

Porovnanie medzi vektorovým riadením a DTFC [7]

	DTFC	Vektorové riadenie
Rýchlosť odozvy momentu	Vyššia	Nižšia
Zvlnenie a skreslenie momentu, toku a prúdov	Vysoké	Nízke
Potreba znalosti presnej polohy rotora	Nie	Áno
Regulácia prúdu	Nie	Áno
PWM modulátor	Nie	Áno
Súradnicová transformácia veličín	Nie	Áno
Spinacia frekvencia	Premenlivá, závislá na pracovnom bode a režime činnosti	Konštantná (ak sú regulátory vektora prúdu implementované v súradnicovom systéme rotora)
Akustický hluk	Širokospektrálny, závislý na pracovnom bode a režime činnosti	Nízky, s konštantnou frekvenciou
Nastavovanie regulátorov	Šírka hysterézie	Zosilnenia PI regulátorov
Zložitosť	Nižšia	Vyššia

Figure 2 Teoretické porovnanie medzi vektorovým a DTFC riadením (Zdroj: NPAE, Igor Béla)

2 Zadanie

Motor číslo 4.: EMRAX 208 High Voltage

Tab. 1. Hodnoty parametrov motora EMRAX pre výpočet regulátorov prúdu

Parameter	Hodnota	Jednotka	Popis
L_d, L_q	125/130	μH	Indukcia jednej fazy
$R_d = R_q$	14	$\text{m}\Omega$	Vnútorný odpor fazy pri 25 deg C
T_d	0.0089	s	$T_d = L_d / R_d$
T_q	0.0093	s	$T_q = L_q / R_q$

Tab. 2. Zvolené a vypočítané hodnoty parametrov regulátorov prúdu

Parameter	Hodnota		Jednotka	Popis
ξ	0.8		-	Zvolíme $\xi \in [0.7, 1]$, žiadane tlmenie
ω_{0l}	250	500	Rad/s	vlastná frekvencia regulačného obvodu prúdu
K_{pd}	0.036	0.09	V/A	$K_{pd} = 2 * \xi * \omega_{0l} * L_d - R_d$
T_{id}	0.0046	0.0028	s	$T_{id} = K_{pd} / (L_d * \omega_{0l}^2)$
K_{pq}	0.038	0.09	V/A	$K_{pq} = 2 * \xi * \omega_{0l} * L_q - R_q$
T_{iq}	0.0047	0.0028	s	$T_{iq} = K_{pq} / (L_q * \omega_{0l}^2)$

3 Simulácia vektorového riadenia

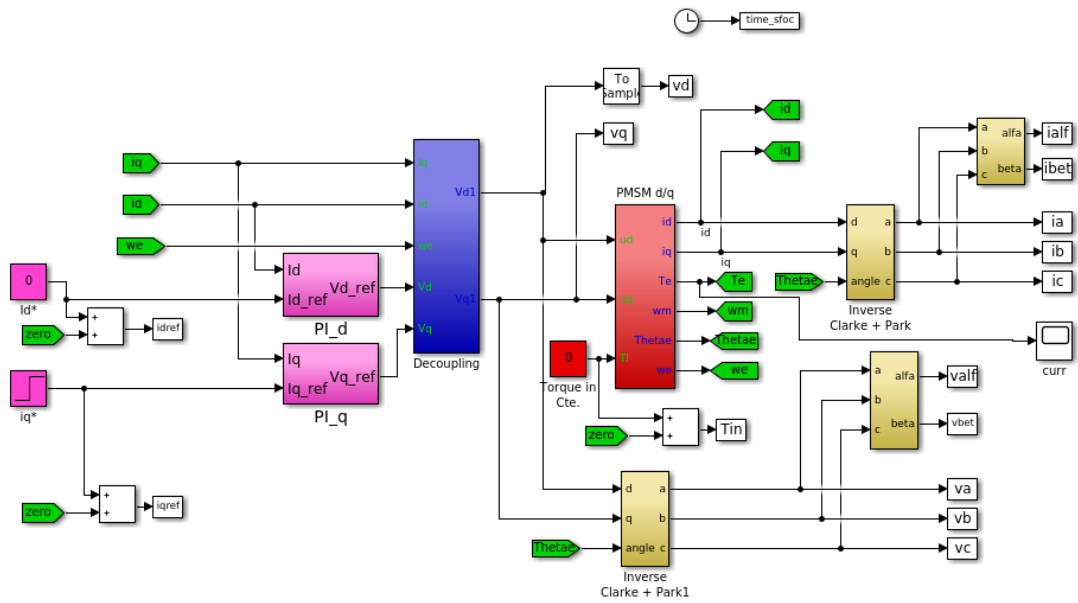


Figure 3. Simulačný model vektorového riadenia SMPM

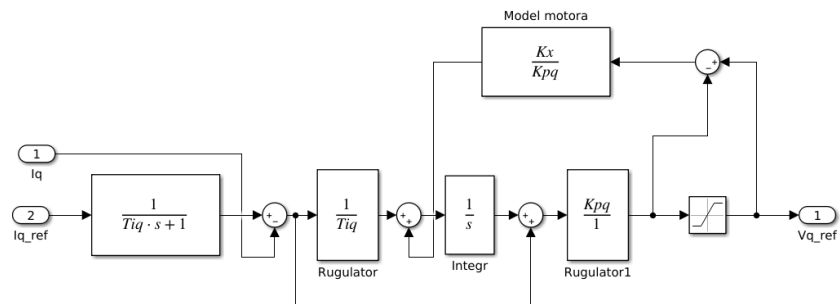


Figure 4. Regulátory momentovej a tokotvornej zložky vektora prúdu. Pid, Piq

$$\delta = 100 \times \frac{\dot{i}_{q, \max} - \dot{i}_{q, \infty}}{\dot{i}_{q, \infty}} \quad [\%]$$

Figure 5. Výpočet preregulovania

```
% *** motor parameters EMRAX ***
```

```
Kx = 200;
Vdc= 470; % Maximal battery voltage [Vdc]
nn = 6000; % Maximal rotation speed [rpm]
KT = 0.8; % Torque/motor current [Nm/1Aph rms]
TorqueMax= 140; % Maximal motor torque [Nm]
TorqueNom= 80; % Continuous motor torque [Nm]
R = 14e-3; % Internal phase resistance [Ohm]
Ld = 125e-6; % Induction in Ld [H]
Lq = 130e-6; % Induction in Lq [H]
```

```
KE = 0.0487; % AC voltage between two phases
[Vrms/1RPM]
Phi= 0.0393; % Magnetic flux - axial [Vs]
p = 10; % Number of pole pairs
J = 0.023; % Rotor inertia LC motor [kg.m^2]
```

```
% calculated values:
```

```
wn=nn/60*2*pi;
Fn=nn*p/60;
Vn=Vdc/2;
F=0;
Vm=sqrt(2/3)*Vdc;
iq_ref = 150
```

```
% PI controller:
```

```
w0 = 500;
xi = 0.8;

Kpd = 2*xi*w0*Ld-R
Tid = Kpd/(Ld*w0^2)
Kpq = 2*xi*w0*Lq-R
Tiq = Kpq/(Lq*w0^2)
```

Figure 6. Simulačný script vektorového riadenia so vstupnými parametrami a vzorcami

Table 1. Výsledky simulácie opisujúce vektorové riadenie

ξ	ω_{oi} [rad/s]	Kp [V/A]	Ti [s]	Iq* [A]	Preregulovanie [%]	Treg [s]
0.8	250	0.038	0.0047	1	1.50	0.034
				150	1.51	0.0343
	500	0.09	0.0028	1	1.54	0.018
				150	1.51	0.017

Tabulka 1. Obsahuje vypočítané hodnoty parametrov regulátorov a graficky zistené hodnoty času regulácie a preregulovanie. Graficky odčítané hodnoty hovoria o kvalite regulácie.

4 Simulácia DTFC riadenia

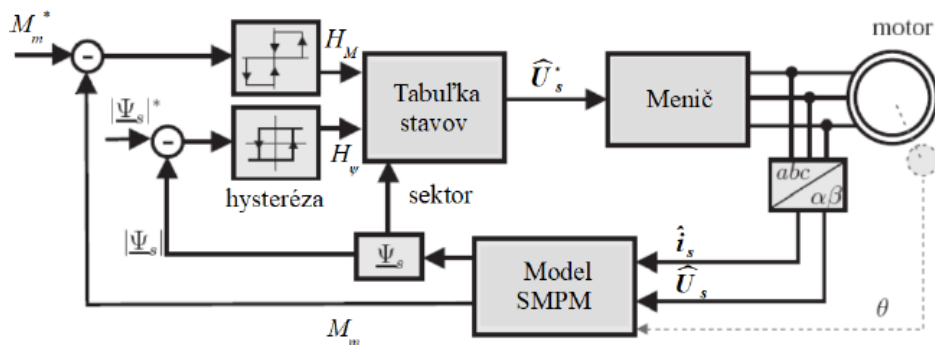


Figure 7. Bloková schéma generátora momentu SMPM s využitím DTFC

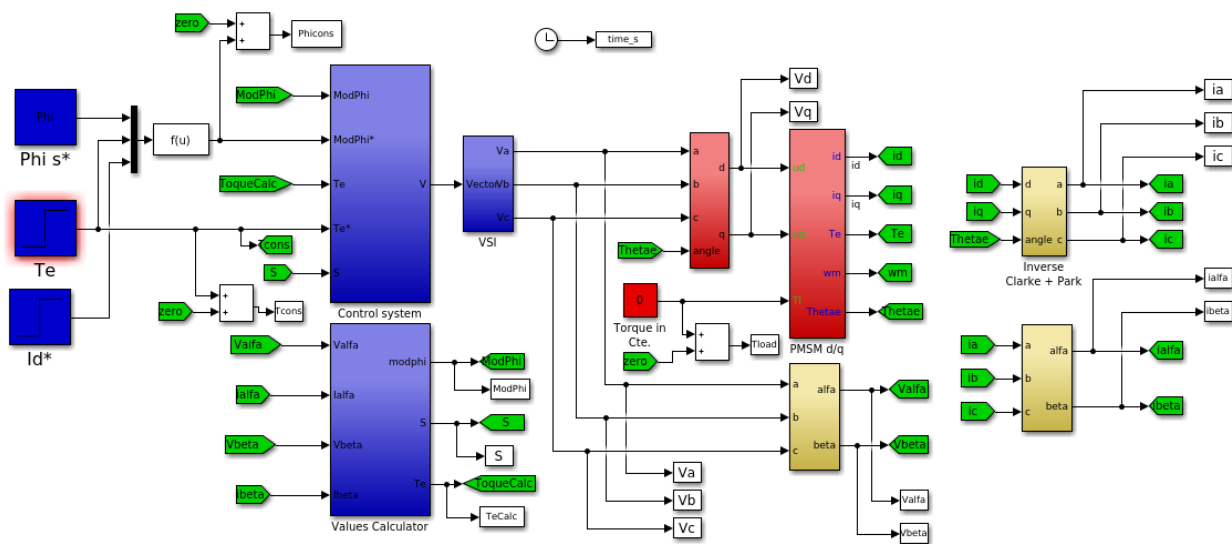


Figure 8. Simulačná schema DTFC pre SMPM

Opis simulácie:

V simulačnej štruktúre s DTFC riadením vykonáme dve simulácie, ktoré sa budú líšiť veľkosťou skoku žiadanej momentu motora. Žiadany moment motora vypočítame zo žiadanej momentotvornej zložky vektora prúdu i_q :

$$M_m^* = \frac{3p}{2} i_q^* \psi_{pm}$$

kde p je počet polových dvojíc motora a ψ je veľkosť magnetického toku permanentných magnetov.

Na výpočet žiadanej momentu motora použijete hodnoty i_q^* zo simulácii na cvičení č. 4.

Table 2. Výsledky simulácie popisujúce DTFC riadenie

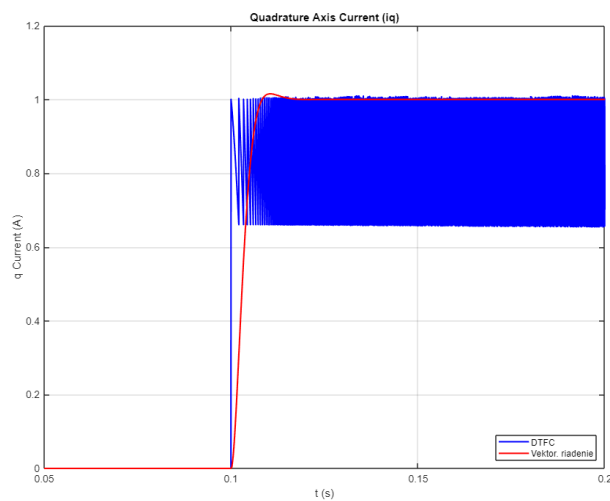
i_q^* [A]	Preregulovanie [%]	Treg [s]
1	0.5	0.000003
150	0.52	0.000048

$\omega_{0l} = 500$

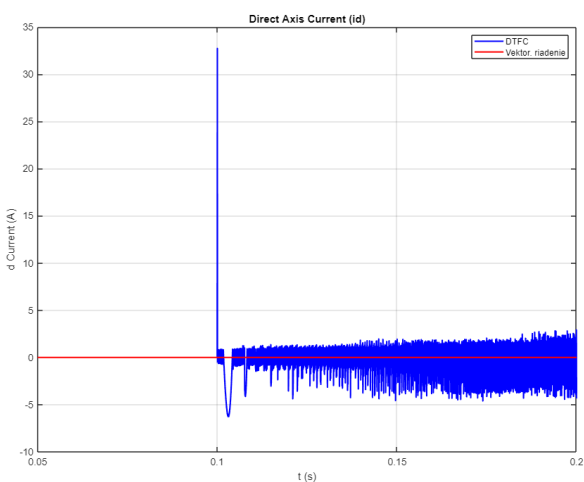
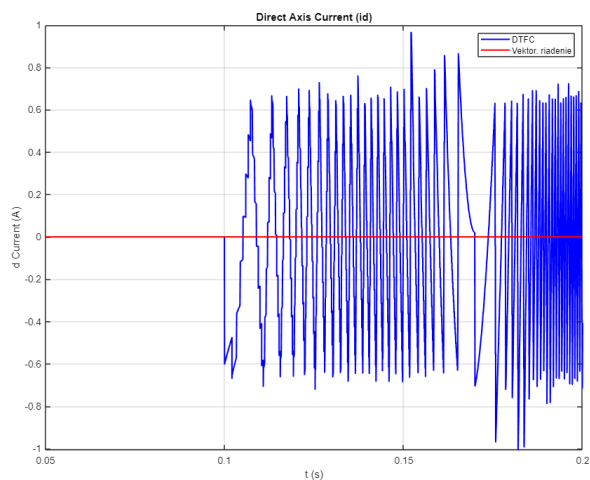
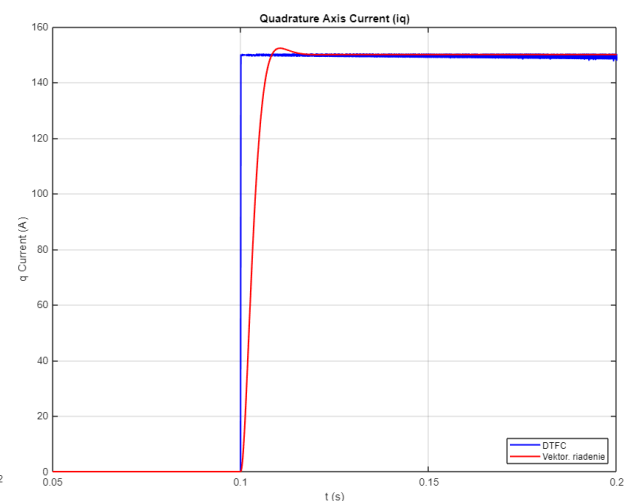
$i_d = 0$

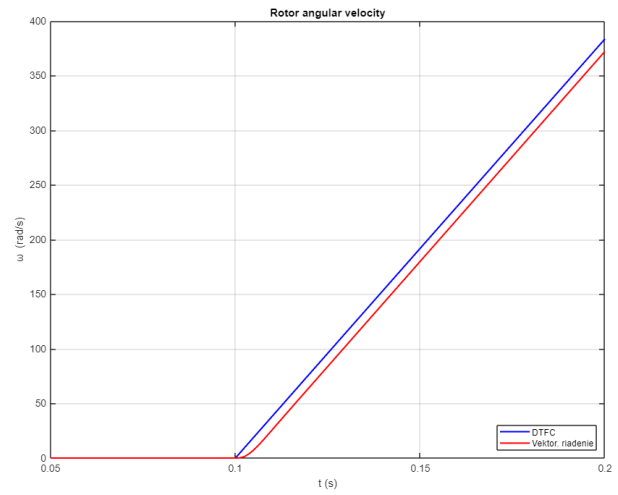
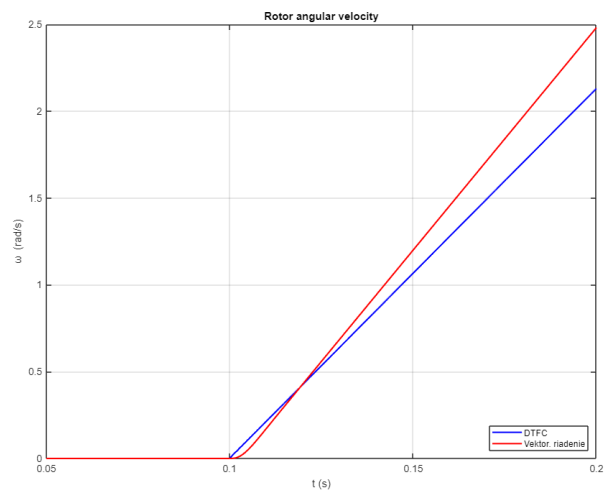
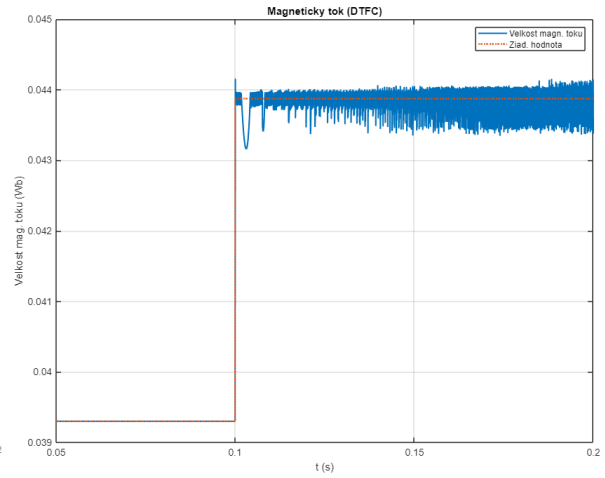
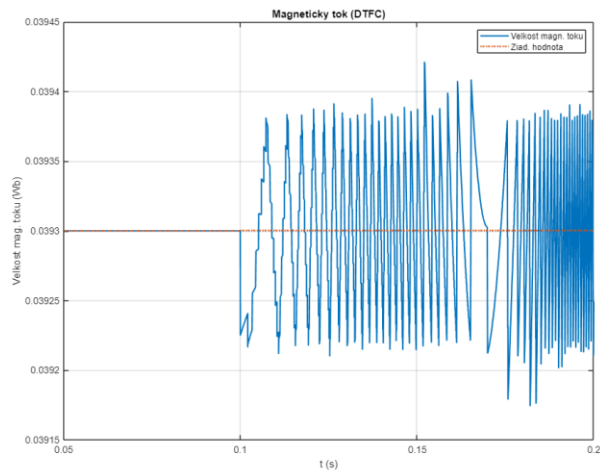
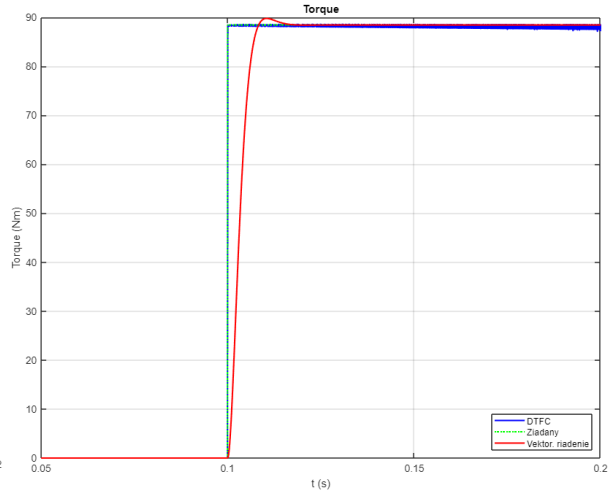
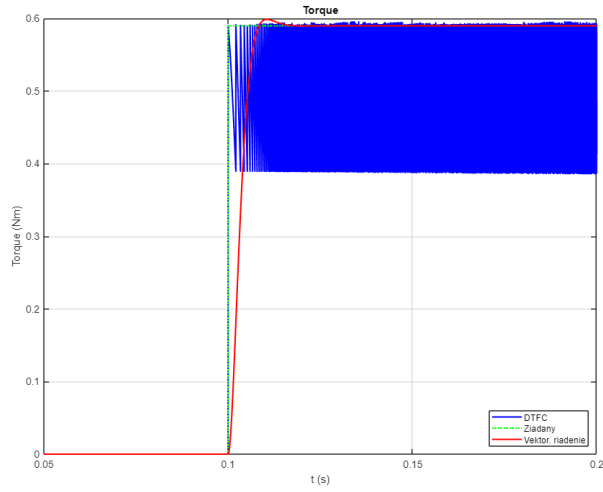
5 Porovnanie výsledkov simulácií

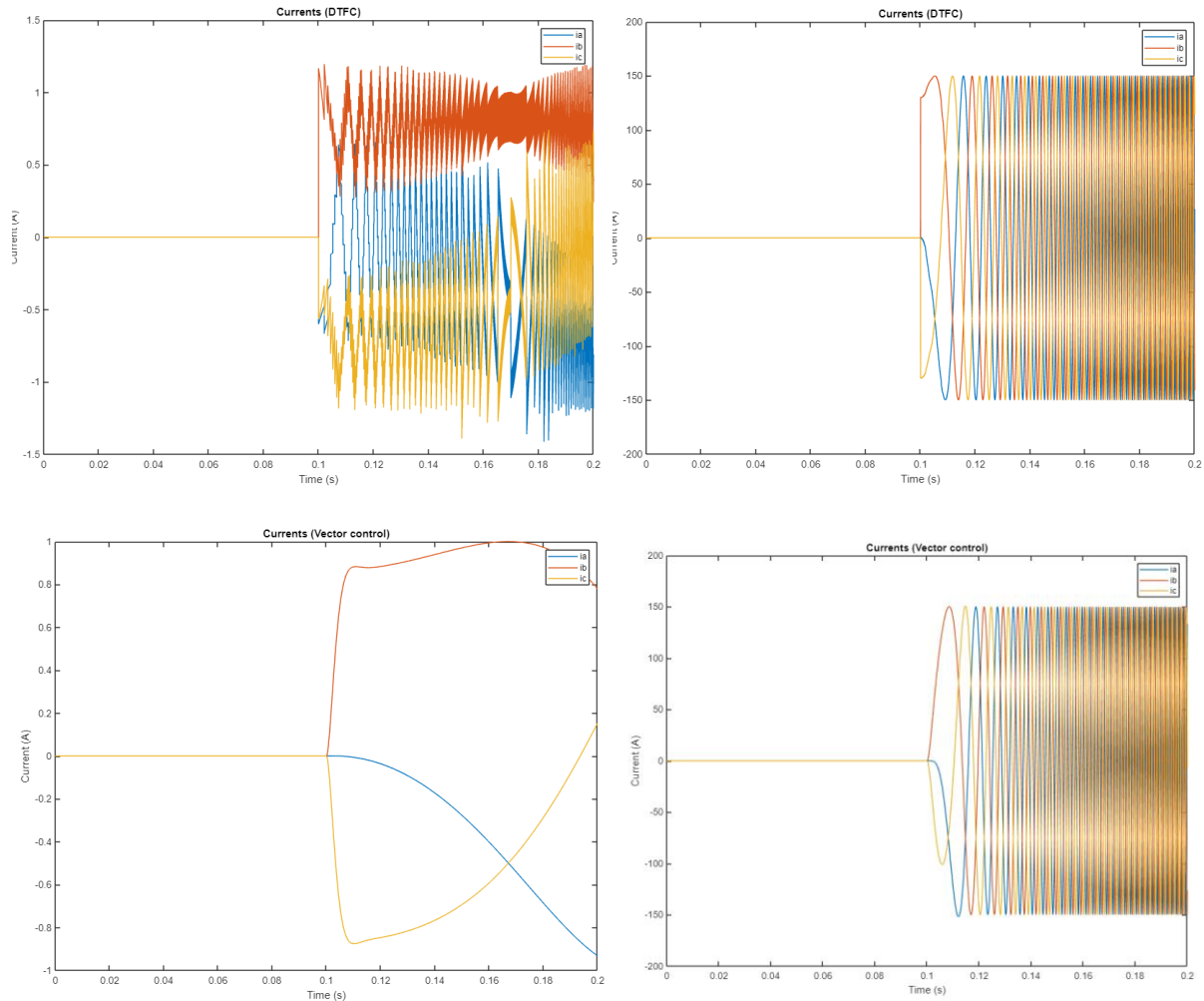
$i_{q_ref} = 1$



$i_{q_ref} = 150$







6 Zhodnotenie

Table 3. Porovnanie vektorového riadenia VR a DTFC

Riadenie	ξ	ω_{01} [rad/s]	K_p [V/A]	T_i [s]	I_q^* [A]	Preregulovanie [%]	Treg [s]
VR	0.8	250	0.038	0.0047	1	1.50	0.034
					150	1.51	0.0343
		500	0.09	0.0028	1	1.54	0.018
					150	1.51	0.017
DTFC	0.8	500			1	0.5	0.0000003
					150	0.52	0.000048

V tomto cvičení sme porovnávali riadenie **Synchronného Motora s Permanentnými Magnetmi** vektorovým riadením a DTFC (Priame riadenie momentu a magnetického toku). Výstup v Table 3. jasne znázorňuje praktickú prevahu riadenia DTFC a to v kvalite regulácie (preregulovanie, čas regulácie). Navyše je DTFC jednoduchšie implementovateľné.