



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

230191
(11) (B1)

[51] Int. Cl.³
H 03 H 7/12

[22] Přihlášeno 16 12 82
[21] (PV 9252-82)

[40] Zveřejněno 25 11 83

[45] Vydáno 15 09 86

(75)

Autor vynálezu

DITL AUGUSTIN RNDr. CSc., PRAHA

(54) Zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti

1

Vynález se týká zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti.

Je známo, že obvody širokopásmových propustí se odvozují od obvodů dolních propustí požadovaných frekvenčních charakteristik podle Butterwortha, Bessela, Čebyševa a jiných, kdy se indukční prvky obvodu dolní propusti převádějí na sériové LC obvody širokopásmových propustí a kapacitní prvky obvodu dolní propusti se převádějí na paralelní LC obvody obvodu širokopásmových propustí. Tato transformace se provádí tak, že každý kapacitní prvek obvodu dolní propusti se nahradí paralelním LC obvodem, sestávajícím z kapacitního prvku s kapacitou poloviční, než byla kapacita kapacitního prvku dolní propusti, a z indukčního prvku s takovou indukčností, že paralelní LC obvod je naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti pásmové propusti, a každý indukční prvek obvodu dolní propusti je nahrazen sériovým LC obvodem sestávajícím z indukčního prvku s poloviční indukčností, než byla indukčnost indukčního prvku obvodu dolní propusti a z kapacitního prvku takové kapacity, že sériový LC obvod je naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti.

2

Význam těchto transformací spočívá v tom, že průběh frekvenčních charakteristik se přesune téměř beze změny jejich tvaru do okolí středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti za předpokladu, že šíře pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti je malá vzhledem ke střednímu kmitočtu uvedeného pásma propustnosti. Pro široká pásma s poměrem šíře pásma ke střednímu kmitočtu pásma propustnosti větší, než 1:10 se sice frekvenční charakteristiky přesunou též do okolí středního kmitočtu pásma propustnosti, avšak zároveň se změní podstatně jejich tvar, neboť charakteristika skupinového zpoždění stoupne pro nižší kmitočty a klesne pro vyšší kmitočty velmi podstatně, zároveň se objeví na amplitudové charakteristice, zejména na její straně k nižším kmitočtům, kolísání.

Uvedené deformace frekvenčních charakteristik, způsobují při přenosu signálů frekvenční modulací nelineární zkreslení, které se projeví například při přenosu televizního signálu přeslechem z jasového signálu do barvonosného signálu a do zvukového signálu a přeslechem zvukového signálu do jasového signálu a do barvonosného signálu. Pro pásma propustnosti větší než 1:5 je pak zkreslení přenášených signálů tak

velké, že takové pásmové propusti již nejsou pro přenos použitelné. Tak široká pásma se pak obvykle přenášejí obvodem širokopásmové propusti složeným z dolní zádrže a horní zádrže. Nevýhodou takového uspořádání je však nutnost použití dvojnásobného počtu LC obvodů a vznik velkého kolísání charakteristiky skupinového zpoždění v blízkosti okrajů pásma propustnosti zádrží. Pak je nutno rozšířit pásmo propustnosti tak, aby složky spektra přenášené modulované nosné vlny nepřesahovaly do těchto okrajových oblastí. Tím se však ztrácí selektivita přijímače.

Dále je známo zapojení obvodu širokopásmové propusti s použitím korektoru amplitudové charakteristiky a charakteristiky skupinového zpoždění, jehož účelem je kompenzace parazitních složek vznikajících při převodu obvodu dolní propusti na obvod širokopásmové propusti a jejich amplitudová charakteristika stoupá se stoupajícím kmitočtem a charakteristika skupinového zpoždění současně klesá. Přitom však zůstává nevyřešen problém potlačení těch složek, které vznikají tím, že reaktanci obvodů, kterou při obvyklém převodu obvodu dolní propusti na obvod širokopásmové propusti zajišťují indukční prvky dolní propusti, lze pokládat za lineárně závislou na kmitočtu jen v pásmu asi $\pm 6\%$ středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti a zvrtnou hodnotu reaktance obvodů, kterou v obvyklém převodu dolní propusti na širokopásmovou propust zajišťují kapacitní prvky, lze pokládat za lineárně závislou na kmitočtu jen v pásmu asi $\pm 6\%$ středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti podle vynálezu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že každý indukční prvek obvodu dolní propusti se převede ze zapojení LCC obvodu širokopásmové propusti sestávajícího v první větvi LCC obvodu z prvního indukčního prvku v sérii s prvním kapacitním prvkem, a v druhé větvi LCC obvodu z druhého kapacitního prvku. Každý kapacitní prvek obvodu dolní propusti se převede na zapojení LLC obvodu širokopásmové propusti, sestávajícího v první větvi LLC obvodu z třetího kapacitního prvku v sérii s druhým indukčním prvkem a v druhé větvi LLC obvodu z třetího indukčního prvku.

Po převodu indukčního prvku obvodu dolní propusti je první kapacitní prvek obvodu LCC v obvodu širokopásmové propusti spolu s prvním indukčním prvkem v první větvi obvodu LCC v obvodu širokopásmové propusti naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti a druhý kapacitní prvek v druhé větvi LCC obvodu v obvodu širokopásmové propusti je spolu s prvním indukčním prvkem a prvním kapacitním prvkem v první

větvi LLC obvodu v obvodu širokopásmové propusti naladěn na 2,236násobný střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti a druhý indukční prvek je spolu s třetím kapacitním prvkem v první větvi LLC obvodu v obvodu širokopásmové propusti naladěn na kmitočet rovný 2,236násobnému střednímu kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti, a třetí indukční prvek v druhé větvi obvodu širokopásmové propusti je spolu s druhým indukčním prvkem a třetím indukčním prvkem v první větvi LLC obvodu v obvodu širokopásmové propusti naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti.

Výhody zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti, podle vynálezu spočívají v tom, že reaktance obvodů, které při transformaci obvodu dolní propusti na obvod širokopásmové propusti nahrazují indukční prvky obvodu dolní propusti, je lineárně závislá na kmitočtu v pásmu $\pm 28\%$ středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti a zvrtná hodnota reaktance obvodů, které při transformaci obvodu dolní propusti na obvod širokopásmové propusti nahrazují kapacitní prvky obvodu dolní propusti, je lineárně závislá na kmitočtu v pásmu $\pm 28\%$ středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti. Z toho plyne, že obvod širokopásmové propusti vytvořený transformací podle vynálezu může mít širší pásma 3,5násobně větší než obvody širokopásmové propusti, vytvořené dosavadní transformací z obvodu dolní propusti. V důsledku toho se v případě přenosu televizního signálu zamezí vzniku přeslechů jasového signálu do barvonosného signálu a do zvukového signálu, a opačně vzniku přeslechů ze zvukového signálu do barvonosného a do jasového signálu. Při přenosu digitálních signálů se zamezí rozšíření impulsů a současně se dosáhne zachování jejich dobré rozlišitelnosti. Při přenosu telefonního multiplexního signálu se zamezí přeslechům z jednoho telefonního kanálu do ostatních telefonních kanálů. Tyto výhody se projeví výrazně obzvláště při aplikaci řešení v kosmických spojkách.

Zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti podle vynálezu, bude následovně blíže popsáno v příkladovém provedení s pomocí připojených vyobrazení, kde na

obr. 1 je naznačena transformace indukčního prvku z obvodu dolní propusti na LCC obvod v obvodu širokopásmové propusti,

obr. 2 je naznačena transformace kapacitního prvku z obvodu dolní propusti na LLC obvod v obvodu širokopásmové propusti,

obr. 3 znázorňuje zapojení obvodu dolní propusti s jedním indukčním a jedním kapacitním prvkem před transformací těchto prvků do obvodu širokopásmové propusti a

obr. 4 znázorňuje zapojení obvodu širokopásmové propusti vzniklé transformací indukčního prvku na LCC obvod a transformací kapacitního prvku na LLC obvod v obvodu širokopásmové propusti.

Podstata řešení, podle vynálezu je znázorněna na obr. 1 a 2, kde je naznačena transformace indukčního prvku **AL** a kapacitního prvku **AC**, zapojených v obvodu dolní propusti **A** podle obr. 3 na obvodová uspořádání **LCC** a **LLC**. U indukčního prvku **AL** obvodu dolní propusti **A** je provedena transformace na **LCC** obvod transformací vznikajícího obvodu širokopásmové propusti **B**, a u kapacitního prvku **AC** pásmové propusti **A** je provedena transformace na **LLC** obvod transformací vznikajícího obvodu širokopásmové propusti **B** znázorněného po provedené transformaci obou prvků **AL** a **AC** z obvodu dolní propusti **A** v konečném uspořádání na obr. 4. Pro úplnost je zapojení obvodu dolní propusti **A** a zapojení obvodu širokopásmové propusti **B** doplněno napětovým zdrojem **U** s vnitřním odporem **R** a dále zatěžovacím odporem **R_z**.

Při uvažované transformaci indukčního prvku **AL** obvodu dolní propusti **A** na **LCC** obvod širokopásmové propusti je **LCC** obvod členěn na dvě větve, kde první větev obsahuje první indukční prvek **L1** s indukčností rovnou polovině indukčnosti původního indukčního prvku **A1** obvodu dolní propusti **A** a dále první kapacitní prvek **C1**, přičemž oba tyto prvky **L1** a **C1** jsou naladěny na střední frekvenci pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti. Druhá větev **LCC** obvodu obsahuje druhý kapacitní prvek **C2**, který spolu s prvním indukčním prvkem **L1** a prvním kapacitním prvkem **C1** první větve **LCC** obvodu je naladěn na 2,236násobný střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti **B**.

Při uvažované transformaci kapacitního prvku **AC** obvodu dolní propusti **A** je **LLC** obvod členěn na dvě větve, kde první větev obsahuje třetí kapacitní prvek **C3**, jehož kapacita činí 0,32 kapacity kapacitního prvku **AC** dolní propusti **A**, a dále druhý indukční prvek **L2**, přičemž oba tyto prvky **C3** a **L2** jsou naladěny na 2,236násobný střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti **B**. Druhá větev **LLC** obvodu obsahuje třetí indukční prvek **L3**, který spolu s třetím kapacitním prvkem **C3** a druhým indukčním prvkem **L2** **LLC** obvodu je naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti **B**.

Při funkci obvodu dolnofrekvenční propusti před transformací je reaktance indukčního prvku **AL** na obr. 1 úměrná kmitočtu, při kterém se reaktance měří a reaktance kapacitního prvku **AC** na obr. 2 je nepřímo úměrná kmitočtu, při kterém se reaktance měří.

Při funkci obvodu širokopásmové propusti po transformaci je reaktance **LCC** obvodu podle obr. 1 sestávajícího z prvního in-

dukčního prvku **L1**, prvního kapacitního prvku **C1** a druhého kapacitního prvku **C2** v pásmu širokém $\pm 28\%$ kolem středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti úměrná rozdílu kmitočtu, při kterém se reaktance měří a středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti a reaktance **LLC** obvodu podle obr. 2 sestávajícího z druhého indukčního prvku **L2**, třetího indukčního prvku **L3** a třetího kapacitního prvku **C3** je v pásmu širokém $\pm 28\%$ kolem středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti nepřímo úměrná rozdílu kmitočtu, při kterém se reaktance měří a středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propustnosti.

V pásmu širokém $\pm 28\%$ kolem středního kmitočtu pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti se nacházejí v komplexní frekvenční rovině póly a nuly transformované širokopásmové propusti na místech posunutých o střední kmitočet pásma propustnosti širokopásmové propusti proti pólům a nulám v komplexní frekvenční rovině dolnofrekvenční propusti před transformací. Vzájemná poloha a reálné části pólů a nul obvodu širokopásmové propusti jsou stejné jako vzájemná poloha a reálné části pólů a nul v komplexní frekvenční rovině dolnofrekvenční propusti, ze které byla širokopásmová propust transformována.

Prochází-li širokopásmovou propustí signál se signálovým kmitočtem, který je v pásmu $\pm 28\%$ kolem středního kmitočtu pásma propustnosti širokopásmové propusti, pak póly a nuly v komplexní frekvenční rovině v pásmu $\pm 28\%$ kolem středního kmitočtu pásma propustnosti širokopásmové propusti mají k signálovému kmitočtu stejný vztah jako mají póly a nuly v komplexní frekvenční rovině dolnofrekvenční propusti, ze které byla širokopásmová propust podle vynálezu transformována ke kmitočtu, který je proti signálovému kmitočtu nižší o kmitočet rovný střednímu kmitočtu pásma propustnosti širokopásmové propusti. Jsou tedy průběhy amplitudové a fázové charakteristiky širokopásmové propusti stejné jako průběhy amplitudové a fázové charakteristiky dolnofrekvenční propusti, ze které byla širokopásmová propust transformována a jsou jen posunuty o střední kmitočet pásma propustnosti širokopásmové propusti.

Poněvadž dolnofrekvenční propusti různých amplitudových a fázových charakteristik jsou tabelovány, např. A. B. Willams: „Elektronic Filter Design Handbook“. McGraw Hill 1981, lze tyto dolnofrekvenční propustě transformovat podle vynálezu na širokopásmové propusti se stejnými amplitudovými a fázovými charakteristikami jako tabelované dolnofrekvenční propusti s poměrem středního kmitočtu širokopásmové propusti k šířce pásma propusti 1,8.

Obvod širokopásmové propusti v obr. 4 transformovaný podle vynálezu, z obvodu dolnofrekvenční propusti podle obr. 3, může tedy mít poměr středního kmitočtu pásma propustnosti širokopásmové propusti k šíři pásma širokopásmové propusti o hodnotě 1,8, zatímco tento poměr u pásmové propusti transformované z téže dolnofrekvenční propusti tak, že indukční prvek AL obvodu dolnofrekvenční propusti se transformuje na sériový LC obvod a kapacitní prvek AC obvodu dolnofrekvenční propusti se transformuje na paralelní LC obvod o hodnotě alespoň 6,3.

Stejně jako u jednoduchého obvodu širokopásmové propusti podle obr. 4 transformovaného z jednoduchého obvodu dolnofrekvenční propusti podle obr. 3 může být poměr středního kmitočtu pásma propustnosti širokopásmové propusti transformované podle vynálezu z obvodu dolnofrekvenční propusti sestávající z více sériových

indukčních prvků a paralelních kapacitních prvků k šíři pásma propustnosti této širokopásmové propusti roven hodnotě 1,8, zatímco tento poměr u pásmové propusti transformované od téže dolnofrekvenční propusti tak, že indukční prvky dolnofrekvenční propusti se transformují na sériové LC obvody a kapacitní prvky se transformují na paralelní LC obvody, je o hodnotě alespoň 6,3.

Důsledek $6,3 : 1,8 = 3,5$ násobného zvýšení šíře pásma obvodu širokopásmové propusti dosažitelného transformací podle vynálezu spočívá v možnosti až 3,5krát zvýšit zdvih frekvenčně modulované nosné vlny a tím zvýšit poměr výkonu signálu k šumu přijímaného signálu 3,5krát, což lze využít u všech druhů přenosu televizního signálu, telefonního multiplexního signálu, signálu přenosu dat při přenosu signálu v kosmických spojích.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti, vyznačené tím, že každý indukční prvek (L) obvodu dolní propusti (A) se převede na zapojení LCC obvodu širokopásmové propusti (B) sestávajícího v první větvi LLC obvodu z prvního indukčního prvku (L1) v sérii s prvním kapacitním prvkem (C1) a v druhé větvi obvodu LCC z druhého kapacitního prvku (C2), a každý kapacitní prvek (C) obvodu dolní propusti (A) se převede na zapojení LLC obvodu širokopásmové propusti (B) sestávajícího v první větvi LLC obvodu z třetího kapacitního prvku (C3) v sérii s druhým indukčním prvkem (L2) a v druhé větvi LLC obvodu z třetího indukčního prvku (L3).

2. Zapojení obvodu širokopásmové propusti transformací zapojení obvodu dolní propusti podle bodu 1, vyznačené tím, že při převodu indukčního prvku (AL) obvodu dolní propusti (A) je první kapacitní prvek (C1) obvodu širokopásmové propusti (B) spolu s prvním indukčním prvkem (L1) v první větvi LCC obvodu v obvodu širokopás-

mové propusti (B) naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti (B) a druhý kapacitní prvek (C2) v druhé větvi LCC obvodu v obvodu širokopásmové propusti (B) je spolu s prvním indukčním prvkem (L1) a prvním kapacitním prvkem (C1) v první větvi LCC obvodu v obvodu širokopásmové propusti (B) naladěn na 2,236násobný střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti (B), a druhý indukční prvek (L2) je spolu s třetím kapacitním prvkem (C3) v první větvi LLC obvodu v obvodu širokopásmové propusti (B) naladěn na 2,236násobný střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti (B) a třetí indukční prvek (L3) v druhé větvi obvodu širokopásmové propusti (B) je spolu s druhým indukčním prvkem (L2) a třetím indukčním prvkem (L3) v první větvi LLC obvodu v obvodu širokopásmové propusti (B) naladěn na střední kmitočet pásma propustnosti obvodu širokopásmové propusti (B).

