

All this leads to the fact that the closed steel magnetic cores of current transformers are subject to strong saturation with aperiodic current components and, consequently, to a sharp decrease in their magnetic permeability. This leads to an unacceptable increase in the errors of such current transformers in transient modes. Particularly large errors occur when a residual magnetic flux of the aperiodic component of the magnetizing current is retained in the magnetic circuit of the current transformer.

It should be borne in mind that it is much more difficult to provide the necessary accuracy of the operation of CTs in transient regimes than in established ones. To improve the performance characteristics of CTs in steady-state and transient modes allows the use of new methods for constructing CTs (for example, optoelectronic CTs), and by using the following methods of limiting errors:

- creating paths for the aperiodic component of the primary current in addition to the CT magnetization branch;
- increasing the magnetic permeability of the magnetic circuit in saturation mode;
- elimination or reduction of residual induction in the magnetic circuit;
- Limiting the maximum working induction in the CT magnetic core and reducing the magnetic permeability.

In the transient process, the transformer begins to operate in saturation mode, i.e. When the magnetizing current grows much faster than the working magnetic flux. There are several ways to combat the residual magnetization of the core, as with one of the main causes of saturation.

One of the methods is the use of current transformers with cores without steel having linear properties. But the use of such current transformers can be very limited, due to the low power of the secondary windings. The second method (the most common) is the production of cores made of electrical steel having non-magnetic gaps. This method, in comparison with the use of cores without steel, allows the construction of smaller cores. However, in Russia, current transformers with such cores have not been manufactured and are not manufactured.

## **ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

Р.С. Атакишиев

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭЭС, группа 5АМ6Б

Внедрение микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) в настоящее время вызывает ряд вопросов у специалистов, работающих в области энергетики.

Несмотря на то, что МУРЗ обладают огромными преимуществами по сравнению с, например, электромеханическими защитами, также существуют и проблемы при их внедрении и использовании. В частности, в [1] отмечается, что реконструкция релейной защиты и автоматики уже существующего объекта занимает довольно продолжительное время. Кроме того, в этот период, созда-

ются определенные неудобства для персонала, т.к. наряду с устаревшими защитами используются микропроцессорные. Также, при использовании МУРЗ, многократно усложняется процедура передачи информации персоналом РЗА диспетчеру.

В [2] вообще ставится под сомнение целесообразность использования МУРЗ. Приводятся, в частности, следующие аргументы:

- высокая стоимость МУРЗ,
- возможность хакерских атак,
- отсутствие универсальных блоков МУРЗ (в случае необходимости их замены),
- недостатки критериев оценки надежности МУРЗ.

Как показывает анализ [3-5], учет скрытых отказов при оценке надежности МУРЗ является актуальным для специалистов всего мира. Самодиагностика МУРЗ в ряде случаев не позволяла обнаружить скрытый отказ защиты, что приводило к аварийным ситуациям. Согласно статистическим данным [6], на 2013 год показатель правильной работы МУРЗ - 99,12%, для электромеханических – 99,27%. Отказы обусловлены в первую очередь ошибками изготовления – 22% и монтажа – 30,5%.

В дальнейшем планируется расчет показателей надежности устройств МУРЗ по статистическим данным российских и зарубежных компаний и их анализ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Дорохин Е.Г. Некоторые проблемы реконструкции РЗА. // Релейная защита и автоматизация. - 2011. - №4. - С. 46-50.
2. Гуревич В.И. Проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты: кто виноват и что делать? // Технические и программные средства автоматизации: Релейная защита. - 2010. - №3(8). - С. 36-45.
3. Lili ZHAO, Xueming LI, Ming NI, Tianyu LI, Yameng CHENG Review and prospects of hidden failure: protection system and security and stability control system // Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. – 2015. - P. 1-9
4. D. C. Elizondo; J. de La Ree; A. G. Phadke; S. Horowitz Hidden failures in protection systems and their impact on wide-area disturbances // 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conf. Proc. - 2001. - P. 710 - 714 vol.2
5. Xiang Gao and James S. Thorp, Case Studies: Designing Protection Systems That Minimize Potential Hidden Failures // 66th Annual Conference for Protective Relay Engineers College Station, Texas April 8–11. – 2013. - P. 7-17.
6. Захаров О.Г. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки – М.: Инфра-инженерия. - 2014. - 128 с.

Научный руководитель: Л.В. Кривова, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ.