

**ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЗЕМНИ СЪЕДИНЕНИЯ В
ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ СРЕДНО НАПРЕЖЕНИЕ СЪС ЗАЗЕМЕНА
НЕУТРАЛА ПРИ РАЗЛИЧЕН КАПАЦИТИВЕН ТОК****RESEARCH AND ANALYSIS OF EARTH FAULTS IN MEDIUM VOLTAGE
POWER NETWORKS WITH EARTHED NEUTRAL AT DIFFERENT
CAPACITIVE CURRENT**

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

Plamen Stanchev
Technical University of Varna
p.stanchev@tu-varna.bg

Abstract

For medium voltage electrical power networks with a grounded neutral through active resistance, the regime parameters for single-phase earth faults are investigated and analyzed. Simulated models have been made for the studied medium voltage power grids. The studies were performed for electrical networks with predominant share of the cable lines. The multiplicity and duration of the overvoltages of the undamaged phases in transient mode, the magnitude and duration of the transient process of the earth fault current, the multiplicity of the overvoltage in the neutral, the maximum and the established value of the voltage in the neutral of medium voltage are calculated.

Keywords: neutral, medium voltage power networks, single-phase earth faults, overvoltages

ВЪВЕДЕНИЕ

Режимът на работа на неутралата в електрически мрежи средно напрежение се избира в зависимост от това дали мрежата е с въздушни, кабелни електропроводи, или смесена и от големината на тока на земно съединение. Заземяването на звездния център е необходимо, когато капацитивния ток при земно съединение е по-голям от 10А, според нормативните ни изисквания [1, 2].

За въздушни мрежи заземяването на неутралата е през дъгогасителен реактор или комбинирано (дъгогасителен реактор и активно съпротивление). За кабелни мрежи заземяването на неутралата на страна средно напрежение е през активно съпротивление. При смесени мрежи заземяването на звездния център е през активно съпротивление, когато кабелната част е по-голяма от 40 % от общата дължина на мрежата, и комбинирано, когато кабелната част от мрежата е по-малка от 40 % [1, 2].

Целта на публикацията е да се изследват и да се анализират режимните параметри при земни съединения в електрически мре-

жи средно напрежение с по голям капацитивен ток и с неутрала, заземена през активно съпротивление.

През последните години с разрастването на градските електрически мрежи средно напрежение се увеличава дължината на кабелните изводи, което води до значително увеличаване на капацитивния ток в тези мрежи.

Разгледани са три електрически мрежи 20 kV с капацитивен ток 200 А, 250 А и 300А. Моделната схема на изследваните електрически мрежи и изследванията за изменението на режимните параметри са направени в програмна среда Matlab Simulink. Използвани са стандартни блокове на програмния продукт и допълнителни модули [3, 4, 5, 6].

За изследваните електрически мрежи се използва захранващ силов трансформатор с номинална мощност 25 MVA [7, 8, 9, 10].

За оценка на изолационното натоварване на съоръженията са изчислени кратностите на пренапреженията на неповредените фази (K_{np}) и в неутралата ($K_{np,нетр}$) за преходния

режим по (1) и (2):

$$K_{np} = \frac{u_{max}}{19600} \text{ p.u} \quad (1)$$

$$1 \text{ p.u} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{max}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 24000}{\sqrt{3}} = 19,6 \text{ kV};$$

$$K_{np,неутр} = \frac{u_{max,неутр}}{19600} \text{ p.u} \quad (2)$$

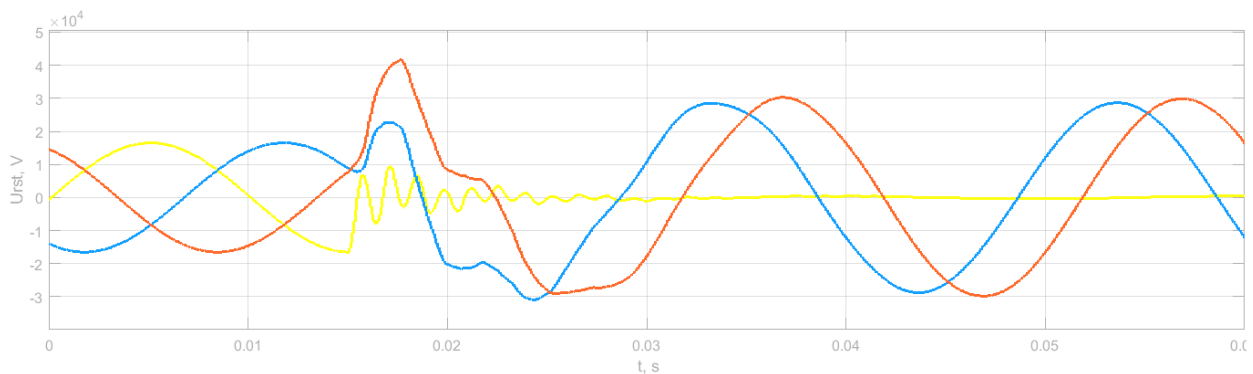
където U_{max} е максимално работно напрежение на електрическата мрежа 20 kVeff, u_{max} и $u_{max,неутр}$ са максимални моментни стойности на напреженията в неповредените фази и неутралата в преходния режим при земно съединение.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

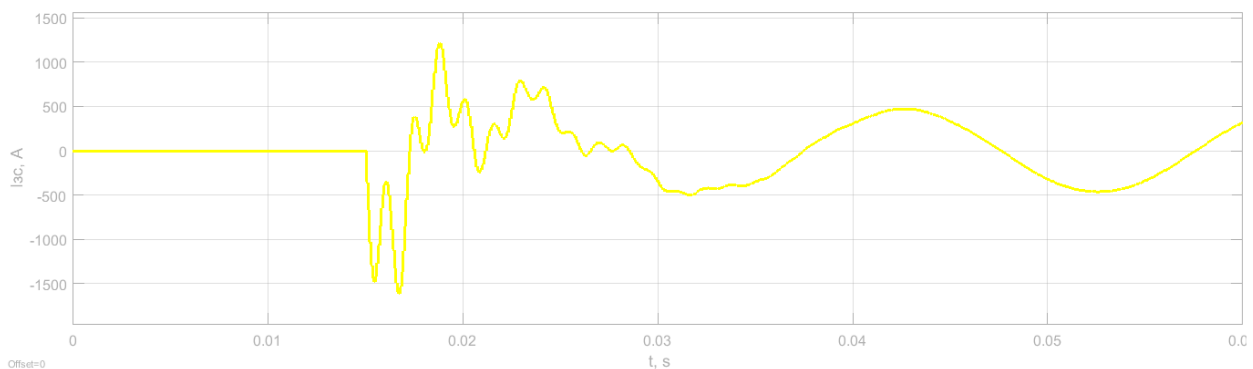
За изследваните електрически мрежи са получени резултати за изменението на фазните напрежения, напрежението в неутралата и ток на земно съединение при изход-

На фиг. 1 е представено изменението на фазните напрежения при метално земно съединение, възникващо в 0,015 s, а на фиг.2 е показано изменението на тока на земно съединение.

В таблица 1 са представени получените резултати за кратността на пренапреженията в неповредените фази (K_{np}), максималното фазно напрежение в преходния режим ($u_{max,фазно}$), времето на затихване на преходния процес ($t_{зат,U}$), максималната стойност на тока на земно съединение ($i_{max,зс}$), ефективната стойност в установен режим на тока на земно съединение ($I_{зс,уст}$), времето на затихване на преходния процес на тока на земно съединение ($t_{зат,Iзс}$), кратност на пренапрежението в неутралата ($K_{np,неутр}$), максималната стойност на пренапрежението в неутралата ($u_{max,неутр}$), и установеното напрежение в неутралата ($U_{неутр,уст}$). Резултатите в та-



Фиг. 1. Изменение на фазните напрежения при метално земно съединение



Фиг. 2. Изменение на тока на земно съединение

ни условия:

- захранващо напрежение 20 kV и 21 kV;
- метално земно съединение;
- земно съединение, възникващо при максимална и минимална стойност на захранващото напрежение;

блица 1 се отнасят за електрическа мрежа с капацитивен ток 200 А.

В таблица 2 са представени получените резултати за електрическа мрежа с капацитивен ток 250 А, а в таблица 3 - за изследваната мрежа с капацитивен ток 300А.

Обобщените резултати за кратността на пренапреженията в неповредите фази при метално земно съединение в изследваните електрически мрежи са представени в таблица 4.

Обобщените резултати за кратността на пренапрежението в неуталата при метално земно съединение в изследваните електрически мрежи са представени в таблица 5.

За изследваните електрически мрежи кратността на пренапрежението на неповредените фази се изменя от 1,6 до 2,25 р.и. По-голяма кратност имат пренапреженията при възникване на земно съединение при максимална стойност на напрежението, както и при по-високо захранващо на-

прежение.

Кратността на пренапрежението в неутралата се изменя от 0,64 до 0,89 р.и.

Времето за затихване на преходния процес на фазните напрежения при метално земно съединение е много кратко и се изменя от 0,005 s до 0,019 s.

Времето за затихване на преходния процес на тока на земно съединение при метално земно съединение се изменя от 0,004 s до 0,027 s. В преходния режим максималните моментни стойности на тока на земно съединение достигат високи стойности до 1541 А, които многократно превишават установения ток на земно съединение. Тези стойности обуславят необходимостта при

Таблица 1

EM	U=21	K _{пр}	u _{max,фазно}	t _{зат,U}	i _{max,зс}	I _{зс,уст}	t _{зат,Iзс}	K _{пр,неутр}	u _{max,неутр}	U _{неутр,уст}
	kV	-	KV	s	A	A	s	-	kV	kV
I _c =200A	φ=0	1,633	32,00	0,0043	429,02	300,87	0,0036	0,64	12,59	8,77
	φ=90	2,217	43,46	0,0096	999,28	300,87	0,0188	0,89	17,46	8,77

Таблица 2

EM	U=21	K _{пр}	u _{max,фазно}	t _{зат,U}	i _{max,зс}	I _{зс,уст}	t _{зат,Iзс}	K _{пр,неутр}	u _{max,неутр}	U _{неутр,уст}
	kV	-	KV	s	A	A	s	-	kV	kV
I _c =250A	φ=0	1,661	32,56	0,0046	484,48	342,58	0,0227	0,680	13,33	8,89
	φ=90	2,249	44,07	0,0186	1296,05	342,58	0,0174	0,891	17,46	8,89

Таблица 3

EM	U=21	K _{пр}	u _{max,фазно}	t _{зат,U}	i _{max,зс}	I _{зс,уст}	t _{зат,Iзс}	K _{пр,неутр}	u _{max,неутр}	U _{неутр,уст}
	kV	-	KV	s	A	A	s	-	kV	kV
I _c =300A	φ=0	1,677	32,88	0,0136	591,65	385,78	0,0124	0,713	13,97	9,00
	φ=90	2,250	44,10	0,0194	1540,86	385,78	0,0269	0,883	17,31	9,00

Таблица 4

EM с I _c =200A			EM с I _c =250A			EM с I _c =300A		
U=20kV	U=21kV		U=20kV	U=21kV		U=20kV	U=21kV	
φ=90	φ=0	φ=90	φ=90	φ=0	φ=90	φ=90	φ=0	φ=90
2,099	1,633	2,217	2,123	1,661	2,249	2,137	1,677	2,250

Таблица 5

EM с I _c =200A			EM с I _c =250A			EM с I _c =300A		
U=20kV	U=21kV		U=20kV	U=21kV		U=20kV	U=21kV	
φ=90	φ=0	φ=90	φ=90	φ=0	φ=90	φ=90	φ=0	φ=90
0,876	0,642	0,891	0,880	0,680	0,891	0,870	0,713	0,883

настройката на земната защита използването на коефициент, чрез който да се отстрои тока на зареждане от тока на земно съединение в преходен режим. Продължителността на преходния режим на тока на земно съединение за изследваните мрежи е до 0,027 s, което определя, че при защити с време на зареждане в порядъка на два, три периода могат да се използват по-ниски стойности на ударния коефициент.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати относно големината на тока на земно съединение и продължителността на преходния процес могат да бъдат използвани при определяне на настройките на земните защити.

Получените резултати относно изменението на режимните параметри и кратността на пренапреженията на неповредените фази и в неутралата при електрически мрежи със заземен през активно съпротивление звезден център могат да бъдат използвани при анализ за заземяването на неутралата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 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).
- [2] 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)
- [3] M. Vasileva, N. Velikova, Yordan Ivanov D. Stanchev, "Limiting of lightning overvoltages in the electrical substations 110kV", ICEST 24-26 June 2015, Sofia, Bulgaria.
- [4] A. Cerretti, F. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. MacCioni, G. Valtorta. „Ground fault temporary overvoltages in MV networks: Evaluation and experimental tests“. IEEE Transactions on Power Delivery, (2012), 27(3), 1592-1600. doi:10.1109/TPWRD.2012.2192456.
- [5] R. Dimitrova, M. Vasileva, M. Yordanova, M. Ivanova, „Simulation Model of Unsymmetrically - Shaped Grounding Grids for Investigation of the Touch Voltages during Lightning Stroke“, 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, DOI: 10.1109/SIELA.2018.8447111, Electronic ISBN: 978-1-5386-3419-6.
- [6] M. Yordanova, M. Vasileva, R. Dimitrova, M. Ivanova, „A Methodology for Determining the Maximum Touch Voltage in the Grounding Grids Considering the Impulse Resistance“, 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2016, DOI: 10.1109/SIELA.2016.7543067, Electronic ISBN: 978-1-4673-9522-9.
- [7] E. Panov, E. Barudov, M. Ivanova, „Exploration of the Electric Processes in Discrete Alternating Step-Voltage Regulators“, 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, DOI: 10.1109/SIELA.2018.8447122, Electronic ISBN: 978-1-5386-3419-6.
- [8] E. Panov, and M. Yordanova, "Investigations of the possibilities of using abbreviated methodology for determining separation distances for external lightning protection system," In: Proceedings of XVIIIth International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2014, 29-31 May 2014, Bourgas, Bulgaria, pp. 161-163
- [9] N. Petkova, V. Mladenov, A. Tsolov, P. Nakov, G. Bozukov, „Study and analysis of systems for monitoring in power substations“. Paper presented at the Recent Researches in System Science - Proceedings of the 15th WSEAS International Conference on Systems 2012, Part of the 15th WSEAS CSCC Multiconference, 402-404. Retrieved from www.scopus.com
- [10] N. Petkova, P. Nakov, V. Mladenov, „Real time monitoring of incipient faults in power transformer“. Energy Systems, 2016, 221-240. doi:10.1007/978-3-662-49434-9_9