



NES Nová Dubnica s.r.o.

M. Gorkého 820/27
SK-01851 Nová Dubnica
Slovakia

www.nes.sk

Teória

Vysokorýchlostné DC odpínače
a magické slovo „dynamika“

14.november 2017

OBSAH

1	Abstrakt.....	3
2	Úvod.....	3
3	Nadprúdová spúšť.....	3
4	Vplyv di/dt na rýchlosť rozopnutia VRO	4
5	Záver.....	7

1 Abstrakt

Tento článok sa zaoberá problematikou testovania vysokorýchlostných odpínačov (ďalej VRO), či spĺňa technické parametre určené výrobcom. Pri vývoji testovacieho zariadenia sme prišli na istú nejasnosť v názvosloví a výklade slova „dynamika“ v súvislosti s údajom strmosti/nárastu prúdu di/dt , ktorý sa vyskytuje v samotnej praxi. Tento krátky článok by mal všetko ujasniť.

2 Úvod

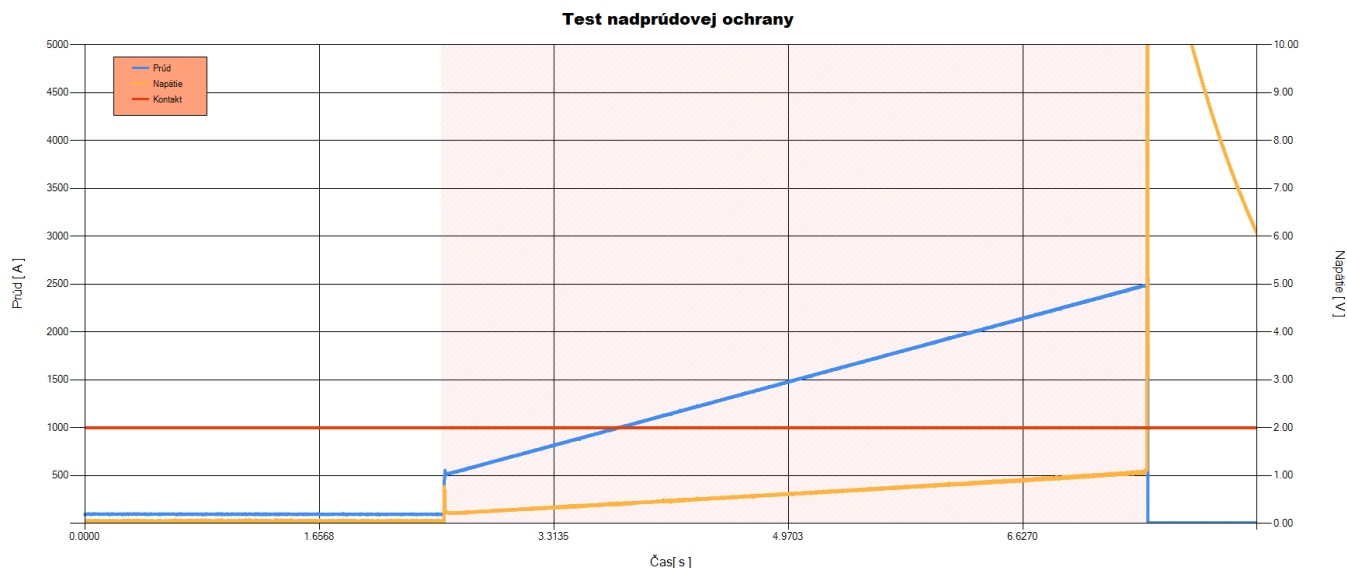
Hlavným a v podstate jediným nastavovacím prvkom VRO je **nadprúdová spúšť**. Určuje teda hodnotu prúdu, pri ktorej VRO vypne a dá sa to prirovnať k funkcii bežného ističa. Hodnota vypínacieho prúdu sa v norme a firemných prospektoch označuje ako I_d . Ak sa táto hodnota prúdu prekročí, tak VRO **musí vypnúť**. Pointa VRO spočíva v tom, že **čím rýchlejšie narastá skratový prúd v čase, tým rýchlejšie by sa mal obvod rozpojiť**.

3 Nadprúdová spúšť

Test správnej funkcie nadprúdovej spúšte spočíva v pomalom náraste prúdu z dôvodu, aby sa to neovplyvňovalo s druhou vlastnosťou VRO, ktorá bude popísaná nižšie. Zatiaľ sa nejedná o žiadnu „dynamiku“ aj keď už spomíname „nárast prúdu“! Zo skúseností je vhodné voliť hodnotu nárastu prúdu ako **10% až 20%** nastavenej hodnoty VRO.

Ak má napríklad VRO nastavenú spúšť na **2500A**, tak zvolíme parameter nárastu prúdu na **400A/s** na testovacom zariadení. Pribeh napätia a prúdu nie je nijako zaujímavý a je ho možné vidieť na obr. 1.

Prúd narastá so zadanou strmosťou až do momentu, keď dôjde k rozpojeniu kontaktov. To nastane v momente, keď sa prudko zvýši napätie a prúd klesne na nulu. Medzi mechanickým rozpojením a elektrickým rozpojením nie je **žiadne oneskorenie**, pretože pracujeme s nízkym napätím, kde nedochádza k horeniu elektrického oblúka.



Obr. 1 - Test nadprúdovej ochrany

Je taktiež vidieť, že úmerne s prúdom narastá aj napätie v dôsledku prechodového odporu VRO a silových vodičov. V praxi sme sa stretli s pojmom statický test, ktorý symbolizuje práve test tejto nadprúdovej ochrany.

4 Vplyv di/dt na rýchlosť rozopnutia VRO

Najviac skreslených informácií vzniká kvôli nesprávnemu výkladu ako vplýva strmota prúdu di/dt na rýchlosť rozopnutia VRO. Bolo nám prezentované, že vysokorýchlostný odpínač vypína nielen na základe nadprúdovej ochrany, ale aj na základe detekcie veľkej strmosti skratového prúdu.

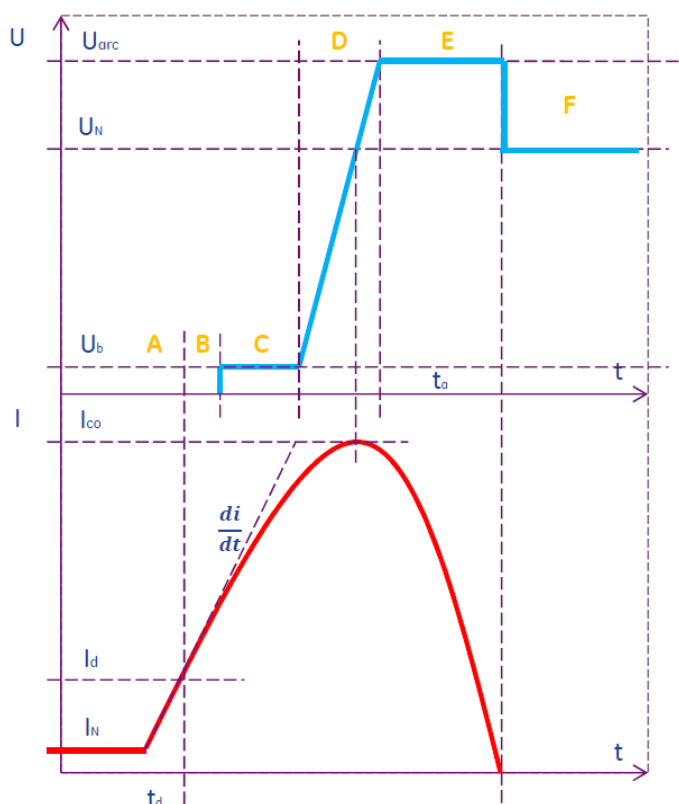
Presnejšie, ak je na VRO nastavená nadprúdová spúšť na 3500A a my do VRO vnútime prúd o strmosti napríklad **$di/dt = 1kA/ms$** , kde s prúdom pôjdeme **pod** hodnotu nastavenej nadprúdovej spúšte, tak VRO vypne aj tak. Dalo by sa to tak čakať, keďže napríklad VRO od firmy NOWA APENA má vo svojom katalógovom liste uvedenú strmost prúdu a čas vypnutia pri tejto strmosti ako je vidieť na obrázku nižšie.

8	Making capacity for overload currents	$\leq 70\%$ of release setting current
9	Rated short-circuit breaking capacity	see table 4
10	Opening time ($di/dt \geq 0,5$ kA/ms)	≤ 5 ms
11	Voltage of holding coil	
		with holding current stabilizer without holding current stabilizer

Obr. 2 - Katalógový list odpínača NOWA APENA BWS

My sme však vyvinuli strmosť 1kA/ms, čo je **dvojnásobná**, ale k žiadnemu vypnutiu **nedošlo**. K vypnutiu došlo až keď sme **prekročili** hodnotu nadprúdovej spúšte. Toto **správanie je správne**.

Samotný VRO nemá totiž žiadnu prídavnú elektroniku, ktorá by dokázala túto strmosť vyhodnotiť a dodať potrebnú externú silu na aktiváciu spúšte. Ak by mal totiž VRO vypnúť pred dosiahnutím prúdu **I_d** , tak tú silu potrebuje „niekde zobrať“, pretože sila závisí od prúdu a jeho veľkosti **a nie** jeho zmene v čase. Tak ako si teda tento riadok interpretovať?


Obr. 3 - Prechodový jav na VRO [Zdroj: General Electric]

Pre lepšiu predstavu uvádzame obr. č. 3, kde je zobrazený typický vypínací dej VRO pri skrate na trakčnom vedení.

Fáza A je čas, kým skratový prúd dosiahne hodnotu I_d . Je naznačené, že skratový prúd narastá strmosťou di/dt . V norme STN EN je to označené ako čas t_0 .

Fáza B ukazuje, že prúd narastá so strmosťou di/dt aj po dosiahnutí vypínacieho prúdu **I_d** . Keď sa tento prúd dosiahne, tak VRO „začína reagovať“. Čím väčšia strmosť bude,

tým kratšie bude fáza B trvať a naopak. Táto fáza zobrazuje mechanické oneskorenie kontaktov. Riadok na obrázku č.2 reprezentuje, že ak po dosiahnutí prúdu I_d bude prúd naďalej pokračovať so strmost'ou 0.5kA/ms , tak výrobca zaručuje rozpojenie kontaktov do 5ms ! V norme sa označuje ako čas t_i .

Ak bude strmost' menšia ako 0.5kA/ms , tak sa čas rozpojenia predĺži. Toto je celý význam slova „dynamika“ pri VRO.

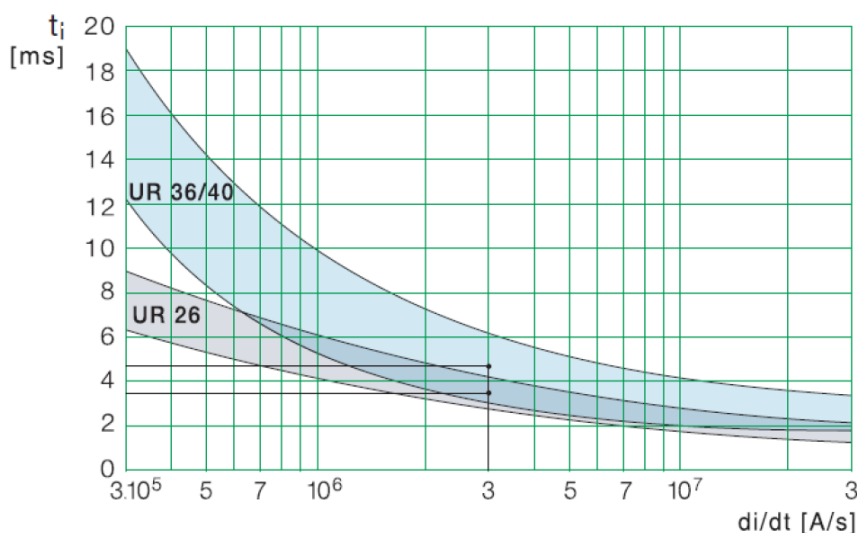
Fáza C popisuje malý el. oblúk medzi kontaktami a typické napätie U_b je od 100V do 200V . Typický čas je okolo 5ms .

Fáza D je tvorenie el. oblúka. Keď prúd dosiahne maximálnu hodnotu I_{CO} , tak napätie nadobudne hodnotu U_N . Za krátky čas dosiahne svoje maximum U_{ARC} . Toto napätie býva nižšie ako $2x U_N$.

Fáza E je čas potrebný na zhasenie el. oblúka a tento čas veľmi závisí od typu záťaže. Pri rezistívnej záťaži sa čas pohybuje pod 10ms a pri silne induktívnej záťaži to môže byť aj nad 150ms . V norme sú fázy C, D a E zlúčené do jednej časovej konštanty t_a .

Fáza F je regenerácia dielektrických vlastností VRO, ktoré symbolizuje, že napätie bude rovné $U_N \pm 10\%$.

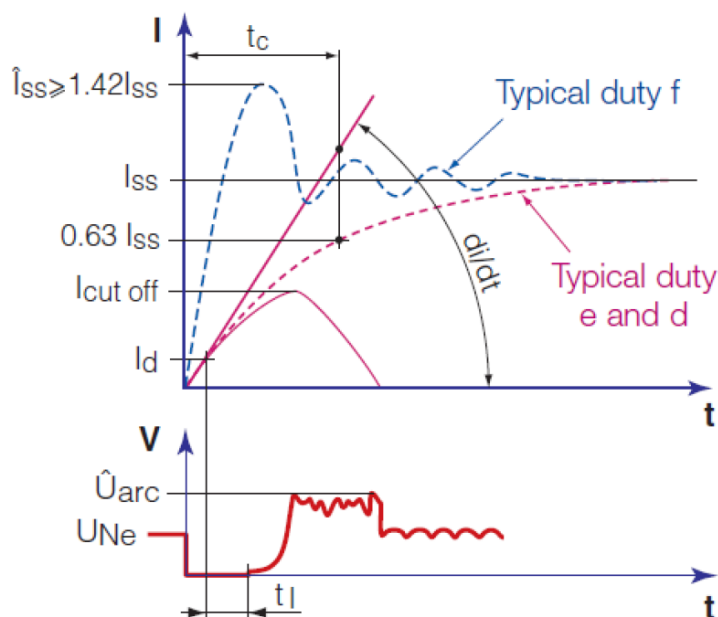
Firma Secheron vo svojej dokumentácii zobrazuje aj graf závislosti času rozpojenia kontaktov na di/dt pre jednotlivé typy VRO.



Obr. 4 - Závislosť konštanty t_i na di/dt

Podobný typ prechodového javu, kde je naznačená aj časová konštanta t_c je na obrázku č. 5. Trakčné vedenie sa popisuje „trakčnou konštantou“ T_{NC} a má dohodnuté konštanty **16ms, 31.5ms, 63ms**. Ak sa testuje pre konštantu trate **31.5ms**, tak skratový prúd $I_{ss} = 0.65I_{NSS}$ (I_{NSS} je menovitý skratový prúd trakcie) a časová konštanta RL obvodu, ktorý symbolizuje trakciu je $t_c = 0.65T_{NC}$.

Tieto konštanty sa pri samotnom teste nevyskytujú a sú uvedené len pre informáciu. Ich bližší popis je v norme STN EN 50123-1.



Obr. 5 - Prechodový dej pri skrate od firmy Secheron

5 Záver

Mali by sme sa dozvedieť o princípe fungovania vysokorychlostných DC odpínačov a rozlúsknuť záhadu slova „dynamika“, ktorá podľa nás vznikla pri používaní staršieho prístroja na testovanie VRO, ktoré bolo podľa nás zavádzajúce a v konečnom dôsledku fungovalo nesprávne. Dokázalo nastaviť správne nadprúdovú ochranu, ale nič iné ako „skontrolovať dynamiku“ nemohlo a nerobilo. Nami vyvinuté zariadenie túto historickú chybu odstraňuje a celý priebeh vypínacieho deja zaznamenáva do časovej závislosti napätia a prúdu.

Vypracoval: Ing. Ďurík, 2017