

## 5. Přechodné jevy na bezztrátovém vedení – náročnější příklady:

1. Nakreslete náhradní schéma elementu bezztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro napětí a uveďte její řešení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko.
2. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezztrátové vedení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno.
3. Nakreslete náhradní schéma elementu bezztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro napětí a uveďte její řešení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno  $R_z = 2R_0$ .
4. Nakreslete náhradní schéma elementu bezztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko.
5. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezztrátové vedení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno.
6. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezztrátové vedení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20 \text{ V}$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno  $R_z = 0,5 R_0$ .
7. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Bezeztrátové dvouvodičové vedení délky  $l = 300 \text{ m}$  s vlnovým odporem  $R_{01} = 300 \Omega$  umístěné ve

vzduchu je připojeno ke koaxiálnímu kabelu délky  $l = 200$  m s vlnovým odporem  $R_{02} = 50 \Omega$  a relativní permitivitou izolace  $\varepsilon_r = 9$ . Na vstup prvního vedení se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20$  V s vnitřním odporem  $R_i = R_{01}$ , kabel je zakončen odporem  $R_z = 50 \Omega$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  a  $u_3(t)$  na začátku prvního vedení, v místě styku obou vedení a na konci kabelu lze-li kabel považovat rovněž za bezeztrátové vedení.

8. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezeztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200$  m se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20$  V s nulovým vnitřním odporem. Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu\text{s}$ .
9. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezeztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200$  m se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného napětí  $U_{i0} = 20$  V s nulovým vnitřním odporem. Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno odporem  $R_z = 0,5 R_0$  pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu\text{s}$ .
10. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200$  m se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného proudu  $i_{i0} = 20$  mA s vnitřní vodivostí  $G_i = 0$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu\text{s}$ .
11. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200$  m se v čase  $t=0$  připojí zdroj stejnosměrného proudu  $i_{i0} = 20$  mA s vnitřní vodivostí  $G_i = 0$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno  $R_z = 2R_0$  pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu\text{s}$ .
12. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro napětí a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200$  m je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10$  V o délce trvání  $t_0 = 0,05 \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko.
13. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezeztrátové vedení. Na vstup bezeztrátového vedení

s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno.

14. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro napětí a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno  $R_z = 2R_0$ .
15. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko.
16. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezeztrátové vedení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno.
17. Dokažte, že libovolné funkce typu  $u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt)$  jsou řešením vlnové rovnice pro homogenní bezeztrátové vedení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_0$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno  $R_z = 0,5 R_0$ .
18. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezeztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Bezeztrátové dvou vodičové vedení délky  $l = 300 \text{ m}$  s vlnovým odporem  $R_{01} = 300 \text{ } \Omega$  umístěné ve vzduchu je připojeno ke koaxiálnímu kabelu délky  $l = 200 \text{ m}$  s vlnovým odporem  $R_{02} = 50 \text{ } \Omega$  a relativní permitivitou izolace  $\epsilon_r = 9$ . Na vstup prvního vedení je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s vnitřním odporem  $R_i = R_{01}$ , který do vedení vyšle jeden

velmi krátký impuls s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  a  $u_3(t)$  na začátku prvního vedení, v místě styku obou vedení a na konci kabelu lze-li kabel považovat rovněž za bezztrátové vedení, je-li kabel zakončen odporem  $R_z = 50 \text{ } \Omega$ ..

19. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s nulovým vnitřním odporem, který do vedení vyšle jeden velmi krátký impuls s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno pro časový interval  $0 \leq t \leq 3 \mu\text{s}$ .
20. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s nulovým vnitřním odporem, který do vedení vyšle jeden velmi krátký impuls s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko pro časový interval  $0 \leq t \leq 3 \mu\text{s}$ .
21. Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Odvoďte vztahy pro činitel odrazu a prostupu vln napětí v místě styku dvou bezztrátových vedení s různými vlnovými odpory  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ . Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen zdroj napětí  $u_i(t)$  s nulovým vnitřním odporem, který do vedení vyšle jeden velmi krátký impuls s amplitudou  $U_i = 10 \text{ V}$  o délce trvání  $t_0 = 0,05 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy napětí  $u_1(t)$ ,  $u_s(t)$  a  $u_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno odporem  $R_z = 0,5 R_0$  pro časový interval  $0 \leq t \leq 3 \mu\text{s}$ .
22. Nakreslete náhradní schéma elementu bezztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen ideální zdroj proudu  $i_i(t)$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impuls s amplitudou  $I_i = 30 \text{ mA}$  o délce trvání  $t_0 = 0,1 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno nakrátko pro časový interval  $0 \leq t \leq 3 \mu\text{s}$ .
23. Nakreslete náhradní schéma elementu bezztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $C = 50 \text{ pF/m}$  o délce  $l = 200 \text{ m}$  je připojen ideální zdroj proudu  $i_i(t)$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impuls s amplitudou  $I_i = 30 \text{ mA}$  o délce trvání  $t_0 = 0,1 \text{ } \mu\text{s}$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku,

uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno naprázdno pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu s$ .

24. Nakreslete náhradní schéma elementu bezeztrátového vedení, odvoďte jeho vlnovou rovnici pro proud a uveďte její řešení. Na vstup bezeztrátového vedení s parametry  $L = 0,5 \mu H/m$ ,  $C = 50 pF/m$  o délce  $l = 200 m$  je připojen ideální zdroj proudu  $i_i(t)$ , který do vedení vyšle jeden velmi krátký impulz s amplitudou  $I_i = 30 mA$  o délce trvání  $t_0 = 0,1 \mu s$ . Nakreslete časové průběhy proudů  $i_1(t)$ ,  $i_s(t)$  a  $i_2(t)$  na začátku, uprostřed a na konci vedení, které je zakončeno odporem  $R_z = 0,5 R_0$  pro časový interval  $0 \leq t \leq 3\mu s$ .