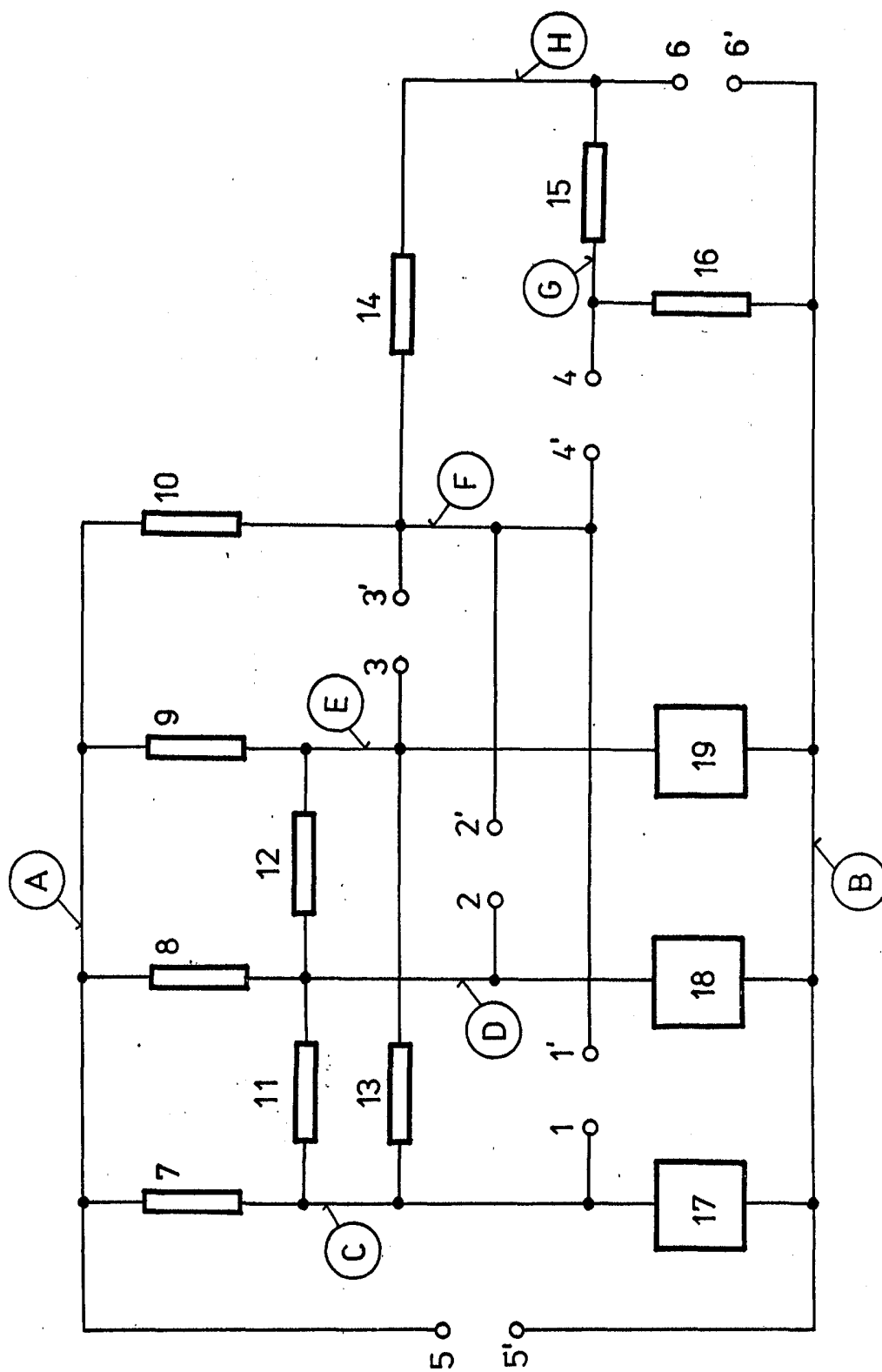
Príklad konkrétneho zapojenia šesťportu pre pásmo frekvencií 100 kHz až 100 MHz je na obr. 2. Zapojenie je zhodné so zapojením podľa obr. 1 s tým, že prvý rezistor 7, druhý rezistor 8, tretí rezistor 9, štvrtý rezistor 10, piaty rezistor 11, šiesty rezistor 12, siedmy rezistor 13 a deviaty rezistor 15 majú hodnotu 50 ohmov, ôsmy rezistor 14 má hodnotu 20 ohmov, desiaty rezistor 16 má hodnotu 125 ohmov, prvý reflexný dvojpól 17 je tvorený kondenzátorom s kapacitou 18 nF, druhý reflexný dvojpól 18 je tvorený cievkou s indukčnosťou 2,5 μ H a tretí reflexný dvojpól 19 je tvorený kondenzátorom s kapacitou 60 pF. K prvému portu 1-1' je pripojený prvý detektor D1, k druhému portu 2-2' je pripojený druhý detektor D2, k tretiemu portu 3-3' je pripojený tretí detektor D3, k referenčnému portu 4-4' je pripojený referenčný detektor D4, k napájacímu portu 5-5' je pripojený vysokofrekvenčný generátor GEN a k meracímu portu 6-6' je pripojený meraný objekt X. Predpokladá sa, že vstupná impedancia detektorov je 500 ohmov a výstupné napätie U1, U2, U3, U4 sú priamoúmerné výkonu vlny dopadajúcej na príslušný detektor. Funkcia šesťportu podľa obr. 2 je zhodná s funkciou šesťportu podľa

obr. 1. Kapacity a indukčnosti prvkov v reflexných dvoj póloch sú navrhnuté tak, že uhlové vzdialenosti q-bodov sa v pásme od 100 kHz do 100 MHz nezmenšia pod 55 stupňov. Vzdialenosť q-bodov od počiatku komplexnej roviny je 1,96. Na obr. 3 je vyznačená poloha q-bodov tohto šesťportu v jednotlivých dekádoch frekvenčného pásma.

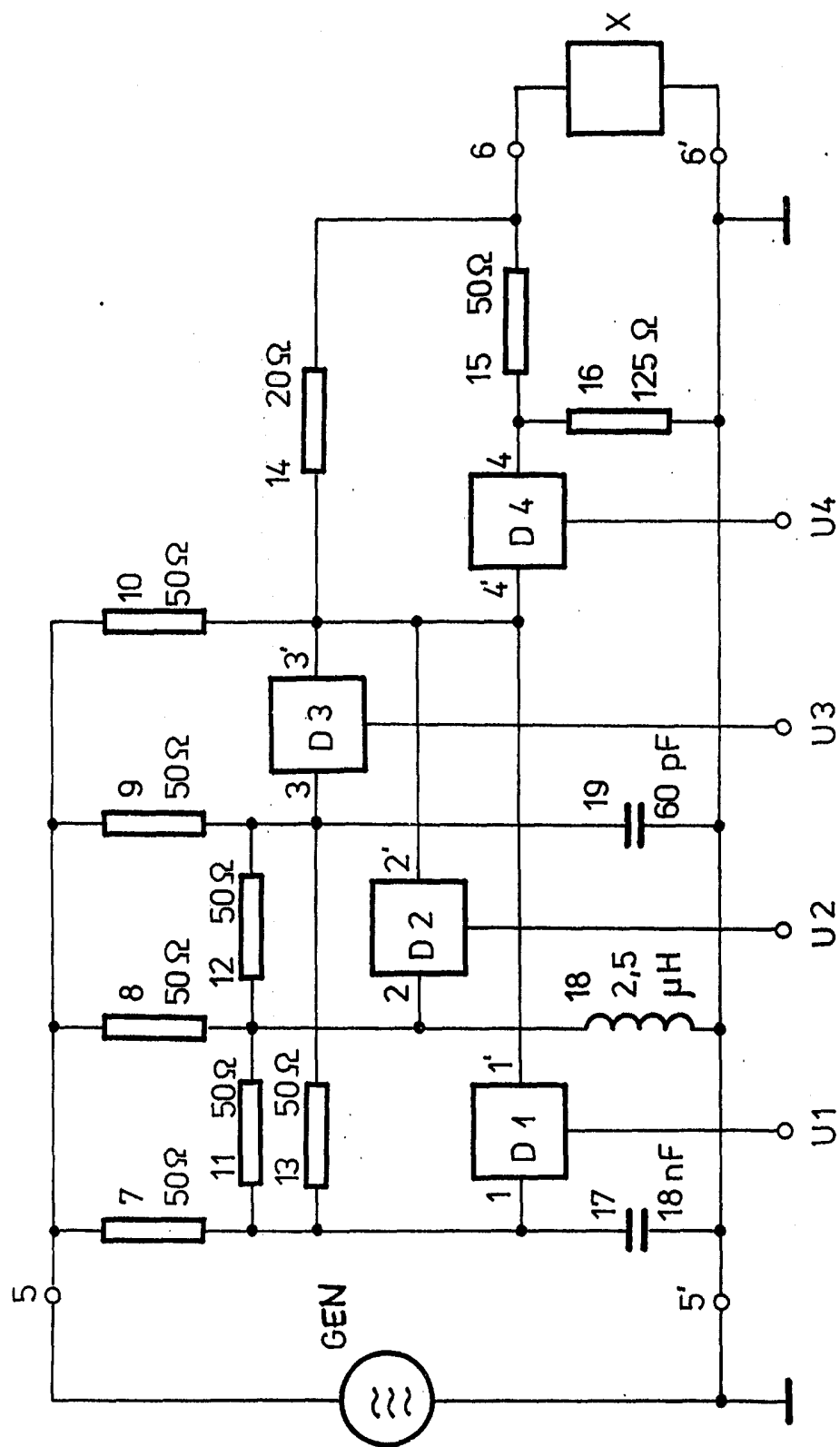
Šesťport podľa vynálezu je vhodný na meranie komplexného koeficientu odrazu testovaného dvoj pólu v širokom pásme frekvencií. Tvorí teda základný prvok širokopásmových reflektometrov. Pomocou dvoch šesťportov možno vytvoriť merač rozptylových parametrov dvojportov - analyzátor obvodov. Šesťport podľa vynálezu možno využiť na precízne meranie výkonov.

P R E D M E T V Y N Á L E Z U

Zapojenie širokopásmového šesťportu so sústredenými parametrami a štyrmi detektormi, vyznačujúce sa tým, že medzi osem vzájomne izolovaných uzlov (A, B, C, D, E, F, G, H) je zapojených desať rezistorov (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) a tri reflexné dvoj póly (17, 18, 19), pričom prvý rezistor (7) je zapojený medzi prvým uzlom (A) a tretím uzlom (C), druhý rezistor (8) je zapojený medzi prvým uzlom (A) a štvrtým uzlom (D), tretí rezistor (9) je zapojený medzi prvým uzlom (A) a piatym uzlom (E), štvrtý rezistor (10) je zapojený medzi prvým uzlom (A) a šiestym uzlom (F), piaty rezistor (11) je zapojený medzi tretím uzlom (C) a štvrtým uzlom (D), šiesty rezistor (12) je zapojený medzi štvrtým uzlom (D) a piatym uzlom (E), siedmy rezistor (13) je zapojený medzi tretím uzlom (C) a piatym uzlom (E), ôsmy rezistor (14) je zapojený medzi šiestym uzlom (F) a ôsmym uzlom (H), deviaty rezistor (15) je zapojený medzi siedmym uzlom (G) a ôsmym uzlom (H), desiaty rezistor (16) je zapojený medzi druhým uzlom (B) a siedmym uzlom (G), prvý reflexný dvoj pól (17) je zapojený medzi druhým uzlom (B) a tretím uzlom (C), druhý reflexný dvoj pól (18) je zapojený medzi druhým uzlom (B) a štvrtým uzlom (D), tretí reflexný dvoj pól (19) je zapojený medzi druhým uzlom (B) a piatym uzlom (E), pričom prvý port (1-1') je medzi tretím uzlom (C) a šiestym uzlom (F), druhý port (2-2') je medzi štvrtým uzlom (D) a šiestym uzlom (F), tretí port (3-3') je medzi piatym uzlom (E) a šiestym uzlom (F), referenčný port (4-4') je medzi siedmym uzlom (G) a šiestym uzlom (F), napájací port (5-5') je medzi prvým uzlom (A) a druhým uzlom (B), merací port (6-6') je medzi ôsmym uzlom (H) a druhým uzlom (B).



OBR. 1



OBR. 2

