

**ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ НА МИКРОПРОЦЕСОРНИТЕ
ЗАЩИТИ НА ОБЕКТИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКАТА.****ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE MICROPROCESSOR
PROTECTION SYSTEMS FOR OBJECTS IN THE ELECTRICAL POWER
ENGINEERING****доц.д-р Е. Кърцелин,***Минно-геоложки университет "Св. Ив. Рилски"***гл.ас. Р. Исталиянов***Минно-геоложки
университет
"Св. Ив. Рилски"***маг.инж. Й. Младенова***Минно-геоложки
университет
"Св.Ив.Рилски"***маг.инж.Д. Господинов***Минно-геоложки университет
"Св.Ив.Рилски"***Abstract**

Some advantages and significant disadvantages of the Microprocessor protection systems used in the Electrical Power Engineering have been summarized.

Keywords: Advantages and Disadvantages, microprocessor protection systems, electrical power engineering.

ВЪВЕДЕНИЕ

Микропроцесорните устройства за релейна защита постепенно изместват традиционните електромеханични и електронни релейни защиты практически от всички области на енергетиката и електротехниката.

Тенденцията за глобалния преход от електромеханични и статични релета, изпълнени на дискретни елементи (транзистори) към микропроцесорни във всички случаи, независимо от сложността на изпълняваните от тях функции, придобива в същото време характер на определен критерий, който служи като показател за високото техническо ниво на съвременни проектни решения и за големите възможности както на проектантите и научни колективи така и на крайните ползватели на релета. При това малко са специалистите, които се замислят и дават оценка за това, че замяната на сравнително простите релета, например на едно токово реле със зависима характеристика, с микропроцесорно реле, която не е съпроводена с никакви други изменения в параметрите и характеристиките на релето, освен влошаването на тяхната надеждност и рязко понижаване на тяхната ремонтно-пригодност, е неоправдано и неоснователно. Освен това,

в съвременните научни публикации и в проспектите на фирмите-производители на микропроцесорни защиты не се посочват, каквито и да са недостатъци или ограничения за приложението им. В потвърждение на казаното ще се посочи, че в [1] са посочени 19 предимства на микропроцесорните защиты и нито един недостатък.

В доклада са обобщени и анализирани някои предимства и недостатъци на микропроцесорните защиты.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Анализ и оценка на част от предимствата на микропроцесорните релейни защиты.

1. Микропроцесорните релета позволяват да се записват и при необходимост да се възпроизвеждат за целите на анализа на аварии, параметрите на електрически вериги в нормален и аварийен режим. Такава възможност и информация е осигурявана на енергетиците и преди използването на микропроцесорните релейни защиты.

2. Изменение в настройката за сработване и преминаване от една характеристика на друга с помощта на компютър, използвайки програмни средства.

Тази възможност действително е по-удобна

и прецизна в сравнение с настройката на релета с помощта на потенциометри и отверки. Важно е да се отбележи обстоятелството, че в реални условия в продължение на 10-20 години режима на настройката на релета се налага да се изменя не повече от 2-3 пъти.

3. Предаване на информация за състоянието на релето на диспечерски пункт, намиращ се на големи разстояния, чрез специални канали за връзка. Дистанционните многоканални системи за предаване на данни осъществяват предаването на информация за сработването на всяко електромеханично реле на главен диспечерски пулт е използвано и до началото на използване на микропроцесорните релета.

4. Изменение (промяна) в конфигурацията на комплекта релейна защита: да се включват нови или изключват отделни функции (т.е. все едно, че се включват или изключват отделни релета) с чисто програмни средства с помощта на включването на външен компютър. Това е сравнително много по-лесно в сравнение с монтажа на допълнителни релета и преработка монтажа на панелите за релейните защиты. И тук отново следва да се отбележи, че такива операции се налага да изпълняват 1 или 2 (в най-неблагоприятния случай) пъти за целия срок на експлоатация на релетата (25-30 години).

5. Замяна на цяла група обикновени електромеханични релета с едно, неголямо по размери микропроцесорно реле. Това е изключително важно за сложните видове защиты (тип дистанционни) с голям брой релейни шкафове, тъй като в този случай е възможно да се икономисат заетите от тях скъпо струващи площи.

Действително, сложните микропроцесорни релета заемат от порядъка на 5-10 пъти по-малка монтажна площ в сравнение с аналогични по функционални възможности комплекти с обикновени релета. Все пак, да се говори за тази икономия в мащабите на една електроцентраля или подстанция няма смисъл.

6. Осъществяване на пълна вътрешна самодиагностика на най-важните елементи.

Гарантираният от производителите вътрешен мониторинг за изправност на отделни възли и даже на част от най-важните еле-

менти на микропроцесорните защиты в крайна сметка и по същество се оказва не повече от една реклама.

Например, в релетата от типа MiCOM P437 е предвиден постоянен мониторинг за изправността на всяко едно от изходните електромагнитни релета (така поне твърдят производителите). При по-детайлното разглеждане на този въпрос се доказва, че постоянно се контролира само целостта (изправното състояние) на намотките на тези релета чрез пропускането през тях на слаби токови импулси, които не могат да предизвикат сработването на релето. Освен това, някои релета (например релетата от серия RE 316*4), въобще “не забелязват” замяната на една платка с платка от друг тип и иницира “пълна изправност”, макар че работата след такава замяна е невъзможно до този момент, в който ръчно (чрез компютър) не се внесат параметрите на новата платка. За каква самодиагностика е възможно да се говори в този случай?

7. Микропроцесорните релета са подложени на значително по-малко влияние на прах, повишена влажност, агресивни газове и пари.

8. Значително по-висока чувствителност на микропроцесорните релета към възможните аварийни режими в сравнение с електромеханичните релета.

Това действително е така. Например, микропроцесорните релета за честота сработват при отклонение на честотата с 0,005Hz (в зависимост от типа). Въпросът се състои обаче в следното: необходима ли е такава чувствителност и точност в релейната защита на енергийни обекти, тъй като най-често чувствителността даже и на едно най-обикновено електромеханично или аналогово електронно реле е твърде висока и за осигуряване на висока надеждност при експлоатацията им (недопускане лъжливо сработване), най-често към тях се прилага изкуствено загрубване на тяхната чувствителност.

9. По-висока надеждност на микропроцесорните релета в сравнение с електромагнитните релета, съдържащи механични подвижни елементи.

Като безспорно се приема, че едно статично устройство, което не съдържа подвижни

елементи, е много по-надеждно в работа в сравнение със сложните механизми с множество взаимодействащи си елементи.

От проведените изследвания се налага извода, че надеждността на микропроцесорните релета е по-ниска в сравнение с електромеханичните и полупроводниковите статични релета, а техните компоненти дефектират по-често в сравнение с елементите на другите видове релета. При това се отбелязва, че наличието в сложните микропроцесорни релета на вътрешен мониторинг не способства за повишаване на надеждността, тъй като:

- той се провежда само за наблюдаване на основните режими в големи функционални блокове, а не за откриването на дефектиращи елементи или на елементи с променени параметри;
- информация за излизане от работа на който и да е от блоковете на релето постъпва към обслужващия персонал едва след момента, след като е настъпил неговия отказ.

Анализ и оценка за някои недостатъци на микропроцесорните релета.

1. Влияние от страна на захранващата мрежа върху функционирането на микропроцесорното реле.

Внезапната загуба на оперативното захранване през времето на работа на релето, предизвикано от претоварване или късо съединение в мрежата, сработване на автоматичните прекъсвачи във веригата за оперативно захранване, попадане на мълния в електропроводните линии, прекъсване на проводници, повреди в стълбовете на електропроводите, земетресения и др., може да предизвикат прекъсване на текущата работа на или блокиране на микропроцесора, а понякога и до пълната загуба на данни, съхранявани в ROM. Ако не са приети специални мерки за осигуряването на непрекъснатото захранване на релето (от автономен източник).

В литературата са описани редица случаи на нарушаване и дори на повреди на микропроцесори от пренапрежения. Известно е например за масови откази на микропроцесорни релета за време, монтирани на атомни електроцентрали в САЩ. В информационния бюлетин, посветен на този проблем [2], се дава информация за повре-

дите на такива релета от пренапреженията, възникващи при изключване намотките на междинни електромагнитни релета.

Качеството на захранване на микропроцесорните устройства за защита има голямо значение. Ето защо на обектите в областта на енергетиката по правило, този тип защиты се захранват от мощни акумулаторни батерии с постоянно включени зарядни устройства или от източници за непрекъснато захранване (uninterrupted power system – UPS), които съществено смекчават негативното въздействие на гореизложените фактори. Все пак, от същите системи най-често се захранва електрозадвижването на мощни прекъсвачи и на много други устройства, които създават импулсни пренапрежения. Освен това, изследванията на системите UPS показват [3], че при някои условия, по заземителните вериги на микропроцесора проникват импулсни смущения и висши хармоници, от които не осигуряват защитата нито системите UPS, нито филтрите. Освен това, UPS имат собствено време за превключване. Обикновено в техническата документация на производителите на UPS се посочва време за превключване в границите на 3-5 ms, но в действителност то може да се увеличава повече от 10 пъти [4].

Интересен е още един аспект на проблема: блокиране и откази в работата на собствения микропроцесор на системата UPS при аварийни режими в мрежите високо напрежение.

2. Неадекватност на функциониране на микропроцесорните системи за релейна защита, особено на сложни (например дистанционни), при тежки аварии.

В реалните условия на експлоатация много често се наблюдава блокиране или неправилното действие на сложни микропроцесорни защиты, независимо от това, че при стендовото им изпитване в лабораторни условия, при въздействие със стандартни сигнали на входа, те показват устойчива и надеждна работа. Проблемът се състои в това, че на един лабораторен стенд не е възможно да бъдат симулирани всички варианти на комбинации и възможно изкривяване на сигналите. Това е не възможно да се предвиди и при разработката на дадените микропроцесорни релета. А при експлоата-

цията на електромеханичните релета такива ситуации просто са изключени.

3. Възможни са ситуации, при които бързодействащите микропроцесорни защиты реагират на аварийни режими твърде забавено в сравнение с електромеханичните.

В редица системи за повишаване на надеждността паралелно включват се микропроцесорни системи и електро-механични релета. При анализа на аварийните ситуации нееднократно се открива, че електромеханичните релета сработват и изключват прекъсвача, докато в същия случай микропроцесорното реле е успяло само да отреагира (само регистрира аварийната ситуация без подаване на сигнал за изключване на прекъсвача). В най-общия случай, ако за сработването на електромеханично или на електронно реле с мигновено действие са достатъчни 5-10 мс, то за микропроцесорното реле са необходими 30-40 ms (по данни на производители). В реални условия често се оказва, че заявените от производителите в рекламните каталози бързодействие на микропроцесорното реле не се осигурява и достига в границите на 80-100 ms.

В аварийни преходни режими на микропроцесора се налага да обработва големи масиви информация на входните сигнали, а за тази цел е необходимо определено време (понякога стотици милисекунди). Освен това, ако след пускането на микропроцесора ситуацията се измени (например, еднофазното земно съединение се е развило в двуфазно, а след това в трифазно), то процесът на изчисления се прекъсва и всички измервания започват отначало.

4. Съществени разлики във функционирането на електромеханичните и микропроцесорните релета, обусловени от тяхното различно възприемане на хармоничните съставлящи на измерваните токове и напрежения, насищането на токовете трансформатори и на други изкривявания на синусоидалната форма на входните сигнали.

Известно е, че при голяма кратност на токовете на къси съединения токовете трансформатори силно изкривяват кривата на изходния ток, който се подава на релето. Това може да предизвика намаляване точността на сработване на релетата от всички видове. При електромеханичните релета

механичният момент, пропорционален на квадрата на магнитния поток, е създаден от работния ток. Такива релета реагират на средноквадратичната стойност на тока, в който са отчетени и хармониците. В по-голяма част от микропроцесорните релета се използват цифрови филтри за бързото разлагане на кривата на входния ток в ред на Фурие и извличане само на основния хармоник [5]. Този процес е основан на така нареченото бързо преобразуване на Фурие (Fast Fourier Transformation – FFT).

Както е показано в [6], при такъв принцип на действие не се отчитат висшите хармоници на тока (напрежението), съставлящи значителна част от общия ток (напрежение) в преходните режими, при аварии, при включването на мощни трансформатори, и т.н. В резултат микропроцесорните релета за диференциална защита и дистанционните релета реагират на входни сигнали по друг начин в сравнение с електромеханичните. А тъй като състава на хармониците и на техните амплитуди са случайни (зависят от мястото и вида на късото съединение, режима на работа на мрежата и на други фактори), то използването на филтри, базирани на FFT, се оказва недостатъчно ефективно.

5. Значителни усложнения при експлоатацията на микропроцесорните релейни защиты

Очевидно е, че за проверката и настройката на микропроцесорни защиты с помощта на компютър (или дори и без него) изисква високо ниво на подготовка на специалистите и голяма загуба на време. А що се отнася до въпроса и задачата за търсенето на повреди и ремонт на такива устройства, то почти е невъзможно в експлоатационни условия.

В [7] се разглеждат и анализират проблемите, които възникват при провеждането на приемателни изпитания на микропроцесорните релета, по време на които се проверява функционирането на най-важните елементи и съответствието на характеристиките (получавани чрез подаване към релето на съответните токове и напрежения) по спецификацията на производителя. Пълната калибровка на релето е възможна само на предприятието производител, а в процеса на стандартните предпускови изпитания е

възможно да се проследи само част от функциите и да се проверят неголяма част от параметрите на релето.

6. Наличие на информационен излишък при микропроцесорните релейни защиты

При много от релета се предвиждат прекомерно много и с нищо неоправдани настройки (например, степен на яркост на екрана, цвят на светене, цвят на информационните съобщения, които се извеждат на екрана, времето за съхраняване на данните на екрана и други. Тези “екстри” само усложняват и без това непростата процедура по тяхната настройка. Особено това се отнася за микропроцесорните релета със сложни функции (в частност, дистанционни) със стотици настройки.

7. Несъвместимост на микропроцесорните релета по някои особено важни параметри с мощното електроенергийно обзавеждане.

Обикновено в качеството на изходни изпълнителни елементи на микропроцесорните устройства за защита се използват миниатюрни електромагнитни релета, оптронни релета, и дори на хибридни релета. Резултатите от проведените изследвания [8] показват, че често стойността на техните параметри не съответстват на заявените (и задължителни – в съответствие с изискванията на международните стандарти) стойностите на параметрите на микропроцесорното реле в часта на удовлетворяване и издържане на изпитвателните напрежения и на комутационните токове.

8. Възможност за преднамерени дистанционни въздействия на микропроцесорната релейна защита с цел нарушаване на нейната нормална работа [9, 10].

Въпросът за “електромагнитният тероризъм”, способен да предизвика техногенни аварии и катастрофи с изключително огромни поражения и последици за една страна, включително с трансгранично влияние са формулирани в статията на Мануел Вика [11], където в частност, се отбелязва, че електронните елементи и компоненти, такива като микропроцесорите, работещи на високи честоти при ниско ниво на напреженията, са особено чувствителни към въздействието на външни преднамерени електромагнитни излъчвания. Освен това, “електромагнитният тероризъм” не е единствен

ния вид съвременен дистанционен тероризъм, на които са подложени микропроцесорните релета. Съществува още и такъв вид на електронна интервенция, каквато е “кибер-атаката”. Хакерските атаки през компютърната мрежа, телефонните линии, Интернет, все по-често стават оръжие на терористите. Реалните случаи на подобни терористични атаки обикновено не се афишират, но някои от тях са вече известни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. От изложеното се налага следната основна констатация и извод, че никакви нови функции не се реализират с микропроцесорните релета. В тях са обединени преди всичко функциите на отделни релета, като са допълнени функциите на регистриращи прибори.

2. Освен това, използването на тези релета не води до е повишаване нивото на надеждност на системите за електроснабдяване и не облекчават работата на обслужващия персонал. Възниква следния очевиден въпрос. Защо е необходимо да се въвеждат в експлоатация такива сложни микропроцесорни релета, които от една страна не притежават съществени предимства пред традиционните, а от друга – с присъщите им собствени и голям брой съществени недостатъци.

3. На този етап няма проведено задълбочено изследване и обобщени резултати за недостатъците на микропроцесорните защиты и проблемите който възникват в процеса на тяхната експлоатация.

4. В действащите стандарти има редица противоречия, неточности и непълноти, регламентиращи определени изисквания към градивните елементи на микропроцесорните релета и като завършен продукт.

5. Един от най-сериозните проблеми и актуална задача за решаване на съвременните информационни технологии са свързани с качеството на програмните продукти и на компютърните системи, тъй като те се явяват само като „черни кутии” на който показателите за качество и безопасност е невъзможно да бъдат определени и оценени само с един оглед на техните детайли и компоненти.

6. Още по-сложен и неопределен е отговорът на въпроса: Каква отговорност носят сертифициращите и лицензиращите органи? Кой от създателите на програмното осигуряване или от системните интегратори дава такива гаранции? Още по-неясно е положението с доказването и гарантирането на предварително декларираните показатели за надеждност, безопасност и безаварийност.

7. Какво точно трябва да доказват (и как) доставчиците на информационни технологии и услуги? Единичните и комплексни изпитания и 72-часовите проби, които се провеждат преди въвеждането на този тип обекти в експлоатация не дават каквито и да са по-големи гаранции- не е възможно да се моделират и реализират всички възможни условия при реален режим на експлоатация, невъзможно е да бъдат открити всички “скрити дефекти”.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богданов Д.Х., Надеждност на релейните защиты в АЕЦ. Автореферат на дисертация за получаване на образователната и научна степен „доктор”, 2009.
- [2] Information Notice № 94-20: Common-cause Failures Due to Inadequate Design Control and Dedication. – Nuclear Regulatory Commission, Marsh 17, 1994.
- [3] The Power Protection Handbook. – APC, 1994.
- [4] Жохов Б.Д. Особенности электро-снабжения технических средств вычислительных сетей. – Промышленная энергетика, 1996, № 2.
- [5] Zocholl S.E., Benmouyal G. How Microprocessor Relays Respond to Harmonics, Saturation and Other Wave Distortions. – Neta World, 2003, Summer.
- [6] Nenel O. O., Onbilgin G., Kocaman C. Transformer Protection Using the Wavelet Transform. – Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 2005, vol. 13, № 1.
- [7] Horak J. Pitfalls and Benefits of Commissioning Numerical Relays. – Neta World, 2003, Summer.
- [8] Gurevich V. Nonconformance in Electromechanical Output Relays of Microprocessor-Based Protection Devices under Actual Operating Conditions. – Electrical Engineering & Electromechanics, 2006, № 1.
- [9] Gurevich V. The Hazards of Electromagnetic Terrorism. – Public Utilities Fortnightly, 2005, June.
- [10] Gurevich V. Electrical Relays: Principles and Applications. – CRS Press, USA, 2005.
- [11] Wik M.W. Electromagnetic Terrorism – What are the Risks? What can be Done? – International Product Compliance Magazine, 1997.
- [12] IEEE 37.90-1989. Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus=
- [13] IEC 60947-4-1. Low voltage switch gear and controlgear. Part 4: Contactors and motor starters.
- [14] IEC 60255-5. Electrical Relays. Part 5& Insulation coordination for measuring relays and protection equipment. Requirements and tests.