

Michal Špes, Ľubomír Beňa, Miroslav Mikita

Overenie činnosti digitálneho ochranného terminálu REF 615 s využitím testovacieho zariadenia ochrán CMC156

Tento článok popisuje digitálny ochranný terminál REF 615 a možnosti jeho testovania. Cieľom tejto práce je overenie nadprúdovej, nadpät'ovej a podpät'ovej ochrannej funkcie nepriamou metódou s využitím testovacieho zariadenia ochrán CMC 156. Okrem iného bude odprezentované využitie IED REF 615 spolu s jeho funkciami. V práci je vyhradený priestor aj pre popis jednotlivých metód testovania.

Kľúčové slová: IED REF 615, testovacie zariadenie ochrán, CMC 156, nepriama metóda, ochranné funkcie

I. ÚVOD

Prevádzková spoľahlivosť a bezpečnosť elektrizačnej sústavy (ES) závisí nie len od využitia najmodernejších technológií a poznatkov z oblasti riadenie ES ale vzhľadom k rýchlemu priebehu prechodných dejov a zamedzeniu negatívnych vplyvov porúch aj od správnej voľby ochranných terminálov [1].

Každé takéto zariadenie pred uvedením do prevádzky musí podliehať funkčnému a systémovému testovaniu už vo výrobe pričom sa overí funkčnosť a činnosť jednotlivých ochranných funkcií pre chránené zariadenie.

Výstupom takéhoto testovania je protokol, pričom musí obsahovať výsledky z testovania voči všetkým poruchovým stavom, ktoré môžu chránené zariadenie ohroziť.

II. MOŽNOSTI TESTOVANIA ELEKTRICKÝCH OCHRÁN A TERMINÁLOV

Pri testovaní elektrických ochrán a terminálov využívame dve metódy overenia činnosti:

- Nepriama metóda
- Priama metóda

Elektrické ochrany sa k chránenému objektu pripájajú cez prístrojové transformátory prúdu, kde na sekundárnych stranách prúdových transformátorov je prúd 5A alebo 1A a u prístrojových transformátoroch napätia 100 V. Tento fakt sa využíva pri testovaní nepriamou metódou, kedy elektrickú ochranu pripojíme k testovaciemu zariadeniu ochrán, ktorý sekundárne injektuje testovaciu hodnotu napätia a prúdu, pričom sledujeme reakciu ochrany.

Testovanie ochrán priamou metódou patrí medzi najdôležitejšie skúšky, kde overujeme funkčnosť celého zariadenia a zapojenia. Oproti nepriamej metóde vzniká základný rozdiel v testovaní. Prúd a napätie je privedený na primárnu stranu transformátorov. Táto metóda testovania je náročná, keďže prúd a napätie na primárnej strane musí odpovedať prevádzkovým hodnotám.

Touto metódou overujeme činnosť ochrán, správnosť zapojenia systému, správnosť pripojenia prístrojových transformátorov, vypínacie schopnosti ochrán.

III. DIGITÁLNY OCHRANNÝ TERMINÁL REF 615

Terminál REF 615 patrí medzi ochrany rozvodní, pričom môže byť použitý ako hlavná alebo záložná ochrana vonkajších vedení a káblových vývodov. Okrem iného vo svojej rade funkcií v rámci chránenia umožňuje ovládať a monitorovať chránenú rozvodňu [2].

Rad ochrán 615 je prístupný v týchto možných konfiguráciách:

- Konfigurácia A, B – nesmerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana pre izolované a rezonančné uzemnené distribučné siete
- Konfigurácia C, D – nesmerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana pre účinne alebo odporovo uzemnené distribučné siete
- Konfigurácia E – nesmerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana s meraním fázovej hodnoty napätia v izolovaných a rezonančne uzemnených distribučných sieťach
- Konfigurácia F – smerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana, nadpät'ová a podpät'ová ochrana
- Konfigurácia G – smerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana so vstupmi z prúdových a napät'ových senzorov
- Konfigurácia H – nesmerovaná nadprúdová a nesmerovaná zemná ochrana s ochrannými a meracími funkciami na báze merania fázového napätia a frekvencie spolu s kontrolou synchronizmu
- Konfigurácia J – smerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana s ochrannými a meracími funkciami na báze merania fázového napätia a frekvencie spolu s kontrolou synchronizmu
- Konfigurácia K – smerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana obmedzená vysokou impedanciou spolu s kontrolou synchronizmu, identifikáciou miesta poruchy
- Konfigurácia L – smerovaná nadprúdová a smerovaná zemná ochrana so vstupmi z prúdových a napät'ových senzorov s možnosťou identifikácie miesta poruchy
- Konfigurácia N – smerovaná a nesmerovaná nadprúdová a zemná ochrana spolu s kontrolou synchronizmu a identifikáciou miesta poruchy



Obr. 1. Digitálny ochranný terminál REF 615 [2]

IV. KONFIGURÁCIA A TESTOVANIE NADPRUDOVÝCH OCHRANNÝCH FUNKCIÍ

Samotná parametrizácia a konfigurácia ochranného terminálu REF 615 je možná s využitím programového rozhrania PCM600 alebo na prednom paneli tohto terminálu s využitím ovládacích tlačidiel.

Z pohľadu samotnej konfigurácie je nutné určiť aktívnu skupinu ochranných funkcií pričom k dispozícii sú skupiny 0 až 9. Konfigurácia funkcií jednej skupiny je nezávislá od konfigurácie druhej skupiny.

Pre overenie činnosti ochranného terminálu boli konfigurované nasledujúce nadprúdové funkcie a ich charakteristiky:

- Časovo závislá charakteristika (PHIPTOC1)
- Časovo nezávislá charakteristika (DPHHPDOC1, DPPLDOC1, DPPLDOC2)

Konfiguračné hodnoty jednotlivých ochranných funkcií sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

TABUĽKA I
Prehľad parametrov konfigurácie nadprúdových funkcií

Ochranná funkcia	Parametre	Nastavená hodnota
PHIPTOC1	Start value	6.I _N
	Operate delay time	20 ms
	Directional mode	Non directional
DPHHPDOC1	Start value	3,5.I _N
	Operate delay time	300 ms
	Directional mode	Non directional
DPPLDOC1	Start value	2,5.I _N
	Operate delay time	600 ms
	Directional mode	Non directional
DPPLDOC2	Start value	1,2.I _N
	Time multiplier	0,01s
	Directional mode	Non directional
	Operating curve type	IEC Normal inverse

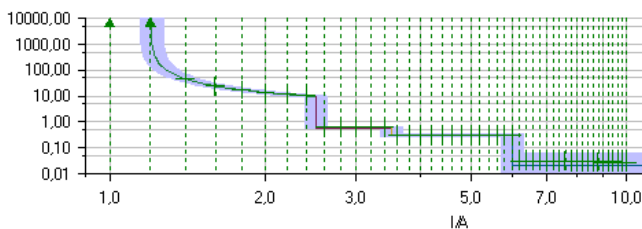
Samotne overenie činnosti terminálu spočíva v pripojení a konfigurácii testovacieho zariadenia ochrán CMC 156, kde zadávame rovnaké konfiguračné parametre ako pre IED REF 615.

Okrem iného je nutné nastaviť dovolenú toleranciu prúdu (0,05A) a času (0,04s). V samotnom testovaní boli zadávané kroky pri ktorých došlo k zmene injektovaného prúdu v rozsahu od 1A do 10A.

Výsledná charakteristika chránenia spolu s vyneseními testovacími bodmi je na nasledujúcom obrázku. V tabuľke č. II sú vypísané jednotlivé testované body spolu s vypínacím časom terminálu. Čas reakcie terminálu je vyhodnotený testovacím zariadením buď ako passed alebo failed.

TABUĽKA II
Prehľad bodov testovania a výsledkov

Typ	Amplitúda	t _{nom}	t _{min}	t _{max}	Výsledok
L1-E	1,0 A	No trip	No trip	No trip	Passed
L1-E	1,2 A	No trip	136,23 s	No trip	Passed
L1-E	1,4 A	45,34 s	32,70 s	71,38 s	Passed
L1-E	1,6 A	24,26 s	19,70 s	31,02 s	Passed
L1-E	2,0 A	17,19 s	14,57 s	20,68 s	Passed
L1-E	2,2 A	13,63 s	11,82 s	15,92 s	Passed
L1-E	2,4 A	11,48 s	10,09 s	13,17 s	Passed
L1-E	2,6 A	10,03 s	0,56 s	11,38 s	Passed
L1-E	2,8 A	0,60 s	0,56 s	10,11 s	Passed
L1-E	3,0 A	0,60 s	0,56 s	0,64 s	Passed
L1-E	3,2 A	0,60 s	0,56 s	0,64 s	Passed
L1-E	3,4 A	0,60 s	0,56 s	0,64 s	Passed
L1-E	3,6 A	0,60 s	0,26 s	0,64 s	Passed
L1-E	3,8 A	0,30 s	0,26 s	0,64 s	Passed
L1-E	4,0 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	4,2 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	4,4 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	4,6 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	4,8 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	5,0 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	5,2 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	5,4 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	5,6 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	5,8 A	0,30 s	0,26 s	0,34 s	Passed
L1-E	6,0 A	0,30 s	0,00 s	0,34 s	Passed
L1-E	6,2 A	0,02 s	0,00 s	0,34 s	Passed
L1-E	6,4 A	0,02 s	0,00 s	0,34 s	Passed
L1-E	6,6 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	6,8 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	7,0 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	7,2 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	7,4 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	7,6 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	7,8 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	8,0 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	8,2 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	8,4 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	8,6 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	8,8 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	9,0 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	9,2 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	9,4 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	9,6 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	9,8 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed
L1-E	10,0 A	0,02 s	0,00 s	0,06 s	Passed



Obr. 2. Nadprúdová charakteristika

V. KONFIGURÁCIA A TESTOVANIE NADPÄŤOVEJ A PODPÄŤOVEJ OCHRANNEJ FUNKCIE

Pre overenie nadpät'ovej a podpät'ovej ochrannnej funkcie boli nakonfigurované funkcie PHPTOV a PHPTUV, ktorých konfiguračné hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

TABUĽKA III

Prehľad parametrov konfigurácie nadpät'ovej a podpät'ovej ochrannnej funkcie

Ochranné funkcie	Parametre	Nastavená hodnota
PHPTOV	Start value	$1,1 \cdot U_N$
	Time multiplier	0,7
	Operate delay time	40 ms
	Num. of start phases	3 out of 3
PHPTUV	Start value	$0,9 \cdot U_N$
	Time multiplier	1
	Operate delay time	60 ms
	Num. of start phases	3 out of 3

Pre testovanie týchto ochranných funkcií bol v testovacom prostredí TEST UNIVERSE zvolený modul *Ramping*.

Samotné testovanie pozostávalo z dvoch častí. V prvej časti (*State 1*) bol nastavený pokles napätia z hodnoty 100 V na 50 V s krokom 100 mV v čase 1 V/s.

V druhej časti (*State 2*) bol prednastavený nárast hodnoty napätia z 50 V až do maximálnej hodnoty 115 V.

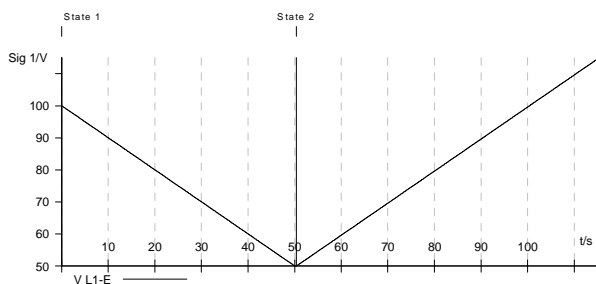
TABUĽKA IV
Prehľad simulovaných stavov

	Počiatková hodnota (V)	Konečná hodnota (V)	Krok (mV)	Čas (ms)	Počet krokov	Čas testovania (s)
State 1	100	50	100	100	501	50,1
State 2	50	115	100	100	651	65,1

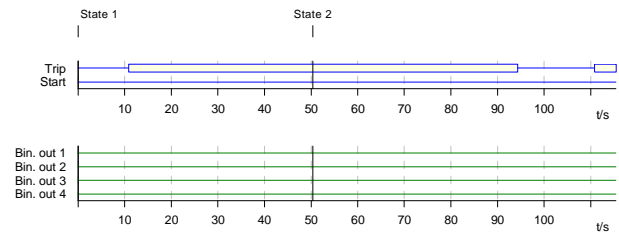
Z obrázka č. 3 je možné sledovať priebeh testovania pri nastavenom poklese (*State 1*). Pri hodnote napätia 89,3 V ochranný terminál vyhodnotil tento stav ako poruchu a zapôsobil, čo môžeme sledovať na obrázku č. 4. Terminál pôsobil vo všetkých 501 bodoch testovania.

V druhej časti testovania (*State 2*) hodnota injektovaného napätia narastala pričom až do hodnoty 93,9 V pôsobila podpät'ová ochranná funkcia *PHPTUV*.

V rozpätí injektovaného napätia 94 V až 110 V terminál nepôsobil. Pri hodnote napätia $U_{test} = 110,4$ V došlo k zapôsobeniu nadpät'ovej ochrannnej funkcie *PHPTOV*.



Obr. 3 Priebeh injektovaného napätia



Obr. 4 Pôsobenia ochranných funkcií PHPTUV a PHPTOV

TABUĽKA V

Výsledky vypínacích časov ochrannnej funkcie PHPTUV

Cursor Data

	Time	Signal	Value
Cursor 1	94,26 s	V L1-E	93,90 V
Cursor 2	10,77 s	V L1-E	89,30 V
C2 - C1	-83,49 s	V L1-E-V L1-E	-4,60 V

TABUĽKA VI

Výsledky vypínacích časov ochrannnej funkcie PHPTOV

Cursor Data

	Time	Signal	Value
Cursor 1	115,4 s	V L1-E	115,00 V
Cursor 2	110,8 s	V L1-E	110,40 V
C2 - C1	-4,640 s	V L1-E-V L1-E	-4,60 V

VI. ZÁVER

Pred nasadením ochranných terminálov do prevádzky, ktoré sú inštalované v rozvádzačoch ako funkčné celky pre chránenie generátorov, rozvodní a ich vývodov je nutné vzhľadom k dôležitosti a prevádzkovej spoľahlivosti jednotlivých častí elektrizačnej sústavy funkčné a systémové testovanie týchto ochranných zariadení. Danému testovaniu zodpovedá aj overenie činnosti ochrán a terminálov nepriamou metódou s využitím testovacieho zariadenia ochrán CMC156.

Cieľom tohto článku je poukázať na spôsoby testovania terminálov v závislosti, či sa jedná o poruchu pri ktorej dôjde k zmene meranej veličiny, prúdu alebo napätia.

Výsledkom obdobného testovania je protokol, ktorý podáva jasnú a presnú informáciu o správnej činnosti ochranných terminálov.

POĎAKOVANIE

Túto vedeckú prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied grantom VEGA č. 1/0388/13.

LITERATÚRA

- [1] M. Kolcun, V. Griger, L. Beňa, J. Rusnák, "Prevádzka elektrizačnej sústavy," Košice, 2007. ISBN 978-80-8073-837-2
- [2] ABB, "Product Guide, Feeder Protection and Control REF615". [Online].
<https://library.e.abb.com/public/60d26db8e93bea5dc1257b2f0054c2d6/REF615_pg_756379_ENI.pdf>

- [3] V. Chladný, F. Janíček, A. Belaň, "Digitálne ochrany v elektrizačných sústavách," Košice, 2003. ISBN 80-89061-73-7

ADRESY AUTOROV

Ing. Michal Špes, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,
Michal.Spes@tuke.sk

doc. Ing. Ľubomír Beňa, PhD., Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,
Lubomir.Bena@tuke.sk

Ing. Miroslav Mikita, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,
Miroslav.Mikita@tuke.sk