



Ing. Vladimír Anděl
289 13 Hořátek 298
IČ: 14793342
tel. +420 608 371 414
www.vaelektronik.cz



KPTECH, s.r.o.
Dělnická 883/46
73564 Havířov
Tel: +420 596 617 558
www.kptech.cz

Aktualizace firmware drenáží EPD160R a EPD160RD

V průběhu roku 2024 byla provedena rozsáhlá aktualizace firmware drenáží EPD160R a EPD160RD. U drážní drenáže EPD160RD bylo cílem zvýšení maximálního napětí pro plný rozsah regulace proudu, lepší funkce ochrany regulátoru proti přepětí a dále byly optimalizovány sekvence při startu regulátoru.

U tramvajové drenáže EPD160R byl rozsah regulace rozšířen směrem k vyššímu proudu. Byla též zlepšena ochrana regulátoru proti přepětí a optimalizován start regulátoru.

Princip funkce přepět'ových ohran v drenážích

Přepět'ová ochrana drenáže funguje v závěrném a propustném směru rozdílně, v propustném směru se na ní podílí software regulátoru.

Při napětí v závěrném směru, tedy kdy drenáží proud neteče, je regulátor neaktivní a trvale sepnutý. Základní, diodový modul má na sobě napětí v závěrném směru. Polovodiče se v závěrném směru chrání tím, že se napětí na nich omezí a tím se zabrání překročení průrazného napětí. Omezení napětí může být nárůstem proudu (typicky varistorové svodiče přepětí), nebo dočasným zkratem (typicky bleskojistky, jiskřiště). Někdy má přepětí u polarizovaných drenáží charakter impulzů dlouhých až jednotky vteřin, ale nárůst napětí je podstatně menší, než u přepětí způsobeného třeba bleskem. V takových případech je varistorový svodič přepětí nepoužitelný a osvědčil se omezovač přepětí, kde ke kondenzátoru připojenému paralelně k drenáži, nebo k regulátoru drenáže je při dosažení omezovacího napětí připojený výkonový odpor s vysokou krátkodobou přetížitelností. U drážní drenáže EPD160RD se k omezení napětí na regulátoru využívají výkonové odpory, které v provozním stavu spotřebovávají ztrátový výkon při regulaci.

Ochrana proti přepětí v závěrném směru má u tramvajové drenáže dva stupně. Na varistorový svodič přepětí přes indukčnost navazuje zkratovací obvod, který při nárůstu napětí nad 27V sepne na nezbytnou dobu výkonové tranzistoru.

U drážní drenáže je ochrana třístupňová. Ochranné jiskřiště na panelu ochran zachytí rychlé přepět'ové špičky s vysokou energií. Přes drenážní tlumivku projdou jen špičky s podstatně nižším napětím a s dobou delší, než jednotky milisekund. Nižší stupeň této ochrany tvoří omezovač přepětí nastavený na 220V. Rychlost nárůstu napětí je omezená kondenzátorem a při překročení napětí 220V je kondenzátor vybíjen odporem s proudem 160A. Pokud tento proud k omezení napětí nestačí a napětí dále narůstá, tranzistoru při napětí 240V sepne a proud ve zkratovaném obvodu naroste tak, že vypálí pojistku. Ta musí být pro správnou funkci rychlá s charakteristikou aR pro polovodiče.

V propustném směru při regulaci proudu je ochrana proti přepětí i proti nadproudu závislá na software regulátoru. Regulátory u obou typů drenáží pracují impulzně a mají omezovač přepětí pro omezení špiček při rozpínání tranzistorů. Ten je u tramvajové drenáže nastavený na 47V a při překročení napětí zatíží obvod proudem 190A. Pokud to nestačí a napětí dále narůstá na 55V kdy proud dosáhne 220A, regulátor sepne a vypálí pojistku.

U drážní drenáže je omezovač v regulátoru nastavený na 160V a při překročení tohoto napětí zatíží obvod proudem 25A. Tam je ale energie při rozpínání podstatně menší, protože napětí z regulátoru je omezováno odporovou zátěží, která obsahuje velkou filtrační kapacitu a při přepětí zatíží obvod proudem až 300A.

Změna v programu obou regulátorů spočívá v tom, že se zrychlilo sledování nárůstu napětí a ke zkratování regulátoru dochází jen v případě skutečného překročení maximálního napětí. Dříve bylo sepnutí odvozeno u tramvajové drenáže od maximální hodnoty proudu 220A a u drážní drenáže též z proudu a z maximálního napětí minulé periody.

Změny v EPD160RD

Regulátor v EPD160RD společně s drenážní tlumivkou tvoří step up měnič, vstupní napětí (napětí kolej-potrubí) menší než 40V převádí na 40V pro odporovou zátěž a při tom reguluje proud podle potenciálu. Zátěž je řízena z regulátoru a navazuje na řízení šířky impulzů regulátoru. Pokud je napětí na drenáži vyšší než 40V, zvýší se nastavení napětí zátěže až na 80V a proud lze stále regulovat v rozsahu 0-160A (regulátor proud softwarově omezí na 100A). Nárůst napětí nad 90V již spouští funkce pro omezení napětí pomocí nárůstu proudu.

V době, kdy jsou tranzistory regulátoru sepnuté, se na nich měří napěťový úbytek a podle toho se počítá proud. Při zvýšení napětí na regulátoru nad 40V je optimální nechat tranzistory trvale zavřené a proud řídit jen odporovou zátěží. Původně však regulátor udržoval minimální šířku impulzů, která umožňovala měření proudu. Aktivace zkratu pro vypálení pojistky byla nastavena na pevnou hodnotu 200A, což odpovídá napětí na zátěži 100V.

Minimální šířka impulzů pro měření proudu měla za následek, že regulátor stále vstupní napětí zvyšoval a napětí na zátěži 100V při proudu 200A odpovídalo vstupnímu napětí 80V při proudu 240A. U naprosté většiny nainstalovaných drenáží k tomuto stavu nedochází, napětí kolej-potrubí i bez proudu obvykle nepřekračuje 50V.

Informace o tom, že v Říkovicích často dochází k přerušení pojistky, vedla na to, že k takovým nárůstům napětí a proudu skutečně dochází. Náhrada rychlé pojistky aR pomalou pojistkou gG vedla k vypálení drenáže.

Když později došlo k rozstřelení pojistkového odpínače a fotky jsem poslal do OEZ, závěr byl překvapivý. Nešlo o překročení vypínací schopnosti pojistky (vypíná se DC proud a v obvodu je tlumivka), ale naopak, pojistka aR určená pouze pro ochranu proti zkratu (neslouží pro ochranu proti přetížení) neměla dostatečný proud pro rychlé přerušení. Uvnitř pojistky se odpařovalo hasivo a zvýšil se tlak, až došlo k explozi.

Když k problémům s příliš velkým napětím docházelo i u nově nainstalovaných drenáží v Zábřehu a v



Lukavici, byl to další důvod něco s tím udělat. I když tam to bude složitější, drenáže musí být upraveny ještě pro vyšší napětí použitím jiných typů tranzistorů a dalšími změnami v hardware drenáže. Počítá se tam s napětím v závěrném směru do 500V. To by mohlo být řešení i pro jiné lokality, kde se často přerušuje pojistka.

S nárůstem napětí v propustném směru se ani u 500V verze zatím nepočítá. Odporová zátěž je snad dostatečně dimenzovaná, aby nárůstem proudu až na 300A omezila napětí kolej-potrubi pod 150V po dostatečnou dobu. I když záleží na praktických zkušenostech, které zatím chybí.

Zásadní změna v software regulátoru spočívá v tom, že při napětí nad 80V regulátor přestane dávat impulzy a informaci o proudu odvozuje z napětí na odporové zátěži, která má svoji regulaci plně otevřenou a má odpor 0,5 Ω . Tím se o 20% zvýší napětí, při kterém je regulátor ještě schopný regulovat proud.

Pokud dojde k nárůstu napětí na zátěži, který je obvykle trvá od desetin po jednotky vteřin, není už omezený proudem 200A, ale maximálním napětím 150V na regulátoru, což odpovídá proudu 300A. Aktivace zkratu je nyní zpožděná. V programu bylo doplněno počítání rychlosti ohřevu odporů a podle napětí je daný maximální čas, za který je potřeba přetěžování odporů ukončit a přerušit pojistku.

Výkonové odpory s celkovým jmenovitým výkonem 2,4 KW (8x 300W) mají přetížitelnost:

90 V	180 A	16 KW	8 s
110 V	220 A	24 KW	5 s
140 V	280 A	40 KW	2 s
150 V	300 A	45 KW	1,5 s

Pojistka P51R06 100A aR vypne při 300A za 10 vteřin, 300A je její minimální vypínací proud.

K zkratu by už nemělo docházet tak často a pokud už k němu dojde, vyšší nárůst proudu rychleji přeruší pojistku.

Další optimalizace regulátoru, která s tímto problémem nesouvisí, byla zaměřená na optimalizaci minimálního proudu pro start a ukončení regulace. Tak, aby se regulátor dostatečně rychle spustil při rychlém nárůstu proudu a nezvyšoval při malém proudu drenáže úbytek tím, že by zůstával v provozním režimu. Nyní je program nastavený tak, že při poklesu potenciálu o 0,2V pod nastavenou hodnotu regulátor vypne už při poklesu proudu pod 15A a startuje až při 20A. Ve startovacím nízkopříkonovém režimu je na drenáži úbytek 50mV + odpor drenáže * proud, kde odpor drenáže je 6 m Ω . Pokud je potenciál dostatečný pro omezení proudu, startuje drenáž už při proudu 4A a udrží se v provozu až do poklesu na 0,6A.

Změny v EPD160R

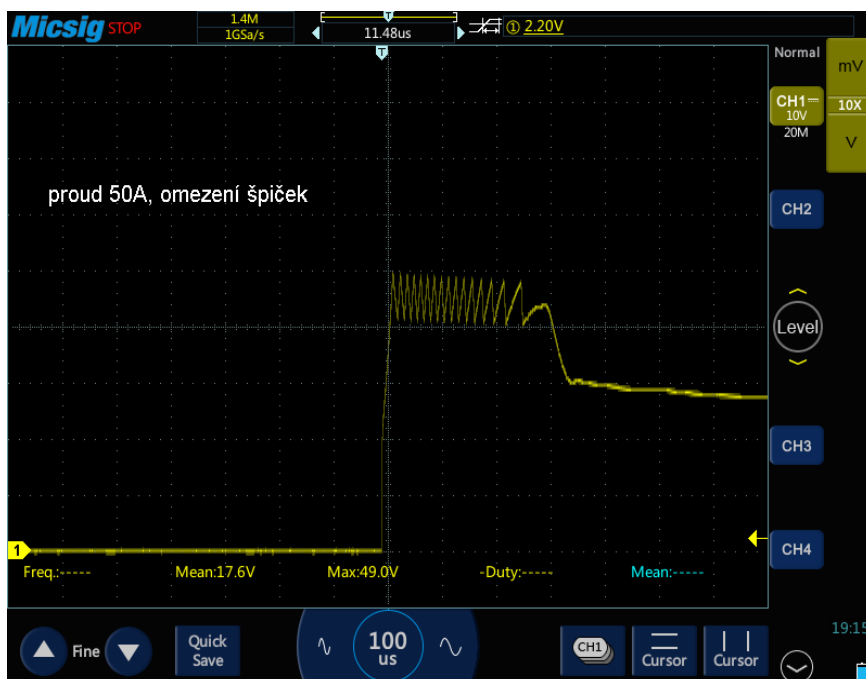
Na rozdíl od EPD160RD zde není drenážní tlumivka a regulátor ze změřeného proudu v době impulsu počítá střední hodnotu proudu pro regulaci. Pro bezpečné rozepnutí tranzistorů regulátoru je potřeba, aby napěťová špička po rozepnutí nepřesáhla maximální přípustné napětí tranzistorů. To zajišťuje omezovač přepětí, který až do proudu 220A omezí napěťovou špičku pod maximální hodnotou 55V.

Původně byl program napsaný tak, že se spoléhalo pouze na omezovač přepětí a při proudu nad 220A regulátor nerozepnul. Při tom pokud svodový odpor mezi potrubím a zemí dostatečně utlumí

napětíové špičky při rozpínání, mohou tranzistory bezpečně rozpínat i vyšší proud. Tranzistorový spínač v regulátoru je dimenzován na 700A a omezení na 160A je dáno pouze velikostí chladiče.

V nové verzi byla reakce programu na dosažení maximálního napětí zrychlena tak, že průběžně sleduje nárůst napětí a zkratuje regulátor až při skutečném překročení nastaveného maximálního napětí. Maximální rozpínaný proud se tím přizpůsobí skutečným elektrickým parametřům potrubí a může být podstatně vyšší, než původních 220A. Střední hodnota proudu je nyní programem omezena na 160A a lze ji při výrobě regulátoru, nebo při aktualizaci programu snížit podle požadavku zákazníka.

Na obrázku je průběh napětí při činnosti omezovače přepětí na regulátoru. Kondenzátor omezuje rychlost nárůstu napětí na tranzistorech a při překročení maximálního napětí 47V se připne odpor, který obvod zatíží proudem 190A. Při dalším nárůstu napětí až na maximální hodnotu 55V by proud odporů vzrostl na 220A. Po skončení impulsu se kondenzátor vybije na 30V, aby při příštím impulsu dokázal pohltit větší energii.



V programu regulátoru byl také optimalizován přechod ze startovacího do provozního režimu tak, aby přechod byl plynulejší a aby proběhl na poprvé.

U některých starších verzí regulátoru je potřeba aktualizaci programu doplnit drobnými změnami hardware.