

Konstrukce transformátoru

Každý elektrický stroj musí být odpovídajícím způsobem kryt – musí zabezpečit ochranu osob před dotykem živých částí a ochranu zařízení před účinky vody. Kryt je pevnou součástí zařízení, odstranitelnou pouze nástrojem. Krytí se vyjadřuje v IP kódu, kde první číslice značí ochranu živých částí před vniknutím pevných částí ($0 \neq 6$) a druhá číslice ochranu před vniknutím vody ($0 \neq 8$).

Při činnosti transformátoru vznikají **ztráty** projevující se zahříváním stroje:

- 1) odporech vinutí - průchodem proudem
- 2) v magnetickém obvodu (v železe) –v důsledku vířivých proudů a magnetické hystereze,

Vířivé proudy vnikají v důsledku změny magnetického toku procházejícího jádrem magnetického obvodu. V rovině kolmé na směr magnetické indukce se indukuje v důsledku její změny napětí, protože je jádro magnetického obvodu vyrobeno z elektricky dobře vodivého materiálu prochází obvodem poměrně značný proud. Tento proud se mění na joulovo teplo a zahřívá magnetický obvod. Aby došlo ke zvětšení elektrického odporu je jádro složeno ze *značného množství* tenkých plechů ($0,35 \div 0,5$ mm silných) legovaných křemíkem – *zvyšujícím povrchový odpor plechů*. Ztráty vířivými proudy dosahují hodnot $1,2 \div 1,4$ W.kg⁻¹ u plechů válcovaných za tepla a $0,6 \div 0,8$ W.kg⁻¹ u orientovaných plechů válcovaných za studena, oboustranně izolovaných lakem nebo keramickou izolací případně vodním sklem.

Konstrukce:

1) Magnetický obvod (je určen k vedení magnetického toku):

– je uzavřený a složený z **0,35 + 0,5 mm** tenkých transformátorových plechů s větším obsahem křemíku

- je tvořen:
 - jádry – na nich jsou umístěna vinutí,
 - spojkami – uzavírají magnetický obvod mezi jádry - spojují jádra.

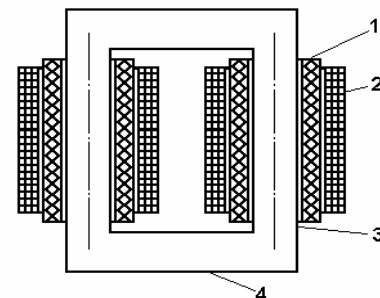
- podle konstrukce rozdělujeme transformátory na:

- jádrové – vinutí obklopuje plechy – menší spotřeba plechů,
- plášťové – vinutí je obklopeno plechy – *transformátor má menší rozptyl,*

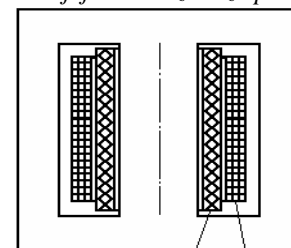
- je stažen svorníky s nemagnetickými vložkami – aby se jimi neuzavíral proudový okruh vířivých proudů,

- jádra magnetických obvodů různý průřez *zohledňující možnosti výroby cívek ze silných vodičů a jejich chlazení za provozu*

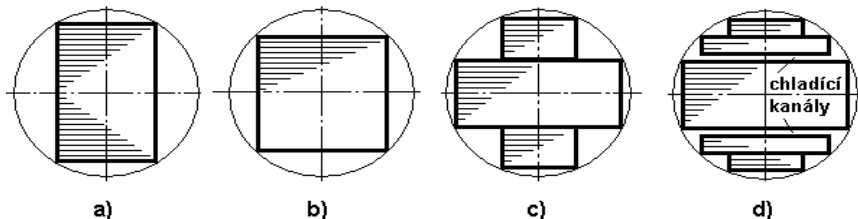
- čtvercový – *pro malé výkony,*
- odstupňované – (křížové) – *snazší výroba kruhových cívek z vodičů velkého průřezu, rovnoměrnější rozložení magnetického toku v materiálu jádra,*
- odstupňované s chladicími kanály – *zlepšení odvodu tepla prostřednictvím transformátorového oleje,*



1- vinutí nn, 2- vinutí vn, 3- jádro, 4- spojka
Jednofázový jádrový transformátor

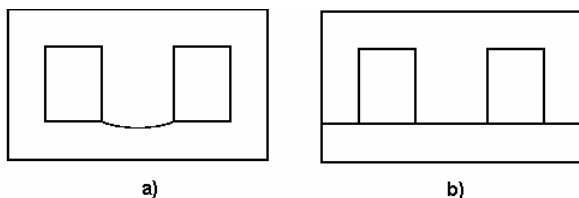


1- vinutí nn, 2- vinutí vn
Jednofázový plášťový transformátor

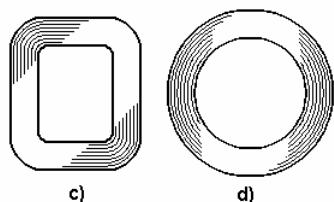


a) obdélník, b) čtverec, c) odstupňované (křížové) jádro, d) odstupňované s chladicími

Tvary (průřezy) jader magnetických obvodů transformátorů
a) obdélník, b) čtverec, c) odstupňované (křížové) jádro, d) odstupňované s chladicími

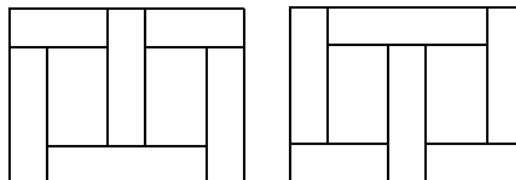


a) b)



c) d)

Magnetické obvody transformátorů malých výkonů
a) plech M, b) plech EI,
c) ,d) vinutá jádra



lichá vrstva sudá vrstva

Způsob skládání orientovaných transformátorových plechů u překládaného magnetického obvodu trojfázového jádrového transformátoru

2) Vinutí - transformátor má standardně dvě vinutí - vstupní (**primární**) na straně zdroje a výstupní (**sekundární**) vinutí na straně spotřebiče

- vinutí s nižším napětím se standardně u souosého vinutí umísťuje blíž k jádru – menší namáhání izolace proti jádru a kostře transformátoru
- vinutí s vyšším napětím se standardně umísťuje dále od jádra.
- vinutí se podle provedení dělí na:

- souosé – jediná vrstva v ose jádra,
- souosé vrstvené – v několika vrstvách – vinuto tam a zpět,
- deskové – krátká cívka velkého průměru ($-D_1 \ll D_2$),
- složená vinutí z několika cívek vrstevových nebo deskových.

- vyvedení vinutí - pro nízké napětí u transformátorů chlazených vzduchem provedeno na svorkovnici upevněnou ke kostře cívky (nebo jádru) pro transformátory chlazené olejem s ocelovou nádobou jsou k vyvedení použity porcelánové průchodky.

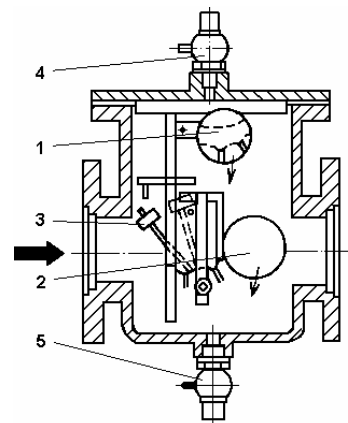
3) Izolace - zajišťuje oddělení:

- závitů vinutí (**mezizávitová**) – lakováním nebo opletením vodičů, vrstvy se prokládají speciálním transformátorovým papírem, zesílení izolace se provádí u vstupních závitů pro zvýšení odolnosti transformátu proti atmosférickému přepětí,
- primárního a sekundárního vinutí (**mezi vinutími**) – papírem, **případně plastovou kostrou u bezpečnostních oddělovacích transformátorů pro nn**,
- vinutí od jádra transformátoru (**mezi živými a neživými částmi**) – kostrou plastovou (u menších výkonů) nebo kostrou z transformátorové papírové lepenky (u větších výkonů).

Transformátory velkých výkonů jsou chlazeny olejem s izolační pevností $20 \div 35 \text{ kV} \cdot \text{mm}^{-1}$, plnicím kromě chlazení i funkci izolace.

4) Chlazení – při provozu je nutné zabezpečit odvod ztrátového tepla z vinutí a z jádra,

- pro malé výkony je postačující chlazení vzduchem – izolace vodičů vinutí je smaltovaná a impregnovaná pryskyřicí,
- pro velké výkony je nutné zabezpečit chlazení olejem:
 - transformátor je umístěn v nádobě naplněné olejem - odvod tepla malých výkonů je pouze pláštěm, pro větší výkony je použito žeber (vln) → trubek → radiátorů na plášti s přirozeným oběhem oleje a pro nejvyšší výkony je použito nuceného oběhu s výměníkem mimo transformátor.
 - expanzní nádoba je umístěna nad vlastní nádobou transformátoru slouží k vyrovnání objemu oleje v transformátoru důsledku zahřátí ztrátovým výkonem,
 - mezi nádobu transformátoru a expanzní nádobu se umísťuje **plynové relé** reagující na přehřátí oleje (v důsledku vnitřního zkratu nebo přetížení), který se rozkládá na plynné produkty unikající do expanzní nádoby, proudění plynu uvolní plovák spojený se spínačem signalizace – následuje odpojení transformátoru.
- ve speciálních případech lze použít chlazení plynem:
 - nejčastěji vodíkem – ten nemá největší pevnost než vzduch, ale má velmi dobrou schopnost odvádět teplo,
 - případně v nucené vzduchové chlazení.



Plynové relé
1 - signální plovák, 2 - vypínací plovák,
3 - klapka se závažím, 4 - kohout na odplynění, 5 - kohout na vypuštění oleje

Tabulka značení chlazení na štítku transformátoru:

1. písmeno	2. písmeno	3. písmeno	4. písmeno
Chladiivo, které se stýká s vinutím		Chladiivo, které se stýká s vnější soustavou	
druh chladiiva	způsob oběhu chladiiva	druh chladiiva	způsob oběhu chladiiva

Druh chladiiva se značí písmeny:

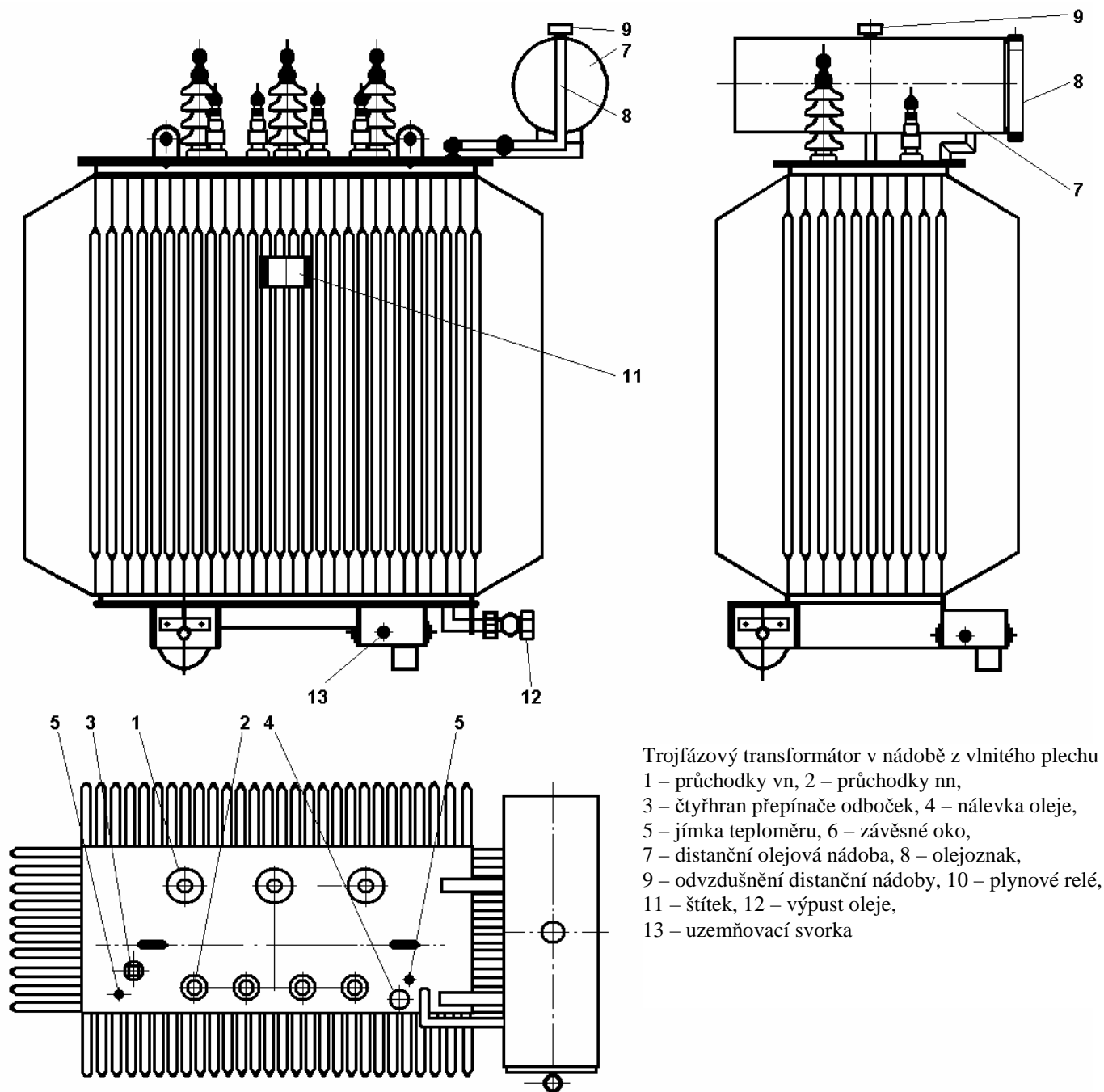
- O – olej,
- L – nehořlavá kapalina,
- G – plyn,
- W – voda,
- A – vzduch,

Způsob oběhu se označuje písmeny:

- N – přirozený,
- F – nucený nepřirozený,
- D – nucený přirozený.

Příklady:

- ONAN – přirozené chlazení olejem v nádobě, nádoba (trubky, radiátory) je chlazená vzduchem,
- ONAF – přirozené chlazení olejem v nádobě, chladič je ofukován vzduchem,
- OFAF – chlazení nádoby olejem hnaným čerpadlem, olej je chlazen ve výměníku ofukovaném vzduchem,
- OFWF – chlazení nádoby olejem hnaným čerpadlem, olej je chlazen ve výměníku vodou hnanou čerpadlem.



Trojfázový transformátor v nádobě z vlnitého plechu
 1 – průchodky vn, 2 – průchodky mn,
 3 – čtyřhran přepínače odboček, 4 – nálevka oleje,
 5 – jímka teploměru, 6 – závěsné oko,
 7 – distanční olejová nádoba, 8 – olejznak,
 9 – odvzdušnění distanční nádoby, 10 – plynové relé,
 11 – štítek, 12 – výpust oleje,
 13 – uzemňovací svorka