

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

219396
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 02 J 3/18

(22) Přihlášeno 05 07 79
(21) (PV 4753-79)

(40) Zveřejněno 28 05 82

(45) Vydáno 15 08 85

[75]

Autor vynálezu

MATĚNA ŠTĚPÁN prof. ing. DrSc., RADA JOSEF prof. ing. CSc., ZIMA JOSEF doc. ing. CSc., PRAHA

[54] Paralelní zapojení trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací účinníku napájecích proudů

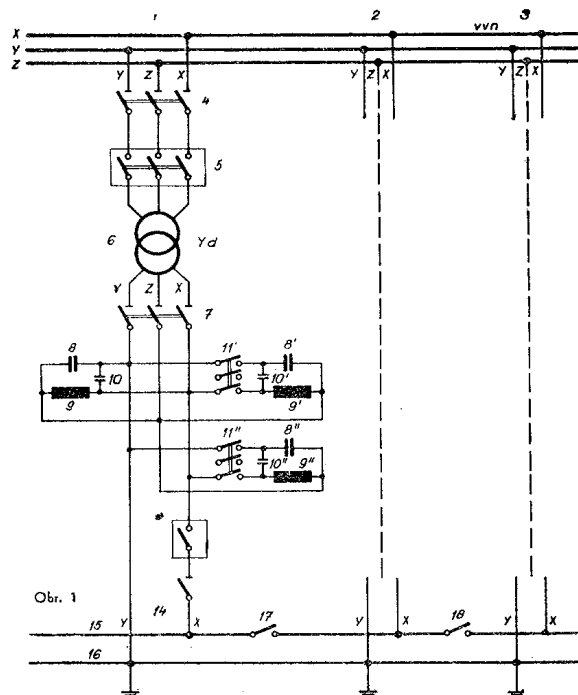
1

Paralelní zapojení a chod trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací účinníku trojfázových proudů odebíraných z napájecí sítě velmi vysokých napětí.

Účelem vynálezu je paralelní zapojení a chod trakčních transformoven elektrické dráhy na střídavý proud při napětí např. 25 kV, které jsou umožněny symetrizací a kompenzací účinníku napájecích trojfázových proudů odebíraných staničním transformátorem ze sítě velmi vysokých napětí. Tím je možné dráhovou smyčku trolej — kolej ve všech transformovných napájet ze stejného sdruženého napětí staničních transformátorů při prakticky vyrovnaných proudech odebíraných ze sítě velmi vysokých napětí. Paralelním chodem trakčních transformoven se podstatně zmenší úbytky napětí v traťovém vedení, takže je možné hospodárně navrhnout větší vzdálenost trakčních transformoven, zvětšit zatížení dráhy a zmenšit indukční jalové zatížení transformoven.

Uvedené elektrotechnické zapojení transformoven a symetrizačního a kompenzačního zařízení účinníku znázorňuje obr. 1, 2a a 2b, elektrické poměry při činnosti symetrizačního a kompenzačního zařízení objasňuje obr. 3a a 3b.

2



Vynález řeší paralelní zapojení trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací účinníku napájecích proudů při vysokém napětí např. 25 kV s vyrovnáním primárních trojfázových proudů velmi vysokého napětí např. 110 kV, v napájecí soustavě jednofázové elektrické dráhy na střídavý proud.

Dosavadní napájecí soustavy elektrické dráhy pracují s jednotlivými transformovna-
mi 25 kV v rozděleném zapojení tak, že u prostřed trati mezi dvěma stanicemi je trolej rozdělena v rozpínací stanici. Každá jednotlivá transformovna napájí tedy trolej na obě strany paprskovitě, takže není zde paralelní chod sousedních stanic, které se pak musí ještě jednofázově připojit na různá sdružená napětí 110 kV, aby se zhruba vyrovnalo zatížení ve fázích sítě 110 kV. Tato napájecí soustava vykazuje tedy podstatnou nevýhodu malého využití napětí 25 kV ve srovnání např. se soustavou na proud stejnosměrný při napětí 3 kV, kde paralelního chodu sousedních měnících lze dosáhnout snadněji.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje vynález paralelního zapojení trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací napájecích proudů při vysokém napětí např. 25 kV pro vyrovnání jednofázového zatížení dráhy na prakticky souměrné trojfázové napájení ze sítě velmi vysokého napětí při zlepšení účinníku. Obecně lze paralelně spojit jakýkoliv počet trakčních transformoven, případně i z různých oblastí napájecích sítí velmi vysokého napětí.

Paralelním spojením trakčních transformoven se docílí řádného využití střídavého napětí, např. 25 kV, 8krát většího než obvyklé stejnosměrné napětí 3 kV, tím, že příslušné zatěžovací proudy úměrně zmenšené působí značně menší úbytky napětí při paralelním chodu ve srovnání v napájení paprskovým. Je proto možné zvolit podstatně větší vzdálenost sousedních transformoven a dovolit větší zatížení dráhy při větší hustotě vlaků.

Symetrizační a kompenzační zařízení s kondenzátory a tlumivkou je připojeno na svorky sekundárního vinutí trojfázového transformátoru, který napájí trolej dráhy napětím stále stejných fází transformátoru ve všech trakčních transformovnách. Přitom lze docílit teoreticky úplné a prakticky vyhovující vyrovnání fázových proudů na primární straně trakčních transformoven při zlepšeném účinníku. Zároveň si sousední stanice tvoří navzájem zálohu při poruchovém vypnutí jedné z nich. Na straně velmi vysokého napětí jsou trakční transformátory napájeny z jedné nebo i z různých oblastních sítí 110 kV, takže mezi sousedními stanicemi mohou vzniknout zkratové a vyrovnávací proudy. Při dvou trakčních transformovnách se jmenovitým výkonem transformátoru 10 MVA a průměrné vzdálenosti

50 km je výsledná reaktance smyčky trolej — kolej 60 %, takže při zkratu na straně 110 kV se dodává trolejovým vedením a oběma stanicemi zkratový výkon $10 \text{ MVA} \times 100 \% / 60 \% = 16 \text{ MVA}$ při této 100% změně napájecího napětí. Bude-li v normálním provozu rozdíl napětí mezi sousedními napájecími oblastními sítěmi velmi vysokého napětí 10 %, vznikne vyrovnávací výkon 1,6 MVA, což je asi jen 1/3 či 1/4 výkonu jedné lokomotivy na trati. Zpětné zkratové i vyrovnávací proudy ve stanici lze ovládat a vypínat zpětnou ochranou u transformátoru. Při paralelním spojení vícero trakčních transformoven vzrostl by zkratový výkon u tří stanic asi na $10 \text{ MVA} \times 100 / 35 = 28,6 \text{ MVA}$ a dále pak se zvětšuje již jen málo s rostoucím počtem stanic. Vyrovnávací proudy jsou přibližně stejné jako dříve. Všeobecně pak provoz elektrické dráhy na střídavý proud přináší velmi důležitou výhodu o řád menšího nebezpečí korozního ohrožení sousedících zemních zařízení kabelových, potrubních a jiných, jak to potvrzuje provoz dráhy na proud stejnosměrný ve srovnání s dráhou na proud střídavý, v jejichž oblastech jsou po té stránce podstatně odlišné poměry.

Na připojených výkresech jsou znázorněny příklady provedení dle vynálezu.

Na obr. 1 je podrobné zapojení jedné paralelní stanice se dvěma sousedními trakčními transformovnami v symbolickém zakreslení.

Na obr. 2a a 2b je zapojení symetrizačního a kompenzačního kondenzátoru a tlumivky v bloku s trojfázovým transformátorem trakční transformovny a vyvedení napětí napáječem na trať dráhy.

Na obr. 3a je fázorový diagram působení symetrizace a kompenzace trojfázových napětí a proudů trakčního transformátoru při jednofázovém zatížení dráhy.

Na obr. 3b je zapojení symetrizačního a kompenzačního zařízení v bloku s napájecím transformátorem a s připojeným dráhovým vedením pro lokomotivu.

Symetrizační a kompenzační zařízení může být říditelné v několika stupních pro přizpůsobení traťovému zatížení a podle toho je na obr. 1 první stupeň symetrizačního a kompenzačního zařízení **8, 9, 10** pevný a ostatní dva **8', 9', 10' a 8'', 10''** se podle velikosti zatížení dráhy přepínají svými vypínači **11 a 11'**.

Na obr. 1 trakční transformovna **1** a symbolicky nakreslené trakční transformovny **2 a 3** jsou spojeny paralelně k troleji **15** spínači **17 a 18** v rozpínací stanici uprostřed mezi trakčními transformovnami. Transformovna **1** je napájena přes odpojovač **7** a výkonový vypínač **5**. Výstup transformátoru **6** je opatřen odpojovačem **7**. Trojfázový trakční transformátor **6** tvoří blok se symetrizačním a kompenzačním zařízením, které se skládá ze symetrizačních konden-

zátorů **8**, **8'** a **8''**, tlumivek **9**, **9'** a **9''**, kompenzačních kondenzátorů **10**, **10'** a **10''**.

Na obr. 2a prvky symetrizačního a kompenzačního zařízení jsou připojeny na fáze YZ a ZX, kdežto traťová smyčka troleje **15** a koleje **16** je napájena spolu s kompenzačním kondenzátorem **10** napáječem **14** z fáze XY trojfázového trakčního transformátoru **6**. Na obr. 2b jsou prvky symetrizačního a kompenzačního zařízení zapojeny úplně shodně na stejně označené svorky X, Y, Z a tři strany dvou jednofázových transformátorů **6'**, **6''** o převodu 110/25 kV zapojených v síti 110 kV do písmene V. Symetrizační i kompenzační kondenzátor se může opatřit každý tlumivkou, která je s ním elektricky zapojena do série, a která usnadní jednak spínání kondenzátoru a zároveň s kondenzátorem vytvoří sériový filtr pro některý vyšší harmonický kmitočet proudu, např. třetí. Kirchhoffovy zákony, z nichž se při kreslení fázorového diagramu na obr. 3a vychází, platí nejen pro proudy, ale i pro výkony. Na obr. 3a značí: S — zdánlivý výkon odebíraný z trakční transformovny vedením trolej-kolej s lokomotivami; P má složku činnou P a jalovou Q_1 , které určují fázový posun φ_1 . Q_{1s} je jalový výkon kompenzačního kondenzátoru **10**, Q_{2s} je jalový výkon symetrizační tlumivky **9**, Q_{3s} je jalový výkon symetrizačního kondenzátoru **8**. S_x , S_y , S_z jsou zdánlivé výkony odebírané z napájecí sítě 110 kV.

Ve fázorovém diagramu na obr. 3 je

zakreslen stav, kdy vhodnou volbu výkonů Q_{1s} , Q_{2s} , Q_{3s} lze docílit nejen vyrovnání fázových výkonů S_x , S_y , S_z při jmenovitém zatížení lokomotivami **L**, obr. 3b, ale i zlepšení výsledného účinníku, např. $\cos \varphi_1 = 0,8$ na $\cos \varphi = 0,95$.

V jednotlivých konkrétních případech se tedy dají výpočtem vždy určit vhodné parametry symetrizačních a kompenzačních kondenzátorů **8**, **10** a tlumivky **9** tak, aby nastalo vyrovnání fázových napájecích proudů z napájecí sítě i kompenzace účinníku jednofázového zatížení dráhy.

Zařízení paralelního chodu trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací napájecích proudů pracuje tak, že jednofázové zatížení elektrické dráhy odebírané z napáječe **14** se v trojfázovém transformátoru **6** se symetrizačním a kompenzačním zařízením **8**, **9**, **10** mění v každé transformovně na napájení trojfázové teoreticky úplně, prakticky uspokojivě vyrovnané ve všech fázích se současným zlepšením účinníku. Tím je možné zařídit paralelní chod libovolného počtu trakčních transformoven na trati a plně využít střídavého napětí smyčky trolej-kolej, přičemž úbytky napětí klesnou až na polovinu úbytků při napájení paprskovým. Lze proto hospodárně zvětšit vzdálenost trakčních transformoven, zvětšit zatížení elektrické dráhy a zmenšit jalové indukční zatížení lokomotiv na trati při takto paralelně pracujících napájecích transformovnách.

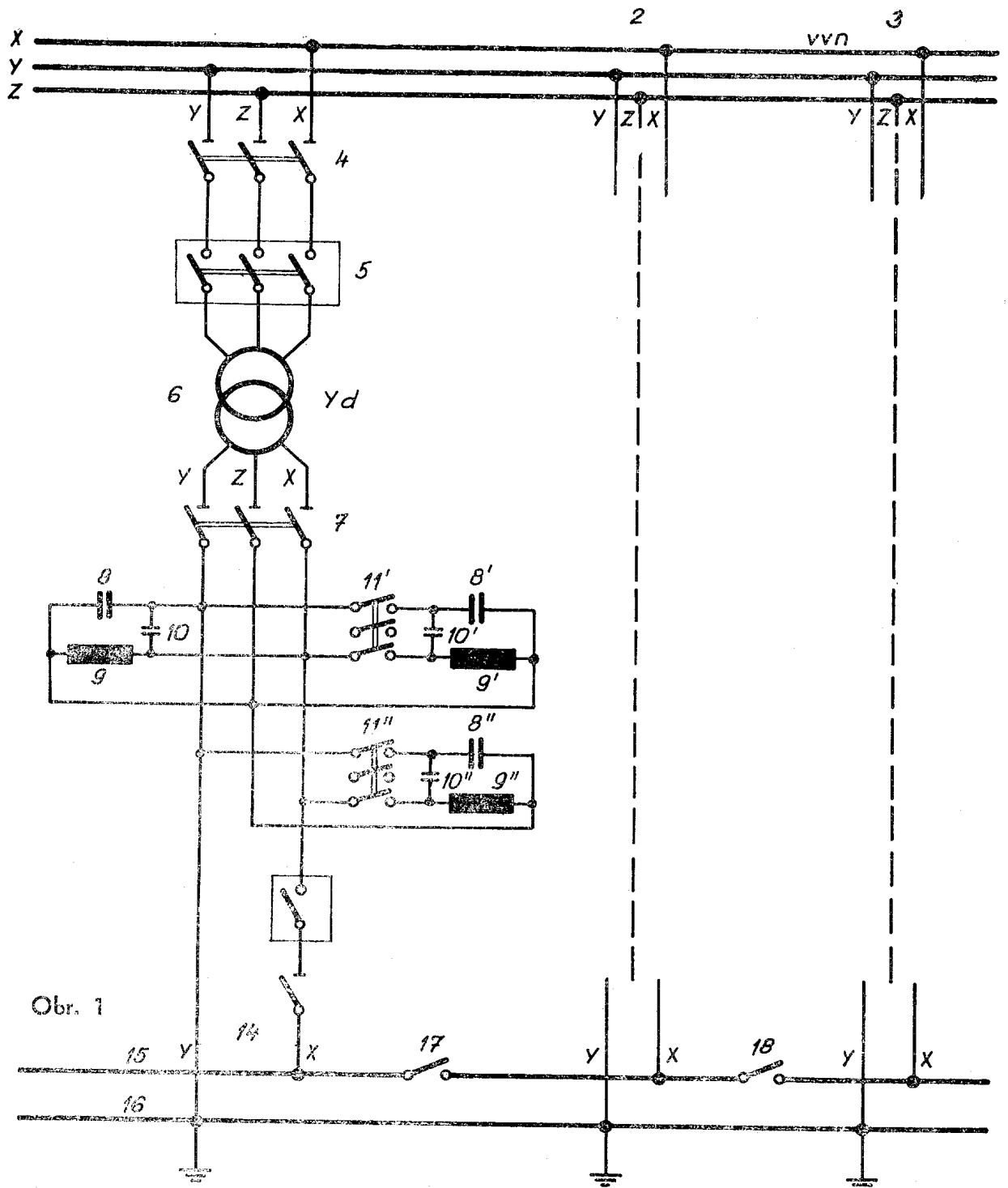
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

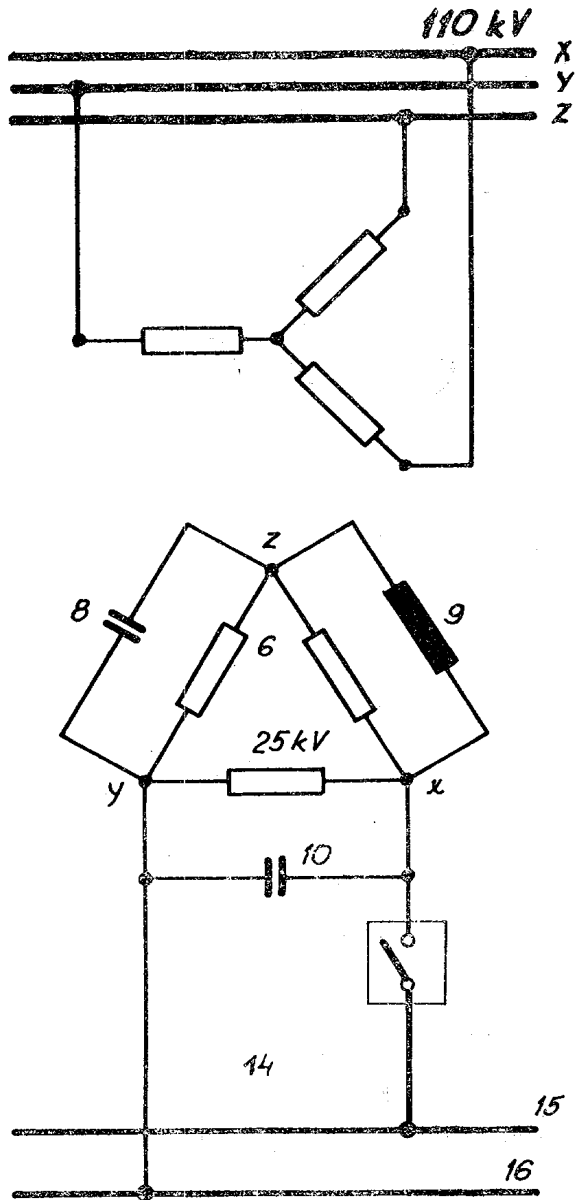
1. Paralelní zapojení trakčních transformoven se symetrizací a kompenzací účinníku napájecích proudů, vyznačující se tím, že sousední stanice (1), (2) a (3) jsou připojeny paralelně mezi trolejí (15) a kolejí (16) a jsou připojeny na napájecí síť velmi vysokého napětí buď přes jeden trojfázový transformátor (6), nebo přes dva jednofázové transformátory (6'), (6'') se symetrizačním a kompenzačním zařízením (8), (9), (10) pro vyrovnávání trojfázových napájecích proudů a pro zlepšení účinníku.

2. Paralelní zapojení trakčních transformoven podle bodu 1, vyznačující se tím, že symetrizační a kompenzační zařízení (8), (9), (10) pro vyrovnávání trojfázových napájecích proudů a pro zlepšení účinníku se skládá z kondenzátoru (8) paralelně zapojeného v jedné straně trojúhelníka trojfázových sekundárních vinutí transformátoru (6), z tlumivky (9) paralelně zapoje-

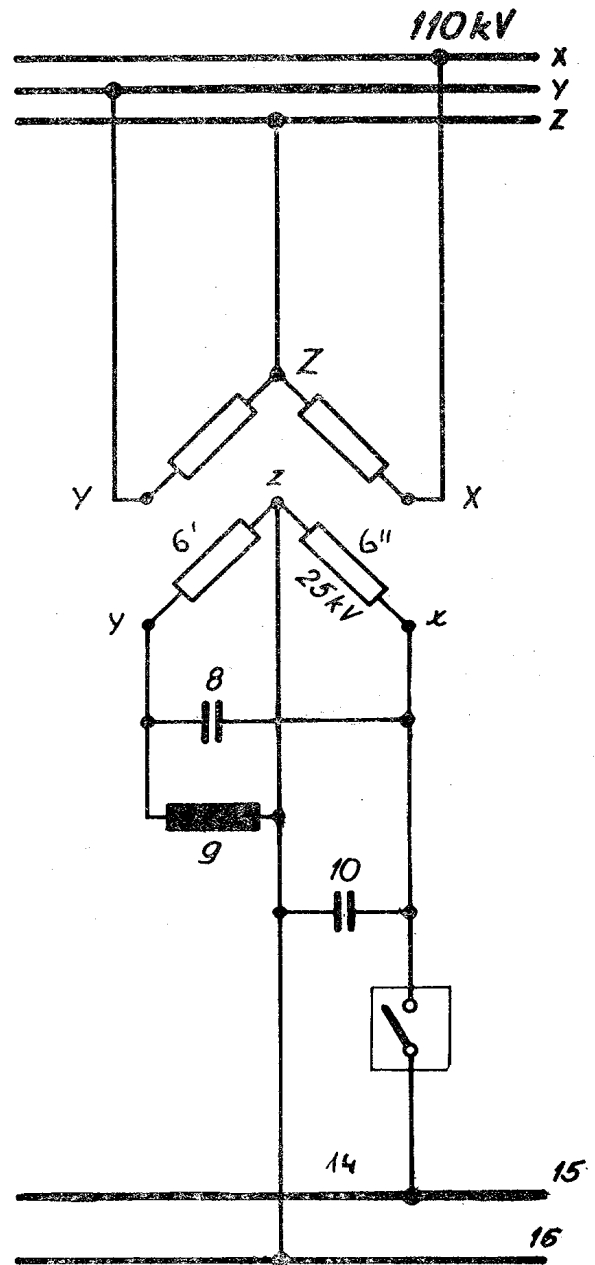
né ve druhé straně trojúhelníka trojfázového sekundárního vinutí transformátoru (6) a napáječe (14) dráhové smyčky trolej (15) a kolej (16) paralelně zapojeného ve třetí straně trojúhelníka trojfázového sekundárního vinutí transformátoru (6) současně s kompenzačním kondenzátorem (10).

3. Paralelní zapojení trakčních transformoven podle bodu 1, vyznačující se tím, že symetrizační a kompenzační zařízení (8), (9), (10) pro vyrovnávání trojfázových napájecích proudů a pro zlepšení účinníku se skládá z kondenzátoru (8) připojeného paralelně k sériovému spojení sekundárních vinutí dvou jednofázových transformátorů (6'), (6''), z tlumivky (9) připojené paralelně k sekundárnímu vinutí jednofázového transformátoru (6') a napáječe (14) paralelně zapojeného k sekundárnímu vinutí jednofázového transformátoru (6'') současně s kompenzačním kondenzátorem (10).

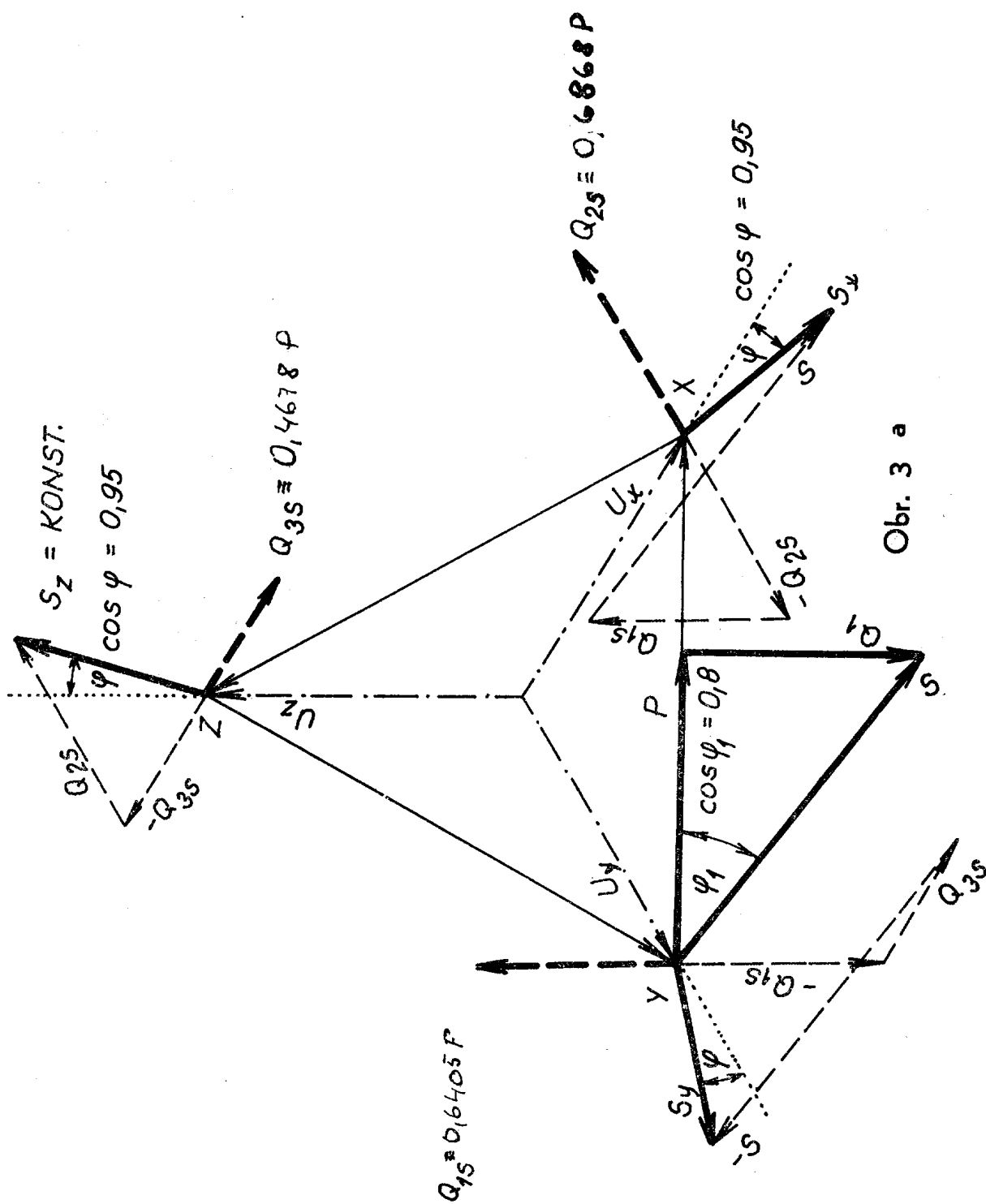


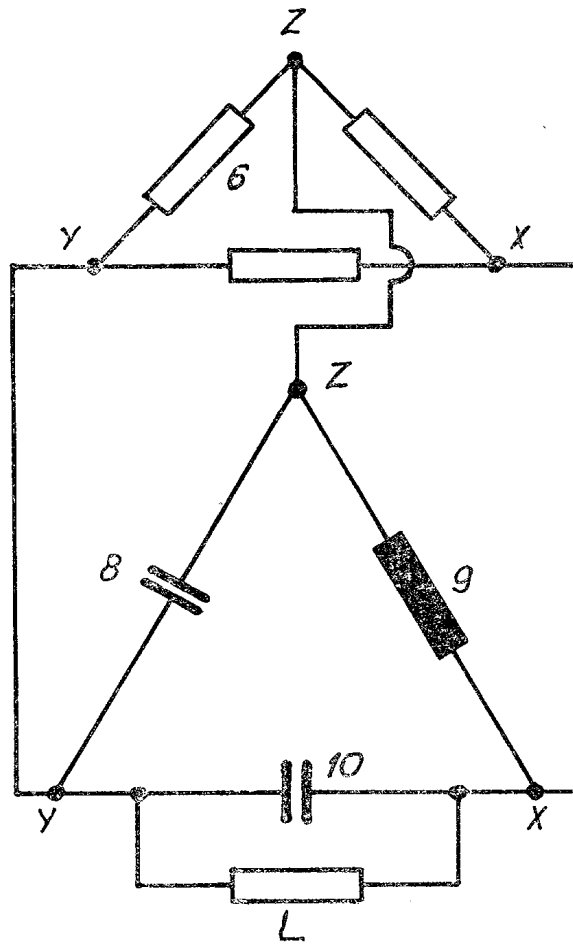


Obr. 2 a



Obr. 2 b





Obr. 3 b