

# TrafoSTART

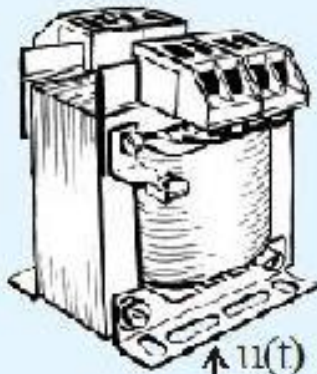
**Obvod pro měkké připínání transformátorů**

**Ing. Miroslav Novák, Ph.D.**

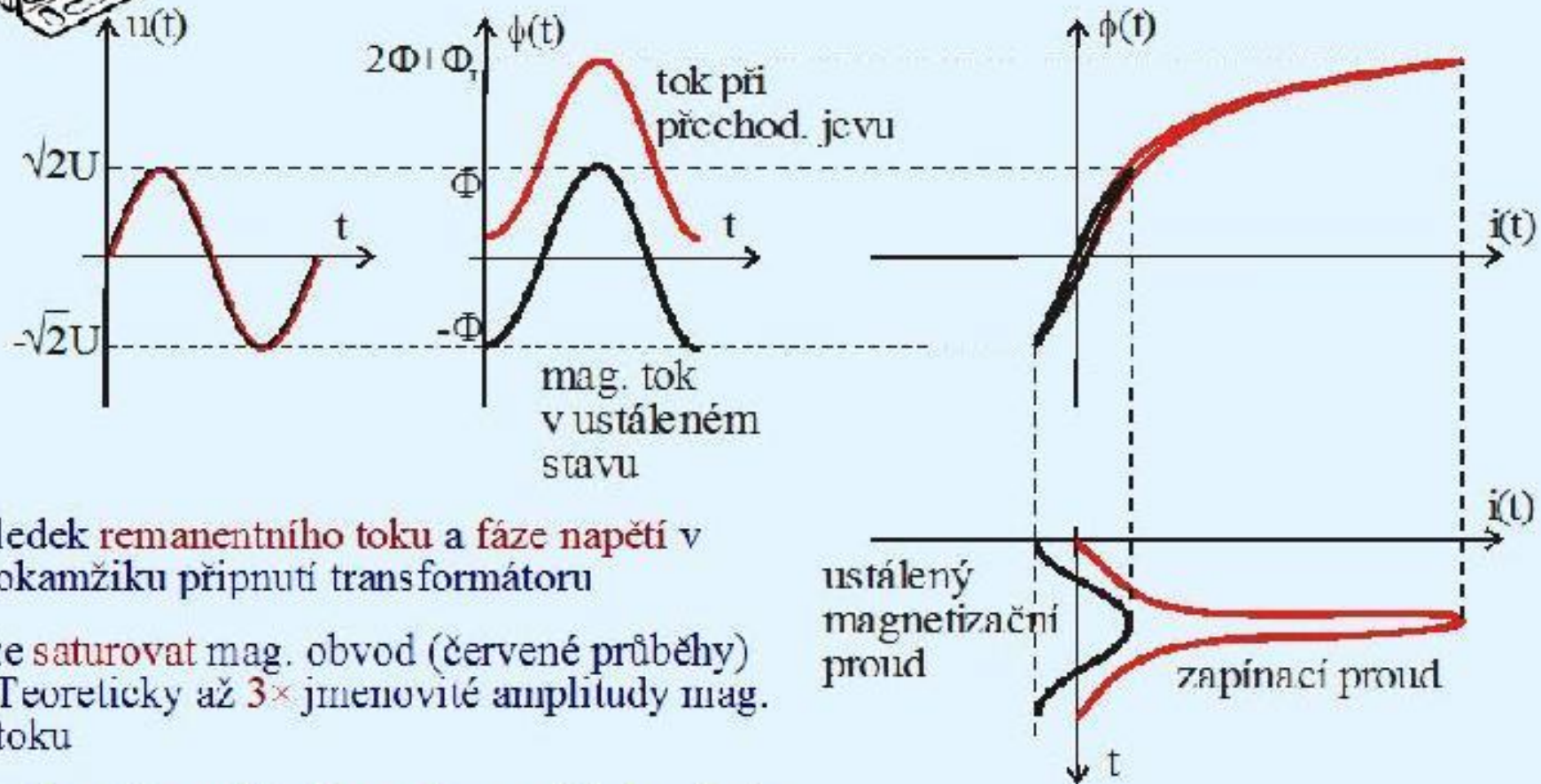
Katedra elektrotechniky  
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií  
Technická Univerzita v Liberci

☎ +420 48 535 3290

e-✉ [miroslav.novak@vslib.cz](mailto:miroslav.novak@vslib.cz)



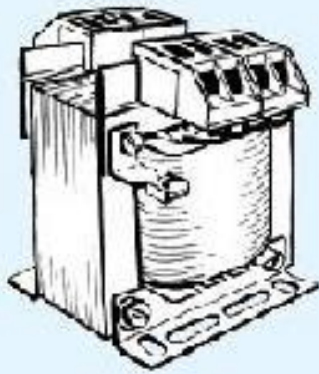
## Vznik zapínacího proudu



Důsledek **remanentního toku** a **fáze napětí** v okamžiku připojení transformátoru

Může **saturovat** mag. obvod (červené průběhy)  
Teoreticky až **3×** jmenovité amplitudy mag. toku

Důsledkem je **zapínací proud** s amplitudou často větší než **50×** jmenovitého proudu



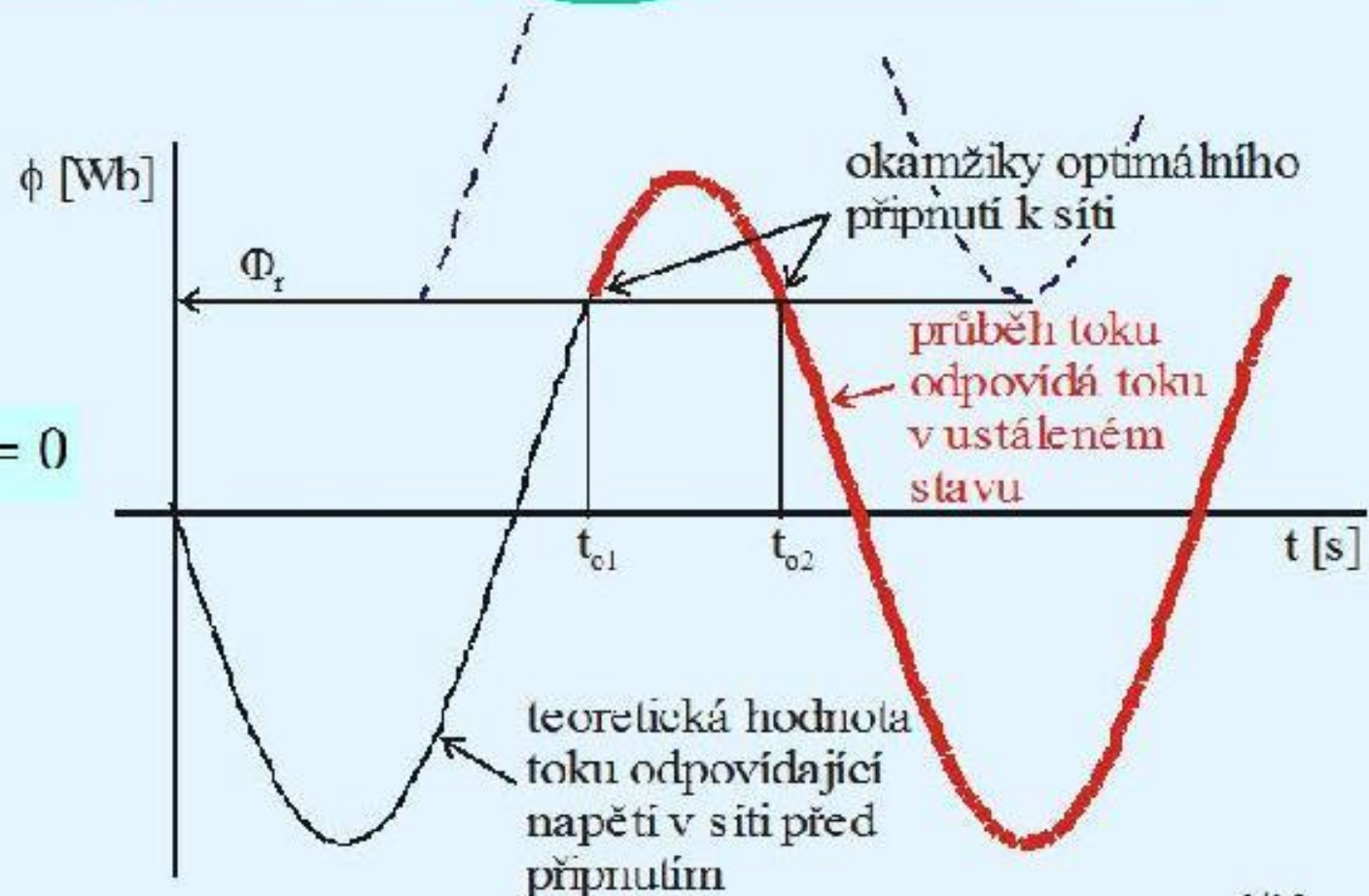
## Přechodový děj při připínání transformátoru k síti

$$\phi(t) = \frac{U_m}{\omega} [\cos(\omega t + \psi) - \cos(\psi)] + \phi_r + R_1 \int i_1(t) dt - L_{1\sigma} i_1(t)$$

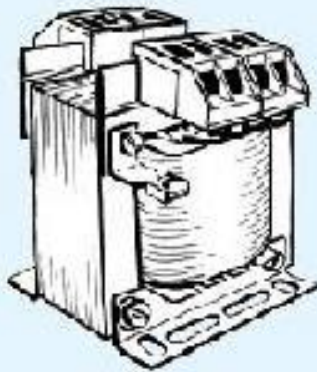
Podmínka připnutí  
bez vzniku  
zapínacího proudu

$$\Phi_m \cos \psi - \Phi_r = 0$$

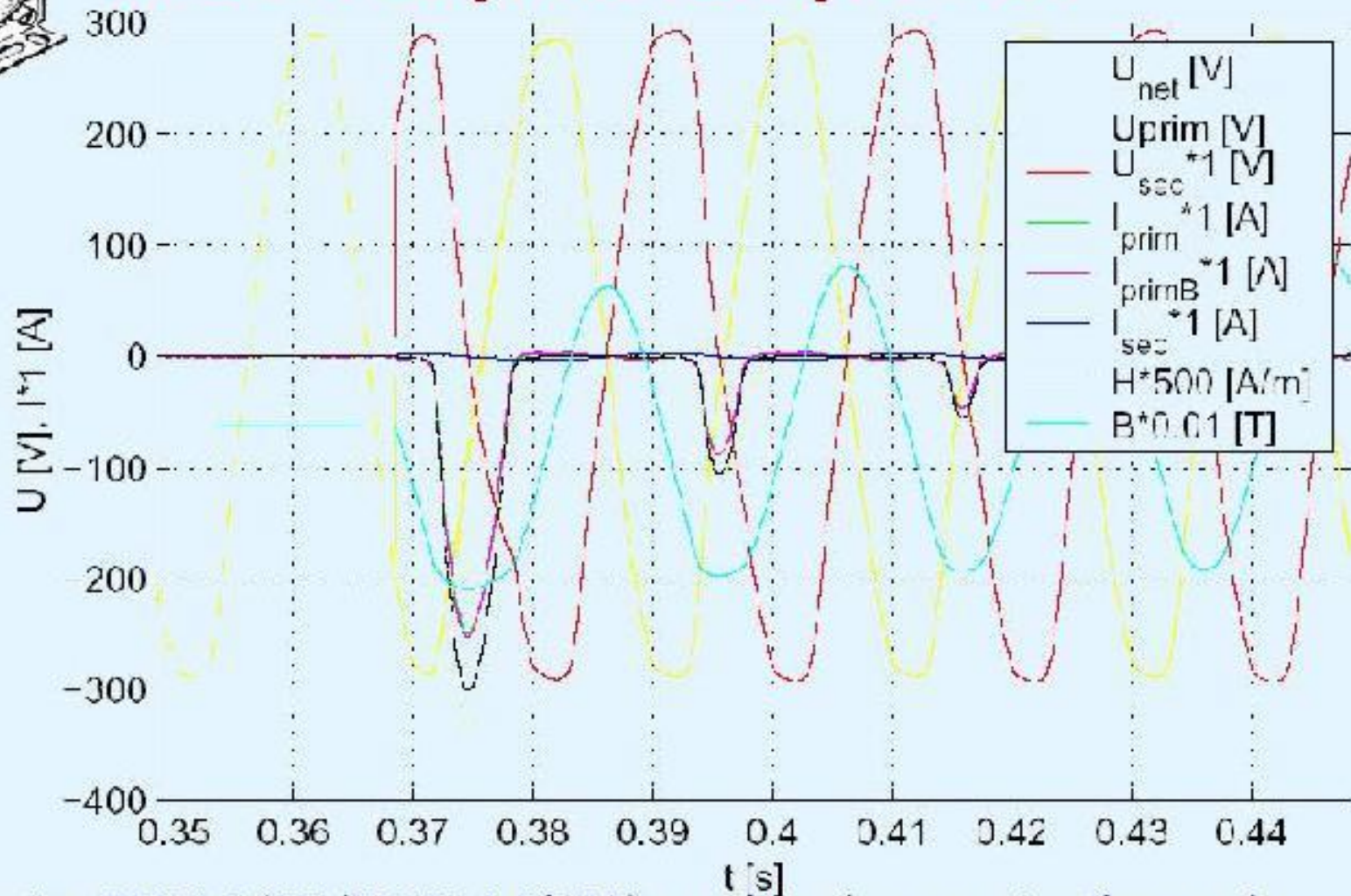
$$\cos \psi = \frac{B_r}{B}$$



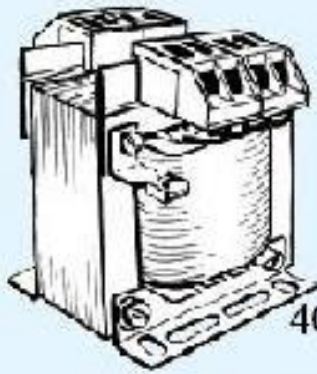




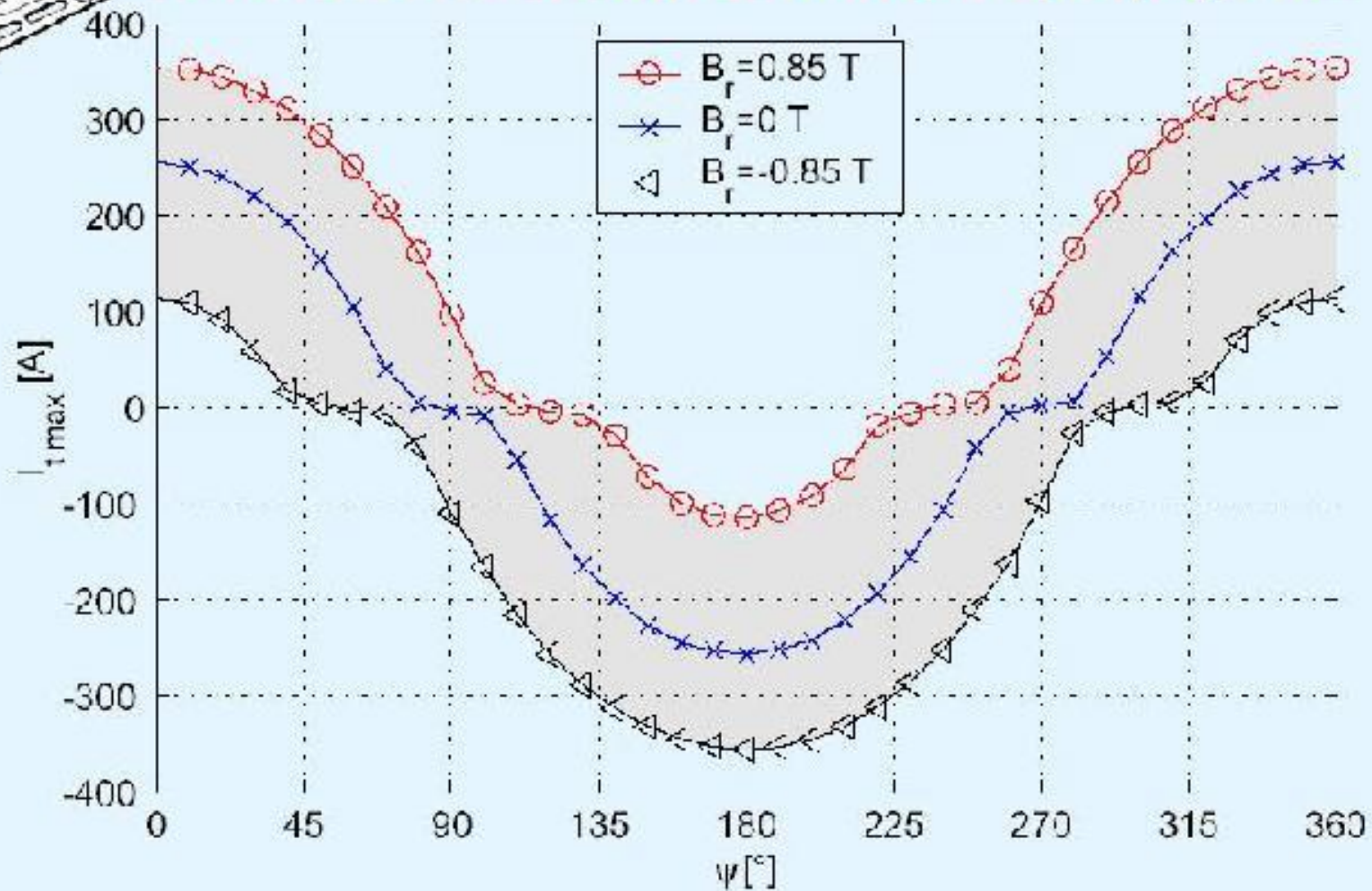
## Průběh zapínacího proudu



Transformátor RJV 1,6 (230/230 V; 1,6 kVA), první maximum zapínacího proudu  
(v tomto případě -248 A) způsobí vybavení jističe v primárním obvodu

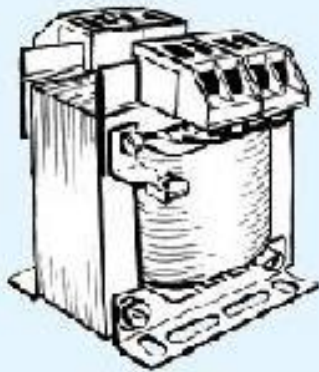


## Závislost zapínacího proudu na remanentní indukci a okamžiku připnutí



Transformátor RJV 1,6 (230/230 V; 1,6 kVA)





## Možnosti omezení zapínacího proudu

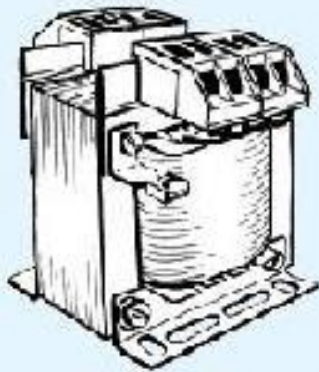
- Připnutí ve vhodné fázi napájecího napětí

$$\cos \varphi = \frac{B_r}{B}$$

- Snížení remanentní indukce

$$\max(\Phi) = 2\Phi_m + \Phi_r$$

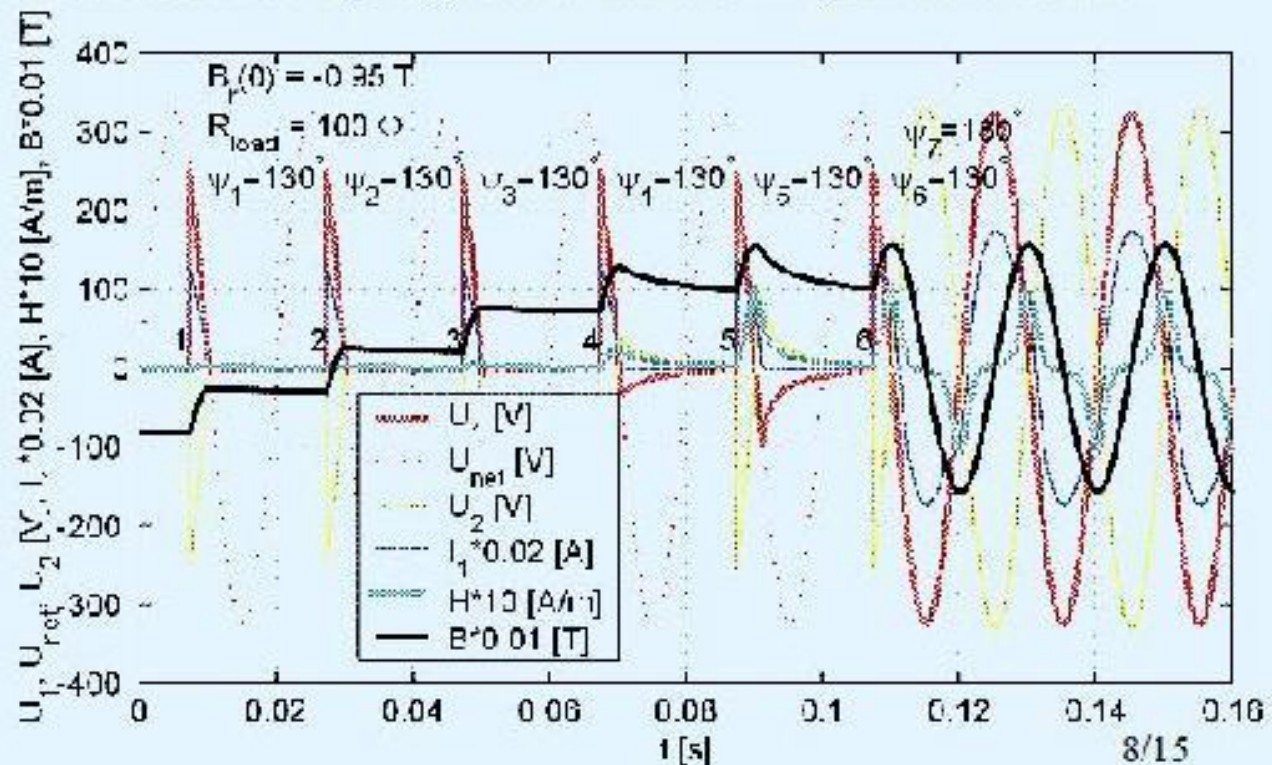
- Snížení pracovní indukce  
(Zvýšení impedance primárního obvodu)



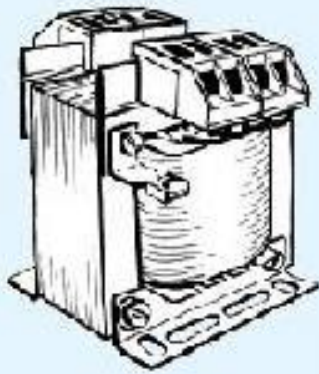
# Stav techniky obvodů měkkého rozběhu

- Nejlepší dosud používané je unipolární řízení obvodu měkkého rozběhu
- Chráněno patenty US 5 517 380 (1996), EP 0 575 715 B1 (1995)
- Nevýhodou je stejnosměrná složka napětí po dobu rozběhu a poměrně dlouhá doba rozběhu

**FSM**  
Elektronik GmbH  
Kirschzarten

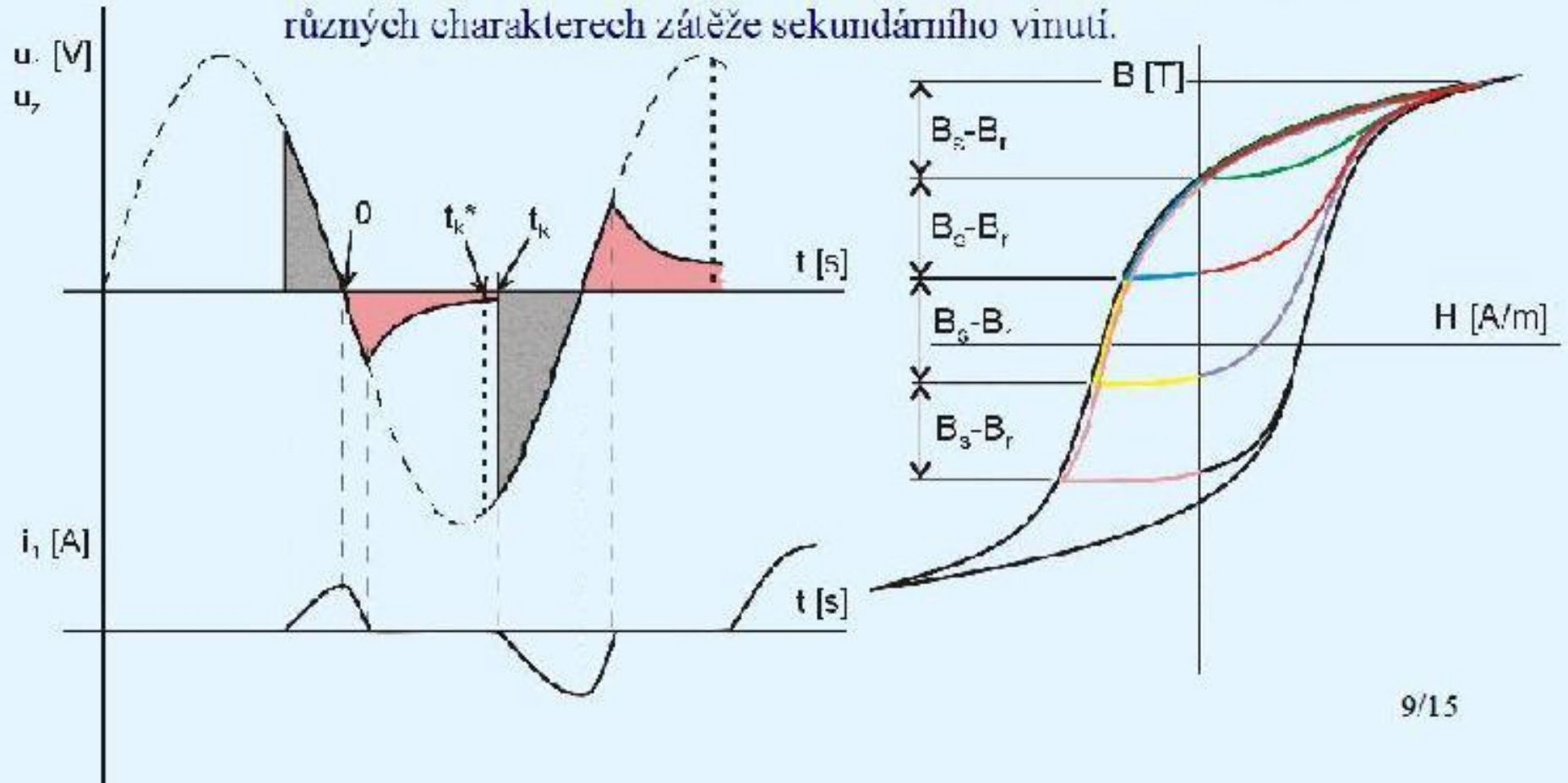




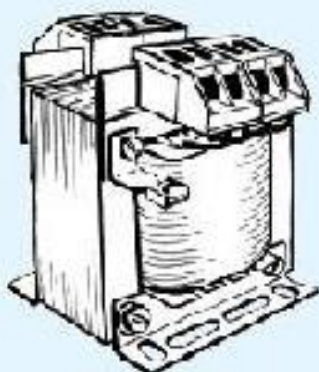


## Vylepšené bipolární řízení

V jednotlivých půlperiodách dochází k přemagnetování jádra na opačnou polaritu a zvětšení magnetizace o přesně definovaný přírůstek  $B_s - B_r$ . Tím je omezena maximální indukce a tak i proud během rozběhu. Magnetizační pulsy jsou během rozběhu korigovány podle skutečné změny mag. indukce, tak je dosaženo bezproblémového chodu při různých charakterech zátláže sekundárního vinutí.

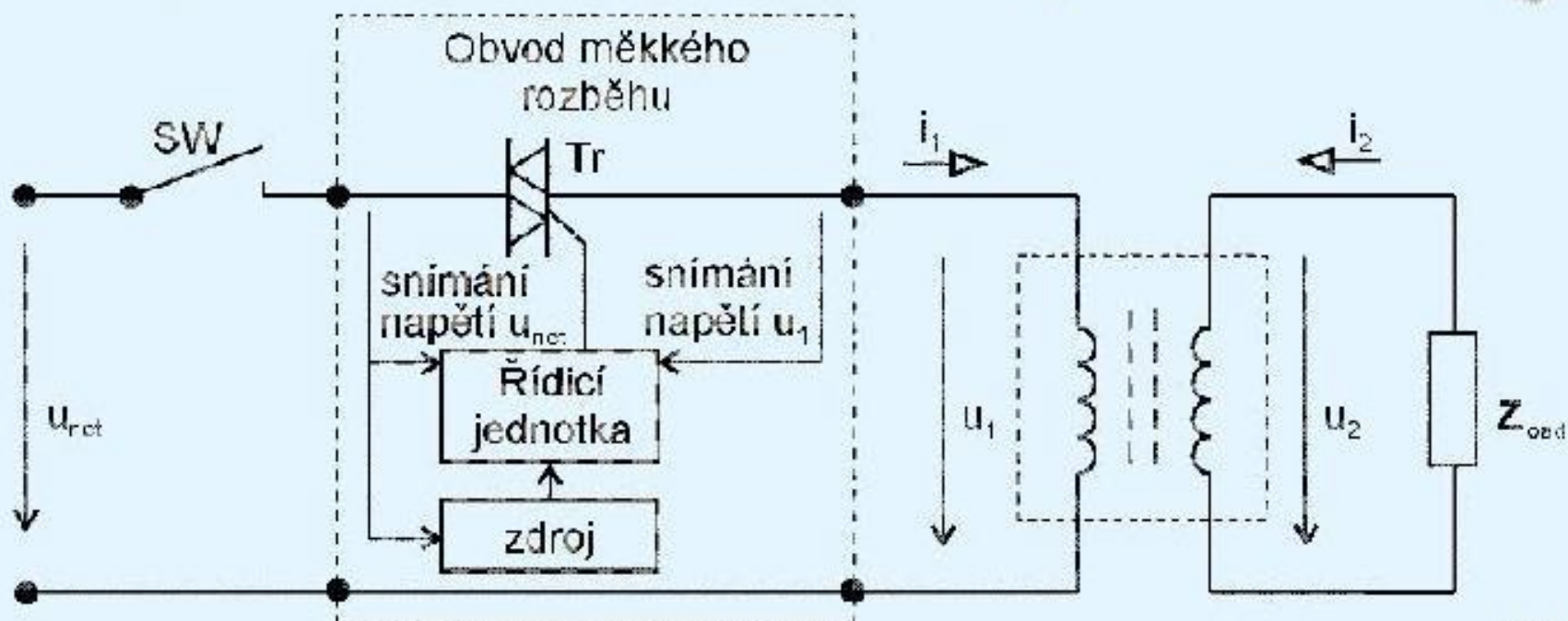


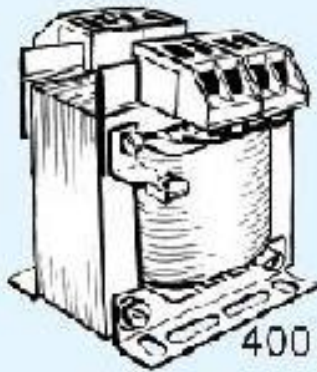




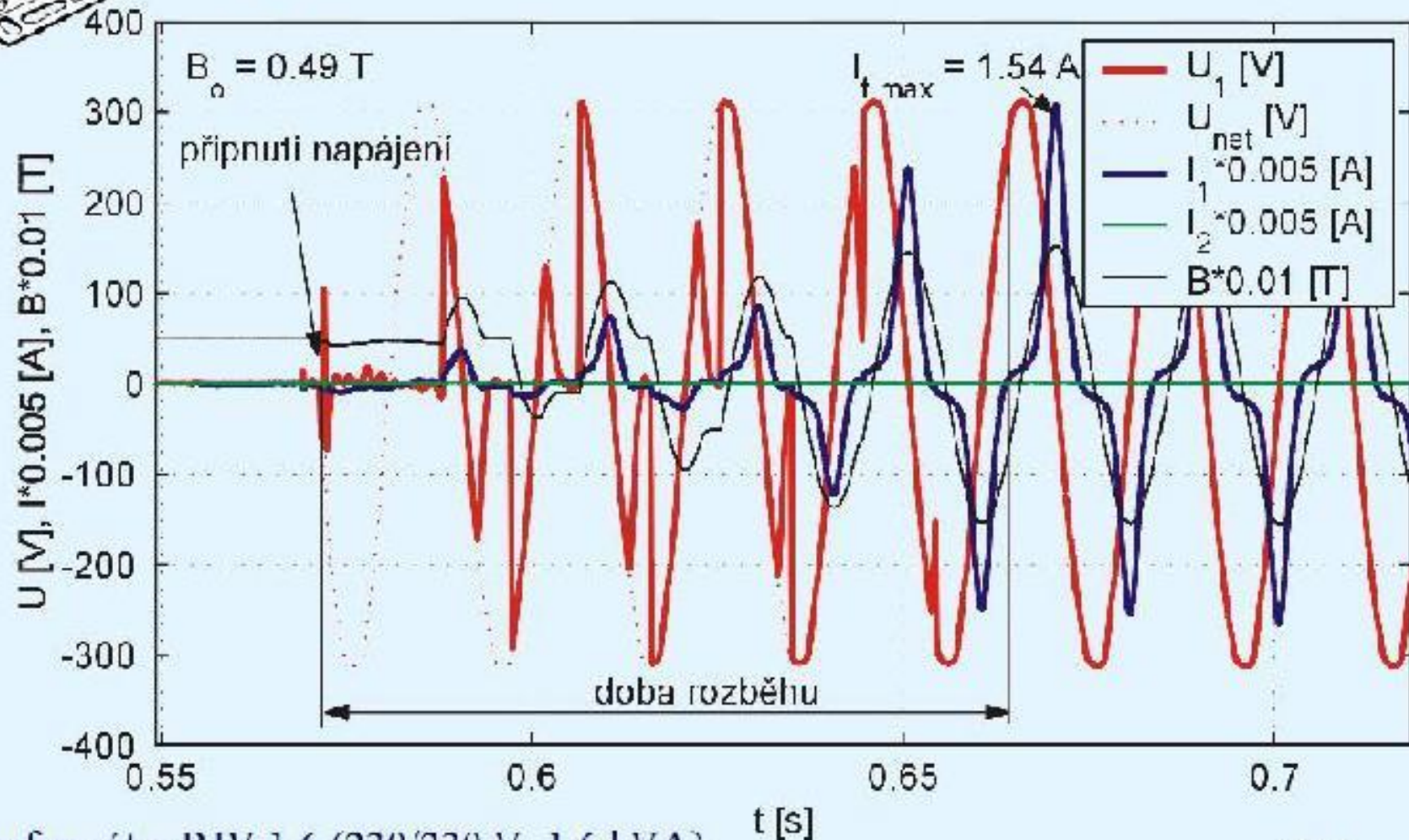
# TrafoSTART

TrafoSTART pracuje na princibu vylepšeného bipolárního řízení rozběhu. Vyniká rychlostí rozběhu. Snadno se instaluje po přívodu primárního vinutí



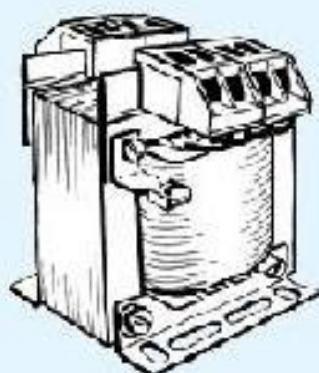


# Připnutí transformátoru naprázdno



Transformátor RJV 1,6 (230/230 V; 1,6 kVA)

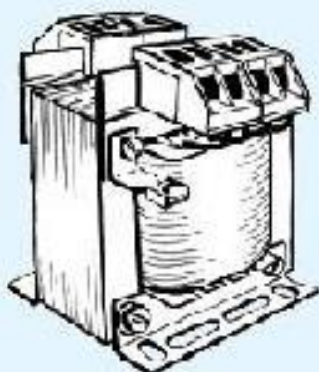




## Porovnání s komerčními výrobky



Výrobce	Carlo Gavazzi	FSM Elektronik	TU v Liberci
Typ	TSE 6-1A2113100	TSRL 22100300	prototyp TrafoStart 2.0
Metoda řízení	Unipolární	Unipolární	Bipolární
Jmenovité napětí	230 V (160-270 V)	230 V (160-260 V)	230 V (160-260 V)
Frekvence	45 : 65 Hz	45 : 65 Hz	47,5 : 52,5 Hz
Jmenovitý proud	< 16 A	< 16 A	< 16 A
Rychlost přepnutí po zapnutí napájení	≈ 0,3 s (IE jádro) ≈ 1,8 s (Toroid)	≈ 0,15 s (IE jádro) ≈ 0,88 s (Toroid)	≈ 0,07 s (IE jádro) ≈ 0,27 s (Toroid)
Rychlost přepnutí ovládacím vstupem	≈ 0,1 s (IE jádro) ≈ 0,5 s (Toroid)	≈ 0,06 s (IE jádro) ≈ 0,25 s (Toroid)	≈ 0,06 s (IE jádro) ≈ 0,26 s (Toroid)
Ovládací vstup	1 : 32 V	externí kontakt	1 : 32 V
Předepsaná ochrana	Jistič typ B 16 A	Jistič typ B 16 A	Jistič typ B 16 A
Rozměry (D×Š×V)	45 × 92 × 102 mm	98 × 88 × 35 mm	48 × 96 × 60 mm
Stupeň krytí	IP20	IP20	IP20



## Závěrem

TrafoSTART je ideální řešení pro odstranění zapínacího proudu jednofázových transformátorků.

Díky vestavěným kontrolním algoritmusům umožňuje bezproblémové připojení a provoz transformátorů s vysokým sycením. Umožňuje bezproblémový provoz velkých toroidních transformátorů.

Je vhodný pro časté spínání transformátorů. Díky ovládacímu vstupu nahradí stykač. Zapojením TrafostARTu se zjednoduší jištění transformátoru.

Příklad řešení:

TrafoSTART TS 1211 1000	-1 200,- Kč
Uspořený stykač 16 A	300,- Kč
Uspořený jistič na sekundární straně	100,- Kč
Úspora na transformátoru 3 kVA při vyšším sycení	800,- Kč
<b>Celkové náklady</b>	<b>0,- Kč</b>

**A navíc žádný zapínací proud!**