

Optimální uspořádání odboček

V praxi se někdy požaduje měnit transformační převod přepínáním odboček. Má-li se převodní poměr měnit ve větším počtu stupňů, vzniká požadavek dosáhnout co největšího počtu stupňů s co nejmenším počtem vývodů vinutí. Dále popsané příklady většinou předpokládají konstantní primární napětí U_0 a odbočky jen na sekundárním vinutí. Lze je však aplikovat i opačně, případně pro autotransformatory nebo i třífázové transformátory.

Stupně sekundárního napětí tvoří aritmetickou řadu

Sekundární vinutí má n sekcí (obr. 4) s napětím aU, bU, \dots . Součinitelé a, b, \dots pro 11 nejběžnějších typů transformátorů jsou v tab. 1. Přepínáním vývodů na sekundárním vinutí lze získat napětí v řadě KU , kde $K = 1, 2, \dots, M$. Teoreticky je N kombinací zapojení sekundárních vývodů $N = (n^2 + n)/2$. Je-li však sekcí více než tři, nelze dosáhnout spojitou řadu K , buď se některé stupně opakují nebo jsou vynechány, pak zpravidla $M \neq N$.



Rozdělením sekundárního vinutí na dvě oddělené části a jejich vzájemným propojováním v sérii mezi odbočkami lze v případech znázorněných na obrázku 5

Tabulka 1 (k obr. 4)

n	a	b	c	d	e	N	M	Stupně K	
								vynechané	opakované
2	1	2	-	-	-	3	3	-	-
3	1	3	2	-	-	6	6	-	-
4	1	1	4	3	-	10	9	-	1
4	2	3	3	1	-	10	9	-	3
4	2	4	1	3	-	10	10	9	4
4	1	5	2	2	-	10	10	3	2
4	1	5	3	2	-	10	11	4,7	5
5	1	1	4	4	3	15	13	-	1,4
5	1	3	1	6	2	15	13	-	1,4
5	1	3	6	5	2	15	17	8, 12	-
5	1	7	4	2	3	15	17	10, 15	-

Tabulka 2 (k obr. 5)

n	a	b	c	d	e	f	M
4	1	-	-	2	6	4	13
4	1	3	2	7	-	-	13
4	1	2	-	4	8	-	15
5	1	2	-	4	12	8	27
5	1	3	2	7	14	-	27
6	1	3	2	7	21	14	48

Tabulka 3 (k obr. 5)

n	a	b	c	d	e	f	M
4	1	-	-	3	9	6	19
4	1	3	2	13	-	-	19
4	1	2	-	7	14	-	24
5	1	2	-	7	21	14	45
5	1	3	2	13	26	-	45
6	1	3	2	13	39	26	84

Tabulka 4 (k obr. 6)

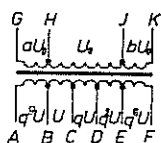
Vývody	Výstupní napětí
B-C	U
C-D	$qU = 1,325U$
D-E	$q^2U = 1,755U$
B-D	$q^3U = 2,325U$
C-E	$q^4U = 3,080U$
B-E	$q^5U = 4,080U$
E-F	$q^6U = 5,403U$
D-F	$q^7U = 7,159U$
B-F	$q^8U = 9,484U$
A-B	$q^9U = 12,564U$
A-E	$q^{10}U = 16,643U$
A-F	$q^{11}U = 22,047U$

a v tabulce 2 získat až 48 stupňů napětí. Obě sekundární vinutí se musí spojit do série tak, aby jejich napětí byla ve fázi a počítala se. Nevadí-li větší ztráty v transformátoru, mohou se vinutí zapojovat i v opačné fázi, aby se napětí odečítala (tab. 3). Pak lze např. u typu uvedeného na 3. nebo 4. řádku tabulky 3 získat čtvrtý napětový stupeň zapojením obou vinutí v opačné fázi tak, že se od 7. stupně odečítá 3. stupeň.

Stupně sekundárního napětí tvoří geometrickou řadu

Takový transformátor se dá výhodně realizovat, jestliže poměr mezi jednotlivými po sobě jdoucími napětovými stupni je $q = 1,325$, což je kořen rovnice $1 + q = q^3$. Přitom současně platí i $1 + q^4 = q^5$. Sekundární vinutí má tři základní sekce s napětím U , qU , q^2U . Pro zvětšení rozsahu k nim lze postupně připojit další sekce směrem doleva s napětím q^3U , q^4U , ..., $q^{11}U$ a směrem doprava s napětím q^6U , q^7U , ..., $q^{11}U$, kde $k = 1, 2, 3, \dots$. Mezi vývody lze pak odebrat napětí z řady q^mU , kde $m = 0, 1, 2, 3, \dots$. Na obrázku 6 a v tabulce 4 je příklad s pěti sekcemi sekundárního vinutí a maximálním napětím $q^{11}U = 22,047U$.

Když by byly stupně sekundárního napětí s podílem q příliš hrubé, lze k primárnímu vinutí připojit další sekce mezi vývody G-H (obr. 6). Velikost a je $a = q^{0,5} - 1 = 0,151$, tj. mezi vývody G-J je napětí $q^{0,5}U$. Jestliže se mezi vývody G-J přivede jen napětí U_0 , sniží se všechny sekundární napětí v poměru $1 : q^{0,5}$ a získají se mezilehlé stupně sekundárních napětí a jejich řada je odstupňována s podílem $q^{0,5} = 1,151$.



Kdyby i to bylo příliš hrubé, připojí se k primárnímu vinutí další sekce mezi vývody J-K. Přivedením primárního napětí U_0 na vývody G, resp. H a J, resp. K získají se mezilehlé stupně sekundárního napětí odstupňované s podílem $q^{0,25} = 1,073$. Přesně řečeno odstupňování tvoří v tomto případě řadu aritmetickou a nikoliv geometrickou. Při hodnotách $a = 0,155$,

Tabulka 5 (k obr. 7)

Typ	n	a	b	c	e	f	g	Maximální převod
I	2 + 2	-	1	q	-	q ⁷	q ⁹	$1:q^{10} = 1:16,64$
II	2 + 2	-	1	r ²	-	r ⁷	r ⁹	$1:r^{10} = 1:45,72$
III	2 + 3	-	1	q	q ¹³	q ¹²	q ¹⁹	$1:q^{20} = 1:277$
IV	3 + 2	q ⁷	1	q	-	q ¹⁷	q ¹⁸	$1:q^{20} = 1:277$
V	3 + 3	q ⁷	1	q	q ²⁴	q ¹⁷	q ¹⁸	$1:q^{25} = 1:1130$

Tabulka 6 (k obr. 7)

Vývody	Impedance m malá v velká	Převod	
		Typ I	Typ II
BC : CD	m/m	$1:q = 1:1,325$	$1:r^2 = 1:2,148$
FG : GH	v/v	$1:q = 1:1,325$	$1:r^2 = 1:2,148$
CD : BD	m/m	$1:q^2 = 1:1,755$	$1:r = 1:1,466$
GH : FH	v/v	$1:q^2 = 1:1,755$	$1:r = 1:1,466$
BC : BD	m/m	$1:q^3 = 1:2,325$	$1:r^3 = 1:3,148$
FG : FH	v/v	$1:q^3 = 1:2,325$	$1:r^3 = 1:3,148$
BD : FG	m/v	$1:q^4 = 1:3,080$	$1:r^4 = 1:4,613$
BD : GH	m/v	$1:q^5 = 1:4,080$	$1:r^5 = 1:9,909$
CD : FG	m/v	$1:q^6 = 1:5,403$	$1:r^5 = 1:6,761$
BD : FH	m/v	$1:q^7 = 1:7,159$	$1:r^7 = 1:14,52$
BC : GH	m/v	$1:q^8 = 1:9,484$	$1:r^9 = 1:31,19$
CD : FH	m/v	$1:q^9 = 1:12,56$	$1:r^8 = 1:21,28$
BC : FH	m/v	$1:q^{10} = 1:16,64$	$1:r^{10} = 1:45,72$

$b = 0,076$ se však velikost mezilehlých stupňů liší od ideálních hodnot o méně než 0,4 %, tedy zanedbatelně.

Univerzální převodní transformátory

Používají se k propojení různých přístrojů a zařízení, jejichž vstupní a výstupní impedance jsou navzájem různé, k přizpůsobení rozsahu měřících přístrojů apod. Zpravidla postačuje jen přibližné přizpůsobení, nepožaduje se přenos velkých výkonů, spíše se žádá stálost převodu a malé zkrácení. Převod se získá připojováním vstupu a výstupu buď k různým vývodům na primárním vinutí (velká/velká impedance) nebo na sekundárním vinutí (malá/malá impedance) nebo na primárním a sekundárním vinutí (velká/malá, malá/velká impedance). I zde je výhodné použít pro odstupňování dříve zmíněný součinitel q , případně součinitel $r = 1,466$, což je kořen rovnice $1 + r^2 = r^3$. Příklady pěti typů převodních transformátorů se dvěma nebo třemi sekcemi na každém vinutí jsou na obr. 7 a v tab. 5.

U typů I a II jsou mezi jednotlivými dvojicemi vývodů převody uvedené v tab. 6. Obdobně si pro typy III až V čtenář jistě odvodí řadu převodů snadno sám.

