

### Zadanie merania:

Na modeli 22kV vedenia, ktoré má napät'ovú mierku 1:100 (220V - 22kV) odmerajte veličiny pri rôznych prípadoch zemného spojenia s rozľahlosťou vedenia 50km.

### Úlohy merania:

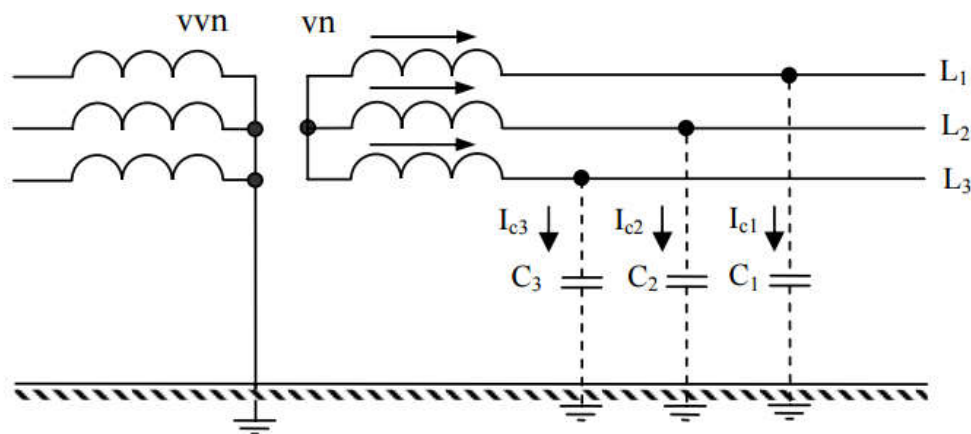
1. Zistite zmenu poruchového prúdu pri zmene dĺžky vedenia.
2. Zistite zmenu poruchového prúdu pri zmene v mieste poruchy a veľkosť prúdu v závislosti od fázy na ktorej sa porucha vyskytuje.
3. Zistite zmenu veľkosti reaktancie Petersenovej cievky zaradenej do poruchového obvodu.

### Teória merania:

Vysoko napät'ové siete môžeme prevádzkovať ako siete s izolovaným uzlom transformátora a s účinne uzemneným uzlom transformátora.

#### Siete s izolovaným uzlom transformátora

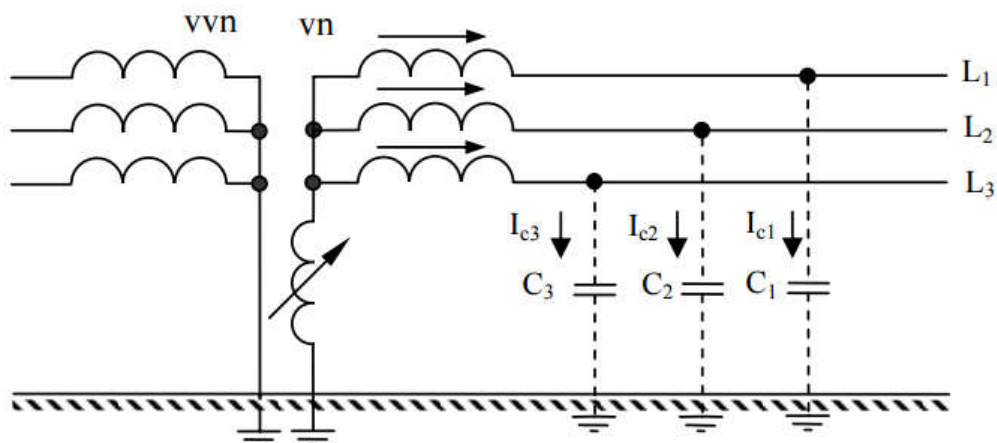
Majú uzol transformátora odizolovaný od zeme. V bezporuchovom chode má uzol vinutia transformátora voči zemi nulové napätie (za predpokladu rovnomerného zaťaženia fáz). Fázy majú proti zemi fázové napätie, medzi sebou napätie združené. Usporiadanie siete s izolovaným uzlom je na obr. 1. V ustálenom prevádzkovom stave sa kapacitné prúdy siete uzatvárajú cez zem.



Obr. 1. Sústava s izolovaným uzlom transformátora v bezporuchovej prevádzke

#### Siete s neúčinne uzemneným uzlom transformátora

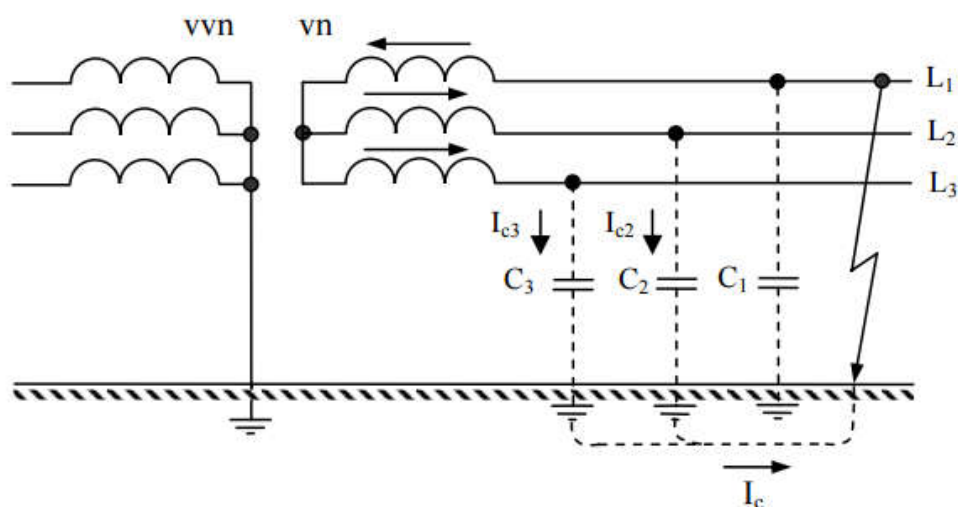
Prevádzkujú sa tak, že medzi uzol vinutia transformátora a zem sa zapojí Petersenova (zhášacia) tlmivka, ktorej úlohou je pri poruche obmedziť poruchový prúd kapacitného charakteru.



Obr. 2. Sústava s neúčinne uzemneným uzlom transformátora v bezporuchovej prevádzke

### Teória merania k poruchovým stavom vn sietí:

V sústavách prevádzkovaných s účinne uzemneným uzlom transformátora sa poruchy, pri ktorých došlo k vodivému spojeniu jednej alebo viacerých fáz so zemou nazývajú jedno alebo viacfázové skraty. Pri zemnom spojení jednej fázy sa uzatvárajú kapacitné prúdy zdravých fáz cez zem, miesto zemného spojenia a vinutie transformátora.

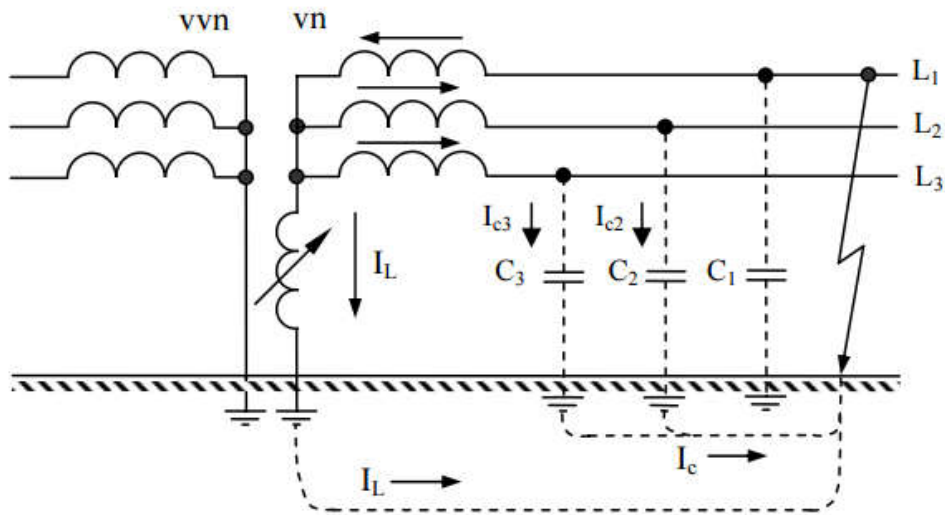


Obr. 3. Sústava s izolovaným uzlom transformátora pri zemnom spojení fázy  $L_1$

Pri poruche vzniká elektrický oblúk ktorý môže zasiahnuť susedné fázy a spôsobiť dvoj alebo trojfázové skraty. Ďalším nepriaznivým prejavom zemného spojenia je vznik nebezpečného dotykového a krokového napätia. Skutočnosť, že poruchový prúd má kapacitný charakter sa využíva pri kompenzácií kapacitného poruchového prúdu indukčnosťou, pripojenou medzi uzol transformátora a zem

Tlmivkou prechádza pri zemnom spojení prúd indukčného charakteru, ktorý sa uzatvára cez miesto zemného spojenia a poškodenú fázu do uzla vinutia transformátora. Pri približne

rovnakej veľkosti sa prúdy vzájomne takmer rušia. Oblúk ktorý vznikol v okamihu zemného spojenia pri malom zvyškovom prúde zanikne. Preto sa kompenzačná tlmivka nazýva zhášacia tlmivka.



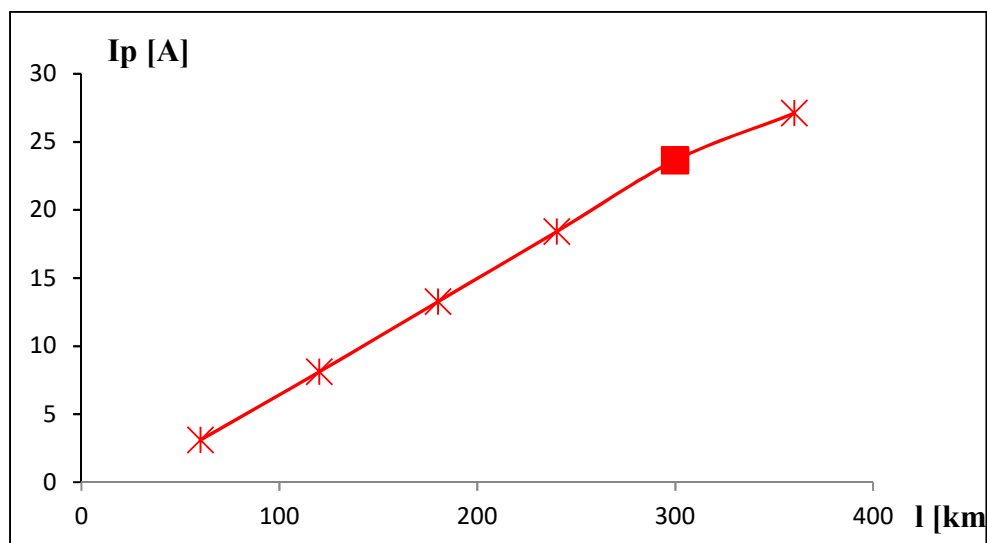
Obr. 4. jednofázové zemné spojenie v sústave s neúčinne uzemneným uzlom

Úlohy merania:

1. Zistíte zmenu poruchového prúdu pri zmene dĺžky vedenia.

Tabuľka nameraných hodnôt:

<b>l [km]</b>	60	120	180	240	300	360
<b>I<sub>p</sub> [A]</b>	3,1	8,1	13,26	18,4	23,65	27,1

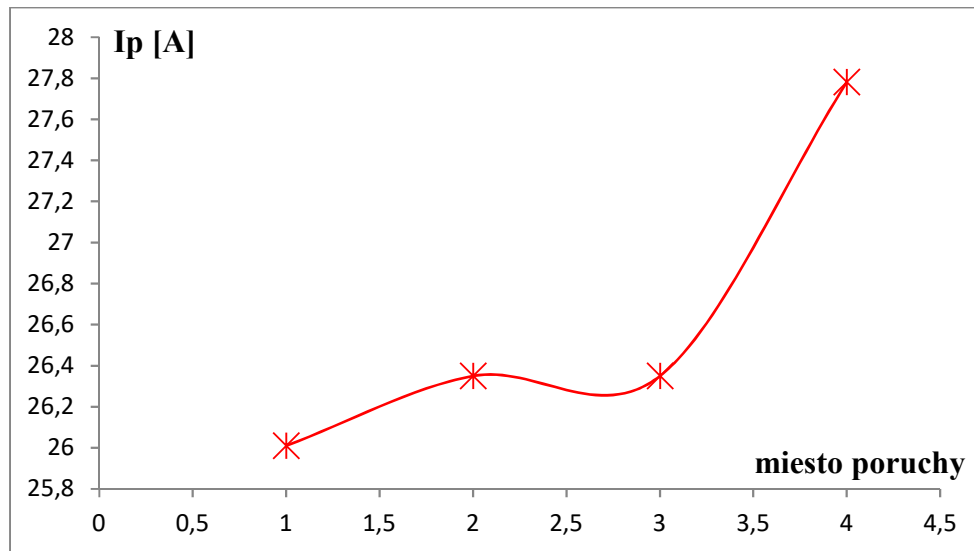


Obr. 5. Závislosť poruchového prúdu od vzdialenosti

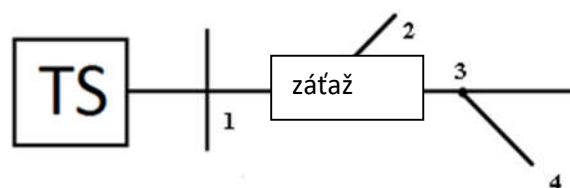
## 2. Zistíte zmenu poruchového prúdu pri zmene v mieste poruchy a fázy vedenia.

Tabuľka nameraných hodnôt:

Miesto poruchy	1	2	3	4
$I_p$ [A]	26,01	26,35	26,35	27,78



Obr. 6. Závislosť poruchového prúdu od miesta poruchy a fázy



Obr. 7. Náhradná schéma modelu vedenia s vyznačenými bodmi merania počas poruchy

## 3. Zistíte zmenu veľkosti reaktancie Petersenovej cievky zaradenej do poruchového obvodu.

Postup merania:

Do obvodu medzi uzlom transformátora a bodom v ktorom nastala porucha sme zapojili tlmivku. Vysúvaním jej jadra po určitých vzdialenostiach sme menili indukčnosť danej cievky. Namerané hodnoty sú zapísali do tabuľky. V ďalšej časti merania sme namerali napätie jalový výkon cievky pri prevádzke bez poruchy.

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt.

	I [A]	Ip [A]	U [kV]	Q [kVAr]	cosp[-]	L [H]	X <sub>L</sub> [Ω]	S [kVA]
1.	4,97	22,22	12,74	62,5	0,158	8,27	2596,9	63,3
2.	7,05	20	12,71	88,8	0,129	5,8	1819,2	89,6
3.	9,06	18	12,69	114	0,134	4,5	1412,6	115
4.	11,04	16,04	12,66	139	0,136	3,67	1153,1	139,8
5.	13,17	14,04	12,6	166	0,144	3,04	956,4	166
6.	15,59	11,93	12,6	194	0,155	2,6	818,4	196,4
7.	17,86	10,15	12,57	221	0,17	2,28	715	224,5
8.	21,19	8,05	12,52	261	0,189	1,91	600,1	265,3
9.	22,65	7,5	12,5	277	0,197	1,8	564,1	283,1
10.	32,93	11,04	12,32	391	0,266	1,24	388,2	405,7
11.	35,26	14,07	12,27	415	0,288	1,15	362,8	432,6
12.	37,76	16,17	12,23	437	0,296	1,11	347,9	461,8
13.	41,66	20,59	12,15	478	0,328	0,98	308,8	506,2
14.	49,49	29,12	12,98	546	0,39	0,98	308,6	642,4

Vzorové výpočty pre 7. riadok

$$L = \frac{X_L}{100 \cdot \pi} = \frac{2596,9}{100 \cdot \pi} = 2,28H \quad (1)$$

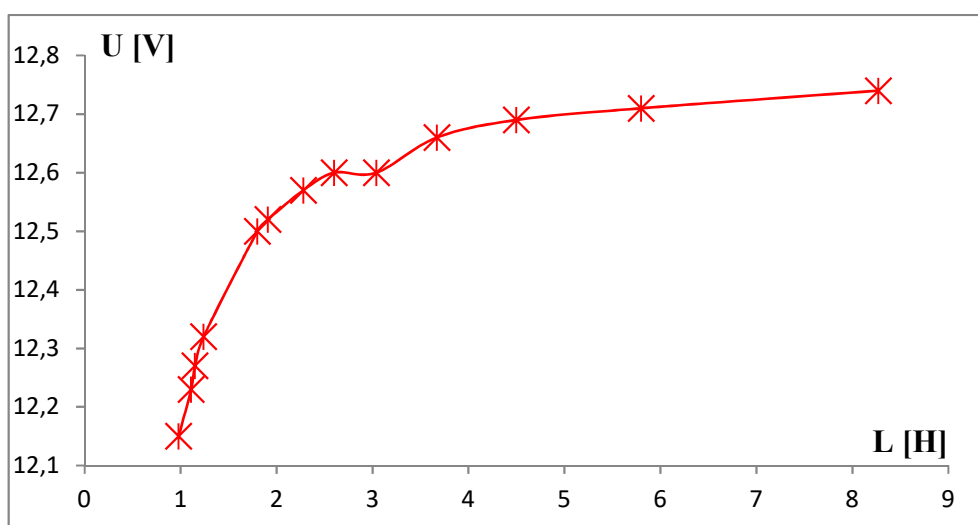
$$X_L = \frac{U^2}{Q} = \frac{(12,74 \cdot 10^3)^2}{62,5 \cdot 10^3} = 715\Omega \quad (2)$$

$$S = U \cdot I = 12,74 \cdot 10^3 \cdot 4,97 = 224,5kVA \quad (3)$$

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt.

	I[A]	U[V]	P[kW]	Q[kVAr]	cosp[-]	L[H]	X <sub>L</sub> [Ω]
1.	0,345	788	60	264	0,21	7,49	2352,1
2.	0,351	801	58	277	0,205	7,37	2316,2
3.	0,584	904,5	91,1	520	0,17	5,01	1573,3
4.	0,812	1000	112	806	0,141	3,95	1240,7
5.	1,022	1100	163	1110	0,148	3,47	1090,1
6.	1,272	1200	240	1520	0,154	3,02	947,4
7.	1,494	1300	318	1920	0,163	2,8	880,2
8.	2,45	1720	720	4130	0,17	2,28	716,3
9.	2,308	2000	1220	6390	0,189	1,99	626

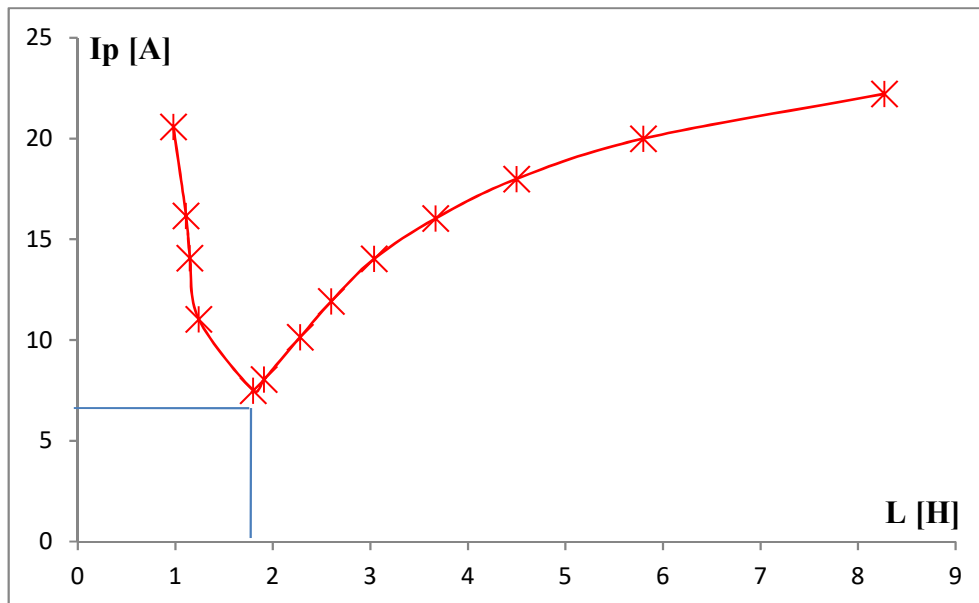
10.	3,7	2200	1510	7980	0,185	1,93	606,5
11.	4,1	2400	1880	9480	0,194	1,93	607,6
12.	5,04	2610	2660	12900	0,203	1,68	528,1
13.	5,4	2400	2900	12600	0,223	1,45	457,1
14.	5,22	2200	2780	11400	0,236	1,35	424,6
15.	4,6	1800	2080	8000	0,252	1,29	405
16.	2,85	800	732	2140	0,324	0,95	299,1
17.	2,43	580	541	1320	0,377	0,81	254,8



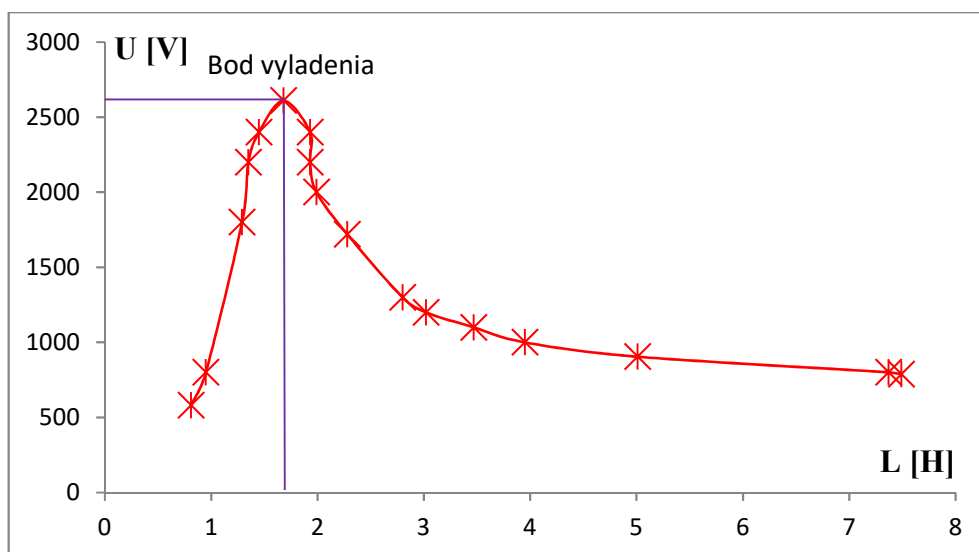
Obr. 8. Závislosť napätia od indukčnosti v stave bez poruchy

V grafickej závislosti napätia od indukčnosti v stave bez poruchy je vidieť že s narastajúcou indukčnosťou stúpa aj napätie na tlmivke.

V závislosti poruchového prúdu od indukčnosti bude najmenší poruchový prúd pretekať cez tlmivku a zem pri hodnote 1,8 H.



Obr. 9. Závislosť poruchového prúdu od indukčnosti



Obr. 10. Bod vyladenia tlmivky

### Záver merania:

V laboratórnom cvičení sme vykonali niekoľko meraní poruchového prúdu pri zemnom spojení na dlhom vedení. Z prvej úlohy merania resp. grafickej závislosti vyplýva že, poruchový prúd stúpa lineárne so vzdialenosťou dlhého vedenia. Malé vzniknuté odchýlky boli spôsobené kolísaním hodnôt.

Pri uvažovaní a počítaní poruchového prúdu uvažujeme s jedným bodom, ku ktorému sú pripojené všetky vetvy vedenia. Preto z druhej grafickej závislosti medzi poruchovým prúdom

a miestom poruchy vyplýva len drobná zmena poruchového prúdu pri určitých bodoch poruchy. Zväčšenie poruchového prúdu nastáva v druhej polovici bodov poruchy čo je spôsobené prenesením bodov poruchy na krajnú fázu.

V závislosti poruchového prúdu od indukčnosti sa nám podarilo dostať hodnotu cievky, ktorá bola väčšia ako 1 H. Pod touto hodnotou by bola tlmivka podladená. Podladienie tlmivky by nám spôsobilo silný nárast poruchového prúdu. V tomto bode merania sa nám podarilo získať najmenšiu hodnotu poruchového prúdu pri indukčnosti 1,8 H. Poruchový prúd v tomto bode dosahoval približne 7,5 A.

V poslednej úlohe merania sme hľadali bod vyladenia Petersenovej cievky v bezporuchovom stave. Vyladenie tlmivky bolo v meraní dôležité kvôli toku malého poruchového prúdu. Vyladenie tlmivky sme dosiahli pri hodnote 1,68 H.