

Popis invertoru.

Výkonová část měniče

Vstup je chráněn dvojicí varistorů a filtrem z C1, L3, C2.

Sada elektrolytů za usměrňovacím můstkem je při zapnutí nabíjena přes

R1, R2 a ty jsou po několika sekundách zkratovány kontaktem relé Re1.

C7 snižuje impedanci baterie elektrolytů na vysokých kmitočtech, R3 urychluje jejich vybíjení po vypnutí napájení.

Na vstupu je ještě Tr3 pro napájení ovládacích obvodů a přes kontakt relé Re2 je spínán chladicí ventilátor.

Dále následuje propustný měnič s paralelně zapojenými dvojicemi IGBT T1+T2 a T3+T4, a rekuperačními diodami D4, D8.

C8-C11, D1-D3, D5-D7, L1, L2 tvoří ochranný obvod, pohlcující napěťové špičky, které vznikají při vypínání tranzistorů a diod.

IGBT jsou buzeny signálem z vinutí Tr4 pro dosažení galvanického oddělení sítě

od ovládání. T5, T6 velkým proudem vybíjejí náboj na hradlech řídicí elektrod

IGBT po skončení budicího impulsu.

Proud, procházející výkonovým transformátorem Tr1, je snímán měřicím

toroidním transformátorem Tr2 a jeho výstupní signál Sig2 je veden ke zpracování do řídicí smyčky zpětné vazby.

Sig1 z 1 závitu na Tr1 je použit pro funkce Antistick a ArcForce.

Výstupní napětí z Tr1 je ošetřeno filtrem R10-R12, C12 proti zákmitům

a usměrněno paralelně zapojenými dvojicemi D13+D14 a D15-D17 na společném chladiči. Výstupní tlumivka L4 je železném jádře z plechů E20x20

Řízení měniče - část 1

Regulační napětí Ureg (úměrné požadovanému svařovacímu proudu) je přiváděno na neinvertující vstup IO1c. Je porovnáváno s napětím z emitorového sledovače T9, které je získáváno jako Sig2 z měřicího proudového transformátoru Tr2 v primárním obvodu Tr1. Výstup IO1c pak řídí PWM generátor IO2. Ten pracuje na kmitočtu asi 55 kHz (určují hodnoty R22, C24 ale i R31). Pomocí jednoho výstupu IO2 spíná T11 proud do primáru budicího a izolačního transformátoru Tr4, jehož sekundáry napájejí řídicí elektrody IGBT.

Max. svařovací proud při max. velikosti Ureg lze nastavit kombinací R37+R38.

Z emitoru T9 je také měřicí napětí z Tr2 vedeno na komparátor IO1d. Ten při zvýšení napětí na invertující vstup nad hodnotu danou poměrem R42/R43 uvede T10 do nevodivého stavu. C34 se přes R46 připojí na +18V a vzniklá napěťová špička je přivedena na Ureg. Tím je způsobeno krátkodobé zvýšení proudu při zapálení oblouku (Hotstart). Po skončení svařování T10 sepne a přes D33 se C34 vybijí do původního stavu. Tuto funkci lze vyřadit přepínačem Př3 (E/TIG).

Sig1 je přiváděn jednak do IO1a, který při déletrvajícím poklesu Sig1 pod mez danou R14/R15 sníží přes D21 velikost Ureg na velikost kolem 1V a tím omezí svařovací proud na cca 20A - funkce AntiStick.

Dále je Sig1 veden na IO1b, který reaguje na rychlé poklesy napětí během svařování generováním impulsů (jejich délka je omezena C18), jimiž krátkodobě zvyšuje Ureg - funkce ArcForce.

Ze síťového transformátoru Tr3 je napětí usměrněno můstkem z D35-D38 a stabilizováno pomocí T12-T14 na +18V a T15 na +6V pro napájení řídicích obvodů.

Řízení měniče - část 2

Zde je řešeno nastavování velikosti a časového průběhu svařovacího proudu.

Není-li rezistor R58 připojen přes D55 nebo D56 na zem, je T17 uzavřen, T16 je otevřen a na regulačním potenciometru P1 je cca +5V ze referenčního zdroje, obsaženého v IO2. Tzn. že je aktivní regulace horního proudu.

Po připojení R58 na zem jsou tranzistory v opačném stavu a je aktivní potenciometr P2 (regulace spodního proudu).

Napětí z běžců je slučováno na R4 a vede se na vstup zesilovače IO3a. Výstup ze zesilovače tvoří sběrnici Ureg.

Přepínání horního/spodního proudu řídí IO6 v astabilním režimu. Časové intervaly lze nastavit pomocí P3, P4 v rozsahu 20 ms až 2 s. Přepínačem Př2 lze činnost generátoru zrušit a řízení pak převezme dálkové ovládání.

Při TIG svařování se krátkým stiskem tl. D.O. přes D58 vybijí C58, výstup IO7b a IO7d přejdou do stavu H a T21 přes Re3 sepne plynový ventil. Po krátkém předfuku lze náskrabem zapálit oblouk. Protože je tl. D.O. uvolněné, je výstup IO7a ve stavu L a je nastaven spodní proud. Po zapálení je nutno tlačítko stisknout a to do cca 4 s od prvního stisknutí. Proud se zvýší na horní úroveň a za stálého držení tl. je možné svařovat. Během svařování lze tlačítkem libovolně přepínat mezi horním a spodním proudem. Při ukončování svaru se musí tl. uvolnit. Proud klesne na spodní úroveň a po cca 4 s se přes R82 nabije C58, výstup IO7b přejde do stavu L, přes D59 omezí Ureg téměř na nulu. Oblouk zhasne. C60 přestane být nabíjen přes D60 a začne se vybíjet do R84. Po dalších cca 5 s přejde výstup IO7d do stavu L a T21 vypne plynový ventil (dofuk). IO5 je zapojen jako astabilní klopný obvod a vyrábí záporné napájecí napětí pro IO3. Řízení ventilátoru zajišťuje IO4 a Opto1.

Svařovací napětí ve formě Sig3 je přes D49 přivedeno na optočlen Opto1. Je-li napětí větší než cca 40 V, tranzistor v optočlenu vede a přes R66 připojuje spouštěcí vývod č.2 IO4 na +6 V. Výstup je v klidu. Po zapálení oblouku napětí klesne pod 40 V, napětí na vývodu č.2 vlivem R63 klesne pod spouštěcí práh, výstup IO4 sepne T19 a Re2 zapne ventilátor. Přes D44 je časovací kondenzátor udržován téměř vybitý.

Po skončení svařování se zvětší napětí na vývodu č.2, C42 se začne přes R61 nabíjet a po čase cca 45 s přejde výstup IO4 do stavu L. Ventilátor se zastaví.

Ochranu proti přehřátí zajišťuje IO3b.

Snímací tranzistory T22 až T25 v elektricky izolovaných pouzdrech jsou připevněny na 1 chladič IGBT, na chladič výstupních diod, na vinutí Tr4 a L4.

Při rostoucí teplotě klesá napětí na přechodu BE tranzistorů. Klesne-li toto napětí pod mez, nastavenou trimrem R86, na výstupu IO3b se objeví úroveň H. Tím přes D46 zůstane otevřený T19 bez ohledu na stav výstupu IO4. Dále se pomocí T20 rozsvítí LED D48, idikující přehřátí. Současně se přes D47 sníží napětí Ureg a svařovací proud klesne na minimální hodnotu. Po poklesu teploty pod mez, danou hysterezním rezistorem R69, se obnoví normální funkce.

Relé Re1 zkratuje po 5 s od zapnutí zdroje nabíjecí rezistory v síťové části.

Při zapnutí se přes R59 nabíjí C41, po nabití asi na 6 V se otevře T18 a sepne Re1.

Po vypnutí napájení se C41 rychle vybijí přes D41 do obvodu napájení a připraví se tak na další start.

Základ zapojení výkonové části měniče a řízení - část 1 je převzat z továrního invertoru Cemont MMA 85A (viz soubor **cemont85a.pdf**). Zapojení jsem upravil na větší výkon, změněny jsou hodnoty součástek, způsob napájení řídicích obvodů, měkkého startu, buzení IGBT, ...

Řízení - část 2 je úplně nové.

Filtrační elektrolyty C3-C6 (4 ks) je možné nahradit dvěma kusy s vyšší kapacitou, ale myslím, že je lepší jejich značné impulsní namáhání rozdělit na více ks.

Součástky výkonové části měniče jsou na 1 oboustranné desce s plošnými spoji.

Tu jsem navrhl a nakreslil původně jen ručně, už se mě nechce ji znovu dělat v editoru.

Výstupy na primár Tr1 jsou Fast-on, sekundár přes šrouby. Fóliové vinutí L4 je desce přišroubováno pomocí mosazných svěrek. Silové části spojů jsou zesíleny připájením Cu pásků nebo drátu o pr. 1,6 mm. IGBT a výkonové diody jsou uloženy rovnoběžně s deskou a stisknuty mezi chladiče a desku. Přívody napájení, pájecí body pro IGBT, tlumivky, výkonové rezistory, Tr2, Tr3 apod, jsou zesíleny dutými nýtky.

Obvody budičů IGBT jsou na 2 malých deskách, připájených za vývody k nýtkům na základní desce.

Výstupní kondenzátor C13 musí být svitkový, popř. více kusů paralelně. Celková kapacita 5 až 10 mikrofaradů. Změňuje zvlnění výstupního proudu a omezuje vf rušení

vyzařované svařovacími kabely.

Obvody řízení měniče část 1 a 2 jsou na 1 desce, osazené součástkami vývodovými i SMD. Tato část by šla výrazně zjednodušit použitím mikrořadiče, ale pro mě je snazší vymyslet zapojení z klasických součástek než se učit programovat.

Do skříňky ještě vestavím koupený spínaný zdroj 9V/1,5 A pro napájení plynových ventilů (u redukčního ventilu na lahvi a v rukojeti hořáku) při svařování TIG.

Dálkové ovládání a napájení ventilů je vyvedeno na panel konektorem XLR.

Kostra skříňky je svařena z L profilů 10x10x2 mm. Čelní panel je z Al plechu tl. 3 mm se závity pro potenciometry a vyfrézovanými chladicími otvory.

Rozměry invertoru jsou 280x195x130 mm.

Závěr

Jde v podstatě o jednoduché ale již zastaralé zapojení měniče, bez kompenzace účinku předregulátorem. O něco lepší by bylo můstkové zapojení.

Teprve rezonanční měnič však přináší podstatnější zmenšení rozměrů a hmotnosti vlivem vyššího pracovního kmitočtu.

Toto není podrobný stavební návod, konstrukci jsem původně nedělal ke zveřejnění, některé komponenty jsem použil ze svých zásob (např. jádro Tr1 může raději být EE70 a z nějaké novější hmoty). Dost času zabralo vyladování hodnot součástek na nejmenší ztráty ve výkonové části.

Osciloskopické měření průběhů v měniči vyžaduje oddělovací síťový transformátor!!!

Velmi vhodné je při oživování použít regulačního transformátoru.

Stavba tohoto zařízení je vhodná pro lidi, kteří mají dost času a chuti

experimentovat. Ostatní ať si raději koupí hotový zdroj, nebo aspoň jeho stavebnici.

Poznámky:

1) Soubory s příponou **SXE** jsou zdrojové soubory schémat pro program Proficad (zdarma ke stažení na <http://www.proficad.cz>)

2) Soubor **cemont85a.pdf** obsahuje schéma zapojení továrního italského invertoru Cemont 85A, který byl inspirací pro tuto konstrukci.

3) Složka **Foto** obsahuje fotogalerii hotového invertoru, jednotlivých desek a různé detaily.

Seznam součástek

Rezistory (vývodové i SMD)

R1, R2	33/6W
R3	100k/2W
R4, R5	680
R6, R7, R32, R50, R91	3k3
R8, R9	10
R10, R11, R12	15/2W
R13	4k7/5W
R14, R55	560k
R15	820k

R16, R34, R60, R68, R79, R81	1k
R17, R33	1k5
R18, R19, R20, R23, R24, R26, R30, R39, R41, R42, R45, R46, R48, R49, R57, R73, R76, R83, R86	10k
R21	150k
R22, R52, R53, R66, R77, R78	4k7
R25, R64, R65, R74, R75, R80, R85	22k
R27, R70	5k6
R28	180
R29, R35	330
R31	110
R36	470
R37	68
R38	82
R40	15k
R43	120k
R44	75k
R47, R51, R63	100k
R54	180k
R56	470k
R58	33k
R59, R71	56k
R61, R84	1M
R62, R87	220k
R67	47k
R69	4M7
R72	27k
R82	390k
R88, R89, R90	2k2
P1, P2	25k/N, TP160
P3, P4	500k/G, TP160

Kondenzátory (vývodové i SMD)

C1	1M/275V~
C2, C7	470n/275V~
C3, C4, C5, C6	350M/350V
C8, C11	4n7/1250V, FKP1
C9, C10	33n/1kV, MKS4
C12	4n7/1600V, FKP1
C13	2 ks 3M3/250V, MKS4
C14, C25, C29	1M/50V
C15, C26, C28, C33, C37, C39, C40, C46, C47, C54, C57, C59	100n

C16	22n
C17	33n
C18, C34	4M7/50V
C19, C31, C32, C43, C49, C50, C56	10n
C20	4n7
C21, C30	1n
C22, C23	2n2
C24	3n9, fóliový
C27, C48	100M/25V
C35	470M/35V
C36, C38, C45, C58	10M/50V
C41	220M/25V
C42	47M/25V
C44	220n
C51, C52	3M3
C53	6M8
C55, C60	4M7, tantal
C61	4n7/275V~

Polovodiče

D1, D3, D5, D7	BYT03-400
D2, D6, D11, D12, D29	BYV26C
D4, D8	MUR1560
D9, D10, D39	BZX85V018
D13, D14, D15, D16, D17	BYV52/200
D18	B250C5000
D19, D20, D22, D23, D26, D28, D31,	1N4148
D32, D33, D34, D41, D43, D45, D46,	
D47, D50, D51, D53, D54, D55, D56,	
D58, D59, D60, D61, D62	
D21, D44	BAT42
D24, D25, D40	BZX85V006.8
D27, D52	BZX85V002.7
D30, D49	BZX85V039
D35, D36, D37, D38	1N4007
D42, D57	BZX85V005.6
D48	LED, červená

Opto1	PC817
-------	-------

T1, T2, T3, T4	IRG4PC40W
T5, T6, T16, T17	BC327
T8, T9, T10, T13, T14, T18, T19, T20,	BC547
T21	
T11	BC337

T12
T15
T22, T23, T24, T25

BD140
BD139
s vhodným pouzdrém

IO1
IO2
IO3
IO4, IO6
IO5
IO7

LM324
SG3525A
LM1458
7555
555
40106

Var1
Var2

ERZC14DK391
ERZC14DK431

Cívky

Tr1

jádro EE65, hmota H24, mezera 0,05 mm
primár: 17 závitů (lanko 25 drátů pr. 0,4 mm)
sekundár: 5 závitů (lanko 70 drátů pr. 0,4 mm)
sekundár Sig1: 1 závit obyčejným slabým

lankem
Tr2

toroid pr. 16/10-6
primár: lanko 2,5 mm², prostrčené toroidem
sekundár: 300 závitů drátem pr. 0,1 mm

Tr3
Tr4

Síťové trafo 230V/18V, 5VA
Hrníčkové jádro pr. 26x16, H12, Al=3200
primár: 50 závitů, drát pr. 0,15 mm
sekundár 1: 50 závitů, drát pr. 0,1 mm
sekundár 2: 50 závitů, drát pr. 0,1 mm
25 mikroH, drátem pr. 1mm na ferit. tyčce

L1, L2
pr.6x30
L3
pr.32/20-13, H21
L4

2x11 závitů drátem pr. 1,6 mm na toroidu

jádro z plechů E20x20 (bez sloupku I)
10 závitů Cu pásku 30x0,5

Ostatní

Re1
Re2, Re3
M1
Př1
Př2, Př3

Finder 40.61
RAS 2415
Ventilátor 230 V~, 120x120x38 mm
2pólový kolébkový vypínač, 2x16A
2pólový páčkový přepínač P-KNX2