

DOI: □ <https://doi.org/10.15407/techned2019.02.063>

УДК 621.314.222.68

**ВИЯВЛЕННЯ В ОНЛАЙН РЕЖИМІ НАСИЧЕННЯ МАГНІТОПРОВІДІВ
ВИСОКОВОЛЬТНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТРИФАЗНИХ ПЕРВИННИХ
ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ У ПЕРЕХІДНИХ
РЕЖИМАХ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавець	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 2, 2019 (березень/квітень)
Сторінки	63 – 71

Автори**В.І. Паньків, Є.М. Танкевич***, докт.техн.наук

Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,

e-mail: pankiv.volodimir@gmail.com* ORCID ID : <http://orcid.org/0000-0002-0869-4049>

Визначено характеристики відомих методів виявлення насичення магнітопроводів трансформаторів струму (ТС), поняття показника насичення та його порогового значення. Подано опис математичної моделі (ММ) трифазного первинного вимірювального каналу (ПВК) струму, що складається з моделі групи фазних ТС, кожен з яких представлений ММ, побудованою на основі теорії феромагнітного гістерезису Джайлса-Атертона і програмного забезпечення цифрової обробки та аналізу сигналів ПВК. З використанням розроблених моделі ПВК і програмного середовища реалізовано ряд відомих методів виявлення насичення, встановлено їхні основні характеристики, переваги та недоліки. Розроблено точний і завадостійкий метод онлайн виявлення насичення магнітопроводів ТС у складі ПВК струму в режимі короткого замикання (КЗ) в електричній мережі. Характеристики методу підтверджено експериментально. Бібл. 31, рис. 5, табл. 1.

Ключові слова: коротке замикання, трансформатор струму, насичення, дискретне перетворення Фур'є, метод.

Надійшла	26.09.2018
Остаточний варіант	05.02.2019
Підписано до друку	19.02.2019

УДК 621.314.222.68

**ОБНАРУЖЕНИЕ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДОВ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ТРЕХФАЗНЫХ ПЕРВИЧНЫХ
ИХМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ В ПЕРЕХОДНЫХ
РЕЖИМАХ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 2, 2019 (март/апрель)
Страницы	63 – 71

Авторы

В.И. Паньків, Е.Н. Танкевич, докт.техн.наук
Институт электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: pankiv.volodimir@gmail.com

Определены характеристики известных методов выявления насыщения магнитопроводов трансформаторов тока (ТТ), понятие показателя насыщения и его порогового значения. Дано описание математической модели (ММ) трехфазного первичного измерительного канала (ПИК) тока, который состоит из модели группы фазных ТС, каждый из которых представлен ММ, построенной на основе теории ферромагнитного гистерезиса Джайлса-Атертона и программного обеспечения цифровой обработки и анализа сигналов ПИК. С использованием разработанных модели ПИК и программной среды осуществлена реализация ряда известных методов выявления насыщения, установлены их основные характеристики, преимущества и недостатки. Разработан точный и помехоустойчивый метод онлайн выявления насыщения магнитопроводов ТТ в составе ПИК в режиме КЗ в электроэнергетических системах. Характеристики метода подтверждены экспериментально. Библ. 31, рис. 5, табл. 1.

Ключевые слова: короткое замыкание, трансформатор тока, насыщение, дискретное преобразование Фурье, метод.

Поступила	26.09.2018
Окончательный вариант	05.02.2019
Подписано в печать	19.02.2019

Література

1. Tankevych E.M. Primary measuring channels of complex automation systems of electric power objects: Dr. tech. sci. diss.: 05.14.02. Institute of Electrodynamics NAN of Ukraine. Kyiv. 2004. 445 p. (Ukr)

2. Pan J., Vu K., Hu Y. An efficient compensation algorithm for current transformer saturation effects. *IEEE Transaction on power delivery*. 2004. Vol. 19. No 4. Pp. 1623-1628. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.835273>

3. Hong Y.-Y., Wei D.-W. Compensation of distorted secondary current caused by saturation and remanence in a current transformer. *IEEE Transactions on power delivery*. 2010. Vol. 25. No 1. Pp. 47-54.

DOI:

<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2009.2034820>

4. Rebizant W., Daniel B. Current transformer saturation detection with genetically optimized neural networks. *IEEE Transaction on power delivery*. 2007. Vol. 22. No 2. Pp. 820-827. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2007.893363>

5. Al-Abbas N. H. Efficient proposed solutions for current transformers saturation effects on overcurrent relays operations in distribution systems. *Proceedings of the 44th International Universities power engineering conference*

. Great Britain, Glasgow, 1-4 September 2009. Pp. 1-6.

6. El-Amin I.M., Al-Abbas N.H. Saturation of current transformers and its impact on digital overcurrent relays. *IEEE/PES Transition and distribution conference and exposition*. Latin America, Caracas, 15-18 August 2006. Pp. 1-6.

7. Terrence S., Hunt R. Current transformer saturation effects on coordinating time interval. *Conference record of 2012 annual IEEE Pulp and paper industry technical conference*. USA, Portland, 17-21 June 2012. Pp. 1-7.

8. Lin X., Zou L., Tian Q., Weng H., Liu P. A series multiresolution morphological gradient-based criterion to identify CT saturation. *IEEE Transaction on power delivery*. 2006. Vol. 21. No 3. Pp. 1169-1175.

DOI:

<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2005.861338>

9. Villamagna N., Crossley P.A. A CT saturation detection algorithm using symmetrical components for current differential protection. *IEEE Transaction on power delivery*. 2006. Vol. 21. No 1. Pp. 38-45.

DOI:

<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2005.848654>

10. Kang Y.C., Yun J.S., Lee D.E., Kang S.H., Jang S.I., Kim Y.G. Busbar differential protection in conjunction with a current transformer compensating algorithm. *IEEE Transaction on power delivery*. 2008. Vol. 2. No 1.

Pp. 100-109.

11. Davarpanah M., Sanaye-Pasand M., Irvani R. Performance enhancement of the transformer restricted earth fault relay. *IEEE Transaction on power delivery*. 2013. Vol. 28. No 1. Pp. 467-474.

DOI

:

<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2208204>

12. Stognii B.S., Sopel M.F., Tretiakova L.D., Tankevych E.M., Panov A.V., Pankiv V.I. Evaluation of high-voltage circuit breaker interruption resource. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2017. No. 1. Pp. 71–80. (Ukr)

13. Stognii B.S., Sopel M.F., Pankiv V.I., Tankevych E.M. Modeling of electromagnetic processes in groups of high-voltage current transformers. *Visnyk Vinnytskoho Politeknichnoho Instytutu*. 2016. No1. Pp. 91-95. (Ukr)

14. Stognii B.S., Sopel M.F., Pankiv V.I., Tankevych E.M. Current transformer mathematical model based on the Jiles-Atherton theory of ferromagnetic hysteresis. *Tekhnichna Elektrodynamika* . 2016. No 3. Pp. 58-65. (Ukr)
15. Schettino B.M., Duque C.A., Silveira P.M., Ribeiro P.F., Cerque A.S. A new method of current transformer saturation detection in the presence of noise. *IEEE Transaction on power delivery*. 2014. Vol. 29. No 4. Pp. 1760-1767. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2013.2294079>
16. Wiszniewski A., Rebizant W., Schiel L. Correction of current transformer transient performance. *IEEE Transaction on power delivery*. 2008. Vol. 23. No 2. Pp. 624-632. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2008.915832>
17. Kgorashadi-Zadeh H., Sanaye-Pasand M. Correction of saturated current transformers secondary current using ANNs. *IEEE Transactions on power delivery*. 2006. Vol. 21. No 1. Pp. 73-79. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2005.858799>
18. Yu C.-S. Detection and correction of saturated current transformer measurements using decaying DC components. *IEEE Transactions on power delivery*. 2010. Vol. 25. No 3. Pp. 1340-1347. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2010.2045137>
19. Chothani N.G., Bhalja B.R. New algorithm for current transformer saturation detection and compensation based on derivatives of secondary current and Newton's backward difference formulae. *IET generation, transmission and distribution*. 2014. Vol. 8. No 5. Pp. 841-850. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2013.0324>
20. Ji T.Y., Wu Q.H., Tang W.H., Jiang L. A morphological scheme for the correction of CT saturation waveforms. *IEEE Power and energy society general meeting*. Detroit, MI, USA, 24-29 July 2011. Pp. 1-7.
21. Hooshyar A., Sanaye-Pasand M., Davarpanah M. Development of a new derivative-based algorithm to detect current transformer saturation. *IET Generation, transmission and distribution* . 2012. Vol. 6. No 3. Pp. 207-217. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2011.0476>
22. Hong Y.-Y., Chang-Chian P.-C. Detection and correction of distorted current transformer current using wavelet transform and artificial intelligence. *IET generation, transmission and distribution* . 2008. Vol. 2. No 4. Pp. 866-875. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd:20070383>
23. Kang Y.C., Ok S.H., Kang S.H., Crossley P.A. Design and evaluation of an algorithm for detecting current transformer saturation. *IEE Processing generation, transmission and distribution* . 2004. Vol. 151. No 1. Pp. 27-35.
24. Dashti H. Sanaye-Pasand M., Davarpanah M. Current transformer saturation detectors for busbar differential protection. *42nd International Universities Power Engineering Conference*. Brighton, U.K. 2007. Pp. 338-343. DOI: <https://doi.org/10.1109/UPEC.2007.4468971>
25. Kang Y.C. Kang S.H., Crossley P. An algorithm for detecting CT saturation using the

secondary current third difference function. *IEEE Bologna Powertech conference proceedings*. Bologna, Italy, 23-26 June 2003. Pp. 320-325.

26. Li F., Li Y., Aggarwal R. K. Combined wavelet transform and regression technique for secondary current compensation of current transformers. *IEE Processing generation, transmission and distribution*. 2002. Vol. 149. No 4. Pp. 497-503.

27. Lu Z., Smith J. S., Wu Q. H. Morphological lifting scheme for current transformer saturation detection and compensation. *IEEE Transaction on circuits systems*. 2008. Vol. 55, No 10. Pp. 3349-3357. (Eng)

28. Hooshyar A., Sanaye-Pasand M. CT saturation detection based on waveform analysis using a variable-length window. *IEEE Transaction on power delivery*. 2011. Vol. 26. No 3. Pp. 2040–2050. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2011.2142404>

29. Dashti H., Sanaye-Pasand M., Davarpanah M. Fast and reliable CT saturation detection using a combined method. *IEEE Transaction on power delivery*. 2009. Vol. 24. No 3. Pp. 1037–1044. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2009.2022666>

30. Kang Y.C., Ok S.H., Kang S.H. A CT saturation detection algorithm. *IEEE Transaction on power delivery*. 2004. Vol. 19. No 1. Pp. 78-85. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2003.820200>

31. Pankiv V.I. Tankevych E.M. Spectral analysis of the primary measuring channels of high-voltage power system substations. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2018. Vol. 51. Pp. 13-20. (Ukr)

[PDF](#)