

**СЪГЛАСУВАНЕ НАСТРОЙКИТЕ НА МАКСИМАЛНОТОКОВИ
ЗАЩИТИ НА ИЗВОДИ И СЕКЦИОННИ ПРЕКЪСВАЧИ В
ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ СРЕДНО НАПРЕЖЕНИЕ****COORDINATING OF THE SETTINGS OF POWER LINES OVERCURRENT
RELAY PROTECTION AND BUS BREAKERS IN MEDIUM VOLTAGE
ELECTRICAL NETWORKS**

Mediha Mehmed-Hamza
Technical University of Varna
mediha.hamza@tu-varna.bg

Abstract

The harmonization of the settings of the relay protection of the equipment is crucial for the selective operation of the protection and the reliable operation of the electric power network.. For the protection of the equipment of medium voltage electric networks from phase to phase faults, overcurrent relay protection and instantaneous overcurrent relay are used.

In cases where it is necessary to use a section or bus circuit breaker protection, in determining the setting, it is necessary to coordinate with the setting of the protection of the terminals to this section (bus). The publication defines the settings for overcurrent protection of medium voltage terminals and section or bus breakers, subject to the requirements for selectivity and sensitivity of the protection.

Keywords: overcurrent relay protection, medium voltage networks, selectivity relay protection, sensitivity relay protection

ВЪВЕДЕНИЕ

За защита на съоръженията в електрически мрежи средно напрежение най-често се използват максималнотокова защита, стъпална токова защита, токова отсечка и земна защита. За защита от междуфазни повреди на изводите средно напрежение се използват максималнотокова защита, токова отсечка или стъпална токова защита [1, 2, 3, 4, 5]. Защити на секционен или шиносъединителен прекъсвач са необходими, ако е приета схема на захранване, при която изводите се захранват от две секции/шини. Към едната шина/секция са свързани изводите, изискващи по-висока сигурност на електрозахранване, а към другата шина/секция през секционен или шиносъединителен прекъсвач са фиксирани останалите изводи. За защита на секционните и шиносъединителните прекъсвачи в уредби 20 kV се използват максималнотокова защита при междуфазни повреди и земна защита при земни съединения [6].

За правилното действие на релейните защити определящи фактори са коректното изчисляване на настройките на защитите и съгласуването на действието между защитите на отделните съоръжения в електрическата мрежа средно напрежение.

Целта на публикацията е да се изведат условията и да се съгласуват настройките на максималнотокови защити на изводи и секционни прекъсвачи в електрически мрежи средно напрежение, като са изпълнени изискванията за селективност и чувствителност на защитите.

ИЗЧИСЛИТЕЛНИ УСЛОВИЯ

Настройката на максималнотокова защита обхваща изчисляване на тока на зареждане, времето на зареждане и коефициента на чувствителност на защитата.

Максималнотокова защита на изводи

Настройката по ток се определя от максималния работен ток на електропровода по [1, 2, 3, 4, 5]:

$$I_{33} = \frac{K_c \cdot K_{cn} \cdot I_{\text{раб max}}}{K_{\text{ер}}}, A \quad (1)$$

където: K_c - коефициент на сигурност, $K_{\text{ер}}$ - коефициент на връщане, K_{cn} - коефициент на самопускане на електрическите двигатели; $I_{\text{раб max}}$ - максималния работен ток в А.

Стойностите на коефициентите при използване на цифрови релейни защиты са: $K_c=1,1$, $K_{\text{ер}}=0,95$ и $K_{\text{сп}}=1 \div 5$, а при електромеханични релейни защиты са $K_c=1,2 \div 1,4$, $K_{\text{ер}}=0,85$ и $K_{\text{сп}}=1 \div 5$.

В [6] при определяне на първичния ток на заработване е необходимо защитата да е отстроена спрямо най-малкия от допустимите токове на съоръженията, монтирани в изводните килии, както и на проводниците на въздушната линия и жилата на силовия кабел. Необходимо е да се провери и отстройката от максималния възможен работен ток на извода, като се отчитат отклоненията от нормалната схема, т.е. промяната на електрическия товар при аварийни схеми на захранване [6]. Тогава настройката по ток на МТЗ се определя по (2), а се проверява по (1).

$$I_{33} = \frac{K_c \cdot I_{\text{дон}}}{K_{\text{ер}}}, A \quad (2)$$

където $I_{\text{дон}}$ е допустимия ток на съоръженията, монтирани в изводните килии или на проводниците на въздушната линия и жилата на силовия кабел.

При максималнотоковите защиты изискването за селективност на защитата се изпълнява с настройката по време. Времето на заработване на защитата се определя по [1, 2, 3, 4, 5, 6]:

$$t_{33\text{MT3n}} = t_{33\text{MT3n-1}} + \Delta t \quad (3)$$

където $t_{33\text{MT3n-1}}$ е времето на заработване на предходната защита, а $\Delta t=0,3 \div 0,5$ s - степен на селективност.

Чувствителността на защитата се проверява с коефициент на чувствителност $K_{\text{ч}}$ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] по:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{kc min}}^{(2)}}{I_{33}} \geq 1,5, \quad (4)$$

където $I_{\text{kc min}}^{(2)}$ е разчетният ток при двуфазно късо съединение в края на защитавания електропровод при минимален режим на работа на захранващия източник.

Максималнотокова защита на секционни прекъсвачи

Настройката на максималнотокова защита по ток се определя от най-големия ток на настройка на изводите към захранваната секция/шина и се проверява отстройката от максималния възможен работен ток на потребителите, свързани към нея [6].

$$I_{33} = K_c \cdot I_{33\text{max изв}}, A \quad (5)$$

където $I_{33\text{max изв}}$ е максималния ток на настройка на изводите към захранваната секция (шина), $K_c \geq 1,2$ за електромеханични релейни защиты (ЕМРЗ) и 1,1 за цифрови релейни защиты (ЦРЗ).

По формула (5) се прави проверката:

$$I_{33} = \frac{K_c \cdot I_{\text{раб max}}}{K_{\text{ер}}}, A \quad (6)$$

където $K_c=1,2$ и $K_{\text{ер}}=0,95$ за ЕМРЗ, а за ЦРЗ съответно са 1,1 и 0,95.

Времето на заработване на защитата се съгласува с времето на заработване на МТЗ на изводите, захранвани от съответния секционен или шиносъединителен прекъсвач, със степен $\Delta t=0,4 \div 0,5$ s за ЕМРЗ и 0,3 s за ЦРЗ.

$$t_{33} = t_{33\text{max изв}} + \Delta t, s \quad (7)$$

Чувствителността на защитата се определя при двуфазно късо съединение ($I_{\text{kc, min}}^{(2)}$) на секцията в минимален режим [6]:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{kc, min}}^{(2)}}{I_{33}} \geq 1,5 \quad (8)$$

В случай, че се променя посоката на захранване, това трябва да се има предвид при определяне на настройката на защитата. Посочно действие на защитата не се изисква [6].

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

При изчисляване на първичния ток на заработване на максималнотова защита на изводите определящ е максималният работен

ток или минималният допустим ток на съоръженията по формули (1) и (2).

Минималният ток при двуфазно късо съединение в края на извода, при който се изпълнява изискването за чувствителност на защитата, може да се определи от формула (4):

$$I_{kc\min}^{(2)} \geq 1,5 \cdot I_{зз} \quad (9)$$

В таблица 1 са представени резултати за ток на заработване на максималнотокова защита на изводи средно напрежение в зависимост от големината на максималния работен ток или допустимия ток на съоръженията и необходимата минималната стойност на тока на двуфазно късо съединение в края на извода, за да бъдат изпълнени изискванията за селективност и чувствителност на защитата. Резултатите в таблица 1 се отнасят при настройка на максималнотокова защита с електромеханични релета.

Таблица 1

$I_{\text{рабmax}}$	$I_{зз}, \text{A}$		$I_{\text{kcmin}}^{(2)}, \text{A}$	
	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$
50	71	353	106	529
100	141	706	212	1059
150	212	1059	318	1588
200	282	1412	424	2118
250	353	1765	529	2647
300	424	2118	635	3176
350	494	2471	741	3706
400	565	2824	847	4235

В таблица 2 са представени резултатите при използване на цифрова релейна защита за изводи средно напрежение.

Таблица 2

$I_{\text{рабmax}}$	$I_{зз}, \text{A}$		$I_{\text{kcmin}}^{(2)}, \text{A}$	
	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$
50	58	289	87	434
100	116	579	174	868
150	174	868	261	1303
200	232	1158	347	1737
250	289	1447	434	2171
300	347	1737	521	2605
350	405	2026	608	3039
400	463	2316	695	3474

Настройката на максималнотокова защита на секционен прекъсвач се определя по формули (5) и (6). Използвайки получените резултати за ток на заработване на максималнотоковата защита, може да се определи и токът на заработване на максималнотоковата защита на секционния прекъсвач ($I_{ззQ}$).

В таблица 3 са представени резултатите за изчисления ток на заработване на максималнотокова защита на секционен прекъсвач при използване на електромеханични релета, а в таблица 4 за цифрови релейни защиты.

Таблица 3

$I_{зз\text{махизв}}, \text{A}$		$I_{ззQ}, \text{A}$	
$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$
71	353	85	424
141	706	169	847
212	1059	254	1271
282	1412	339	1694
353	1765	424	2118
424	2118	508	2541
494	2471	593	2965
565	2824	678	3388

Таблица 4

$I_{зз\text{махизв}}, \text{A}$		$I_{ззQ}, \text{A}$	
$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$	$K_{\text{сп}}=1$	$K_{\text{сп}}=5$
58	289	64	318
116	579	127	637
174	868	191	955
232	1158	255	1274
289	1447	318	1592
347	1737	382	1911
405	2026	446	2229
463	2316	509	2547

От изискването коефициента на чувствителност да е по голям от 1,5, се определя и минималният ток при двуфазно късо съединение $I_{kc,\min}^{(2)}$ на секцията (шинната система) от формула (7).

В таблица 5 са показани резултатите за минималните стойности на тока на късо съединение, при които се изпълнява изискването за коефициент на чувствителност по-голям от 1,5 в зависимост от настройката на максималнотоковата защита

на секционния прекъсвач. Резултатите са при използване на електромеханични реле-та. В таблица 6 са представени резултатите при използване на цифрова релейна защита.

Таблица 5

I_{33Q}, A		$I_{кcmin}^{(2)}, A$	
$K_{сп}=1$	$K_{сп}=5$	$K_{сп}=1$	$K_{сп}=5$
85	424	127	635
169	847	254	1271
254	1271	381	1906
339	1694	508	2541
424	2118	635	3176
508	2541	762	3812
593	2965	889	4447
678	3388	1016	5082

Таблица 6

I_{33Q}, A		$I_{кcmin}^{(2)}, A$	
$K_{сп}=1$	$K_{сп}=5$	$K_{сп}=1$	$K_{сп}=5$
64	318	96	478
127	637	191	955
191	955	287	1433
255	1274	382	1911
318	1592	478	2388
382	1911	573	2866
446	2229	669	3343
509	2547	764	3821

Съгласуването на настройките на максималнотоковите защиты на изводите и секционен/шинен прекъсвач е задължително условие за селективното действие на защитите. При използване на цифрови релейни защиты настройката по ток на максималнотоковата защита на извод и на секционен прекъсвач е с по-ниски стойности в сравнение с електромеханичните защиты.

С така определените минимални стойности на тока на двуфазно късо съединение в края се изпълнява изискването за чувствителност на максималнотоковата защита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изведени са условията, при които максималнотоковата защита на секционен (шинен) прекъсвач и на извод средно напрежение са със селективно действие.

Изчислени са минималните стойности на тока на късо съединение, при които максималнотоковите защиты секционен (шинен) прекъсвач и на извод средно напрежение изпълняват изискването за чувствителност.

Получените резултати за настройка на релейните защиты на секционен (шинен) прекъсвач и извод средно напрежение могат да бъдат използвани при определяне настройките на защитите в практиката.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] St. Andreev, Relay Protection, Varna, 2005.
- [2] N. A. Avramov, Base of Relay Protection, Sofia, Tehnika, 1986.
- [3] M. Berkovich, V.A. Semenov. Fundamentals of technology and operation of relay protection. Moscow, Energy, 1971
- [4] S. Vichev, A. Todorova et al, Energy Directory. Sofia, ABS Engineering, vol. 4, 1998
- [5] A. M. Fedoseev, Relay Protection of the Electric Power Systems. Moscow, Energy, 1976
- [6] Instruction for organization of relay protections and calculation of their settings in the medium voltage distribution networks of "ESO" TSO EAD Bulgaria
- [7] Ordinance № 3 regarding the construction of electrical switchyards, switch-gears and power lines, State Gazette, issue 90 and 91/2004, issue 108/2007 and 92/2013 (amendment and supplement). Available from <http://www.gli.government.bg/page.php?c=34&page=8> (in Bulgarian).
- [8] Ordinance № 16-116 for the technical operation of energy equipment of 8 February 2008. Available from <http://www.gli.government.bg/page.php?c=34&page=8>. (in Bulgarian)