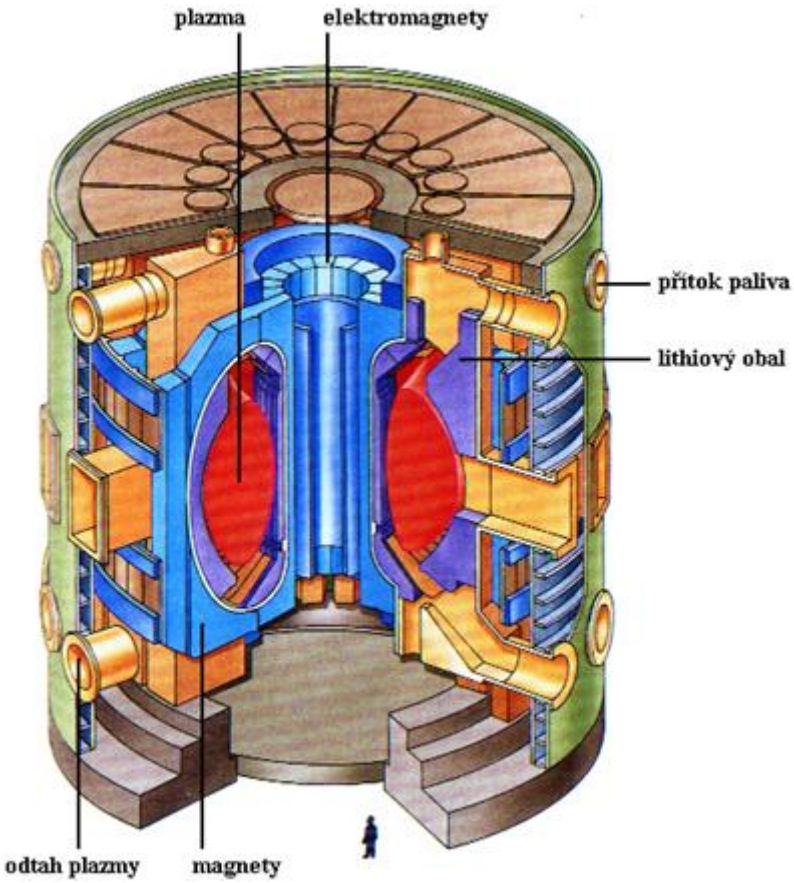
TOKAMAK

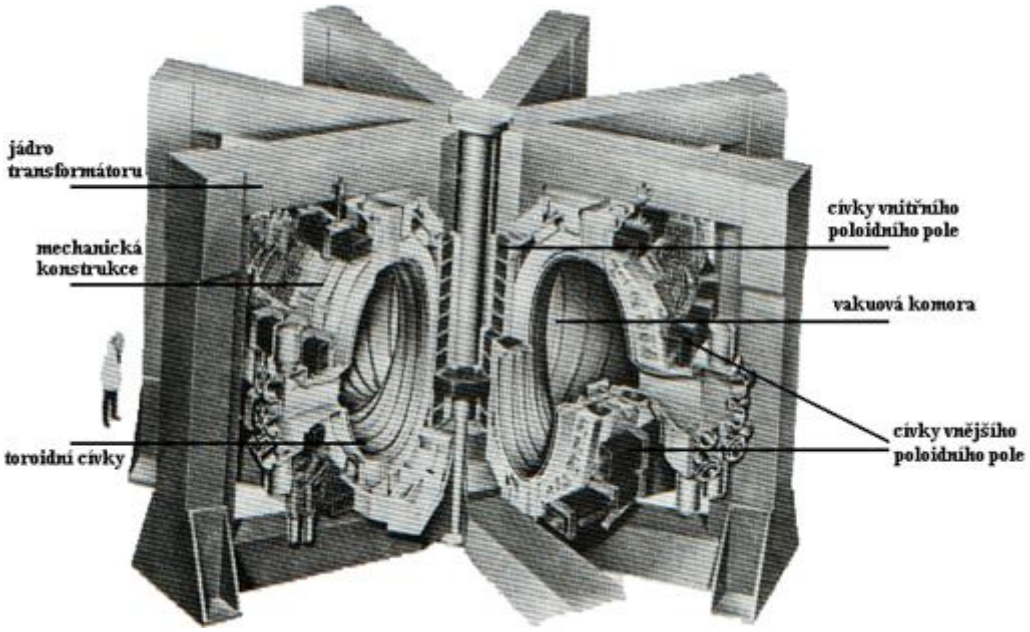
TOKAMAK (*toroidaľnaja kamera s magnitnymi katuškami*) je v podstatě transformátor, jehož sekundární cívka má 1 závit ve tvaru toroidní trubice (celkové schéma je na obr. 129, detaily důležité pro termojadernou fúzi pak na obr. 131).

Plazma z deuteria a tritia se nachází uvnitř toroidního dutého vakuového prstence (detail *1* na obr. 131). Elektrický proud primárního obvodu transformátoru indukuje elektromotorické napětí v sekundárním obvodu. V plynu v toroidní trubici vznikne výboj, plyn se ionizuje (detail *2*) a indukovaný proud jej zahřívá na vysokou teplotu. Magnetické pole tohoto proudu udrží vzniklé plazma v ose toroidu (detail *3*), takže se nedotýká stěn komory. Díky magnetickému poli se tepelné zatížení stěn sníží na technologicky zvládnutelnou hodnotu, a tak se předpokládá chlazení stěn na teploty v rozmezí $\langle 1000; 1300 \rangle \,^{\circ}\mathrm{C}$. Rozměry reaktoru a jeho výkon závisí na vlastnostech materiálů, které tvoří plášť reaktoru, nikoli na vlastnostech plazmatu. Elektrický výkon těchto reaktorů se bude pohybovat v intervalu zhruba $(2; 3)\,\mathrm{GW}$.

Poměr paliva k rozměrům TOKAMAKu: představíme-li si nádobu TOKAMAKu jako pneumatiku o průměru 4 m a výšce 3 m, pak palivo má objem jako ulomený kousek tuhy do mikrotužky.



Obr. 129

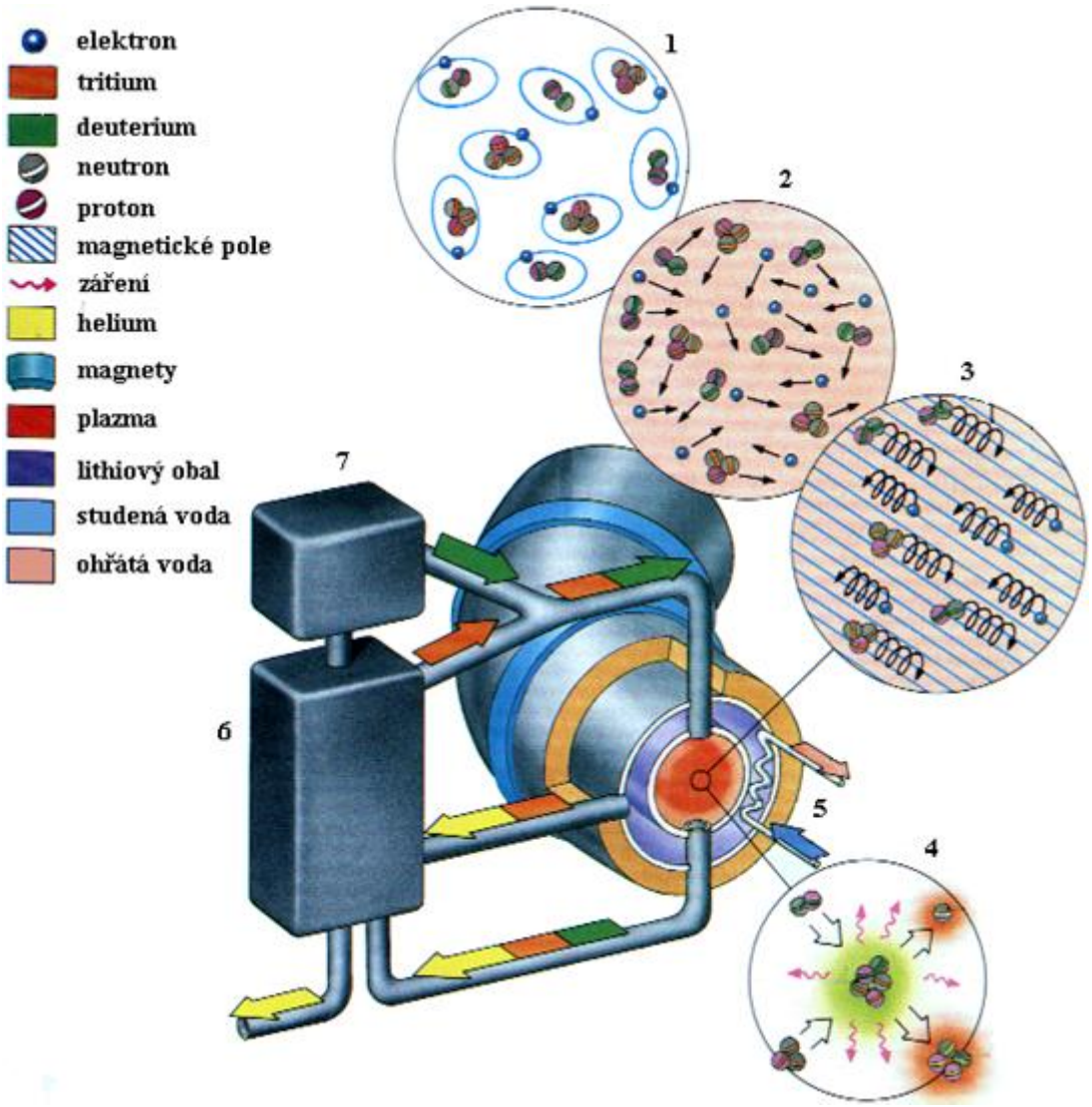


Obr. 130

Po zahřátí na uvedené teploty dochází k termojaderné fúzi (detail *4*), při níž se uvolňuje energie. Tu odnáší neutrony (vznikající při jaderné reakci) a ohřívají chladivo, kterým je většinou voda (*5*). Tento **primární okruh** vody proudí do výměníku tepla, kde se ohřívá voda **sekundárního okruhu** a vzniklá pára, která se vede k parní turbíně. Ta pohání generátor střídavého proudu. (Celkové schéma elektrárny je totožné jako u jaderné elektrárny využívající štěpné reakce.) Produkty jaderné reakce v plazmě a obklopujícím prostředí se přečišťují v kryodestilační aparatuře (*6*). Odtud se zpět do toroidu s plazmou vrací tritium, zatímco vzniklé helium je odváděno mimo toroid. Současně je do toroidu doplňováno deuterium (*7*).

TOKAMAK pracuje v pulzním režimu. Do vyčerpané prstencové vakuové nádoby se napustí pracovní plyn s hustotou částic $10^{18} - 10^{21}\ \mathrm{m^{-3}}$. Proudem řádově $10^{3} - 10^{6}\ \mathrm{A}$ se plyn zahřeje na teplotu $11{,}6.10^{6}\ \mathrm{K}$ (tj. dodá se mu energie 1 eV - 2 eV). K dosažení potřebné energie okolo 10 keV je potřeba použít doplňkový ohřev.

Tímto doplňkovým ohřevem může být např. ohřev absorpcí elektromagnetické iontové cyklotronové vlny ionty, ohřev cyklotronní elektronovou rezonancí, vstřikováním neutrálního svazku, ...



Obr. 131

Největší z TOKAMAKů, označovaný jako JET (*Joint Europien Torus*), v britském Culhamu (viz obr. 130), je společným zařízením západoevropských zemí. Má průměr prstence 6 m a protéká jím proud 5.10^6 A a podařilo se na něm dosáhnout teploty 200.10^6 K po dobu téměř jedné sekundy. V TOKAMAKu je magnetické pole indukováno proudovým impulsem a prstenec plazmatu vytváří sekundární závit obrovitého transformátoru.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.