

## ЕЛЕКТРОННИ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМИ ЗА ИЗПИТАНИЯ НА РЕЛЕЙНИ ЗАЩИТИ

доц.д-р Стефан Овчаров - ТУ-София  
доц.д-р Станимир Вичев - ТУ-София  
гл.ас. Петър Якимов - ТУ-София

В доклада се разглеждат електронни устройства и системи за симулация на различни повреди в електроенергийната система, използвани при изпитанията на релейни защиты. Релейната защита е специална автоматика в електроенергийната система, предназначена да открие повредата, да определи повредения елемент или участък и да изключи съответния прекъсвач с цел да се възстанови нормалната работа на незасегнатите от повредата участъци. Моделирането на електроенергийни системи по отношение действието на релейни защиты има важно значение за оценка на релейното действие при реални условия. Описани са предназначението и принципа на работа на системите за изпитания на релейни защиты, разработени от ABB Relay Division в Швеция и Texas A&M University. Разгледани са блоковите схеми и приложението на преносимите устройства за симулация на ABB XS92a и FREJA. Показана е блоковата схема и са описани възможностите на разработен и внедрен у нас преносим симулатор за изпитания на релейни защиты.

*Ovcharov St., St. Vichev, P. Jakimov, Protection Relays Testing Systems, This article describes the need of protection relays testing units. Protection relay is a very important part of the energy system. Its purpose is to find out the fault and to switch off a circuit breaker in order to prevent the non-affected part of the power network. Modelling the energy system is needed to test and evaluate the action of the protection relays. Because of that the model must be more realistic and has to perform faults in real time. The paper shows the principles of action of the simulators, designed by ABB Relay Division in Sweden and Texas A&M University in USA. There are the block diagrams and the application of the portable test sets of ABB XS92a and FREJA. The paper describes the possibilities and the block diagram of a portable protection relays test set, designed in Bulgaria.*

В експлоатацията на електроенергийната система са възможни повреди на съоръженията, които участват в производството, пренасянето, разпредслението и потреблението на електрическата енергия. Най-често срещаните повреди са късите съединения.

Поради особения характер на електроенергийната система последствията от повредите за кратко време могат да се разпространят върху голяма част или върху цялата енергосистема, да предизвикат авария в системата и да причинят големи стопански загуби.

Често пъти те се придружават от големи токове, дълга в мястото на късото съединение, понижаване на напрежението в мрежата. Това може да предизвика влошаване на качеството на електроенергията, прекъсване на електрозахранването на част или на всички потребители, повреждане на електросъоръженията, през които протича увеличения ток. Големи са последствията, когато повредените участъци остават включени в системата по продължително време.

В редовната експлоатация електрическите съоръжения на електроенергийната система са подложени и на режими, непредвидени за нормалната им работа (аварийни, ненормални режими), предизвикани от различни външни причини. Един такъв режим е претоварването на

електрическите съоръжения. Ненормалните режими, ако не се ликвидират своевременно, предизвикват повреждане на съоръженията и аварии със значителни вредни последствия.

Повреди и ненормални режими в електроенергийната система са неизбежни. За да се осигури устойчивост на електроенергийната система, непрекъснато и качествено электроснабдяване на потребителите, незасегнати пряко от повредите, и да се намалят до минимум стопанските загуби е необходимо повреденият участък да се изключи от мрежата за време  $0,2+0,5s$  след появяването на повредата. Очевидно е, че оперативният персонал не е в състояние за такова кратко време да открие повредата и да изключи повредения участък. Затова тази задача се възлага на специална автоматика в електроенергийната система, наречена релейна защита.

Предназначението на релейната защита е автоматично да открие повредата в електроенергийната система, да определи повредения елемент или участък и да изключи съответния прекъсвач с цел да се възстанови нормалната работа на незасегнатите от повредата участъци. Освен това тя реагира и на появили се ненормални режими на електрическите съоръжения. За да се изпълни тази задача, тя непрекъснато следи състоянието на защитавания обект, като получава от него информация под формата на електрически величини (най-често ток, напрежение), които характеризират работата на обекта. При повреда благодарение на получената информация от обекта тя реагира, съгласно предварително заложената в нея програма.

Основните свойства на релейните защиты са селективност, чувствителност, бързодействие и надеждност. Последните изследвания показват, че между тези свойства има сложна зависимост, те не действат с еднаква сила и тяхното нарушаване не е с еднакви последствия.

В зависимост от величината, на която реагират защитите се разделят на : токови - реагират на големината на тока или на съставките му; напрежителни - реагират на изменението на напрежението; посочни - реагират на посоката (на фазовия ъгъл) на тока или на пренасяната мощност; дистанционни - реагират на измереното от основните релета на релейната защита отношение на напрежението и тока, което има размерност на съпротивление и е пропорционално на разстоянието от защитата до мястото на късото съединение

Основна характеристика на релейните защиты е зависимостта между закъснението (времето на действие) на защитата и стойността на въздействащата величина или мястото на късото съединение.

Моделирането на електроенергийни системи по отношение действието на релейни защиты има важно значение за оценка на релейното действие при реални условия. То продължава да бъде основен момент за постигане на надеждна защита и допринася за оптимизиране на режимите на електроенергийната система.

Моделът на енергийната система за изпитания на релейните защиты трябва да има гъвкава конфигурация. Той трябва да функционира в реално време, както и да симулира сложни електрически системи, в които релейните защиты въздействат на прекъсвачите и изменят структурата на такива системи. Релейната защита трябва да работи с голямо бързодействие при настъпване на неизправност. Някои защитни системи на електропроводи се основават на принципа за откриване на вълни. Вместо да измерват намаляването на импеданса или нарастването на тока, тези защиты имат входни устройства, които реагират на фронта на вълната, преминаваща по линиите когато се получи късо

съединение. Това налага въздействието на електронна релейна защита да се изпитва не само при основната честота, но и при сложни входни сигнали.

Първите симулатори на електроенергийната система са били електромеханични, състоящи се от мащабно намалени реални елементи. Понастоящем такива вече не се използват.

С развитието на средствата на електрониката и изчислителната техника се създават аналогови, цифрови и хибридни системи за симулация.

Аналогови симулатори на енергийната система се използват от дълго време за проверка на релейни защити. С използването на аналогови и цифрови компоненти са разработени симулатори на преходни процеси с разширени възможности и по-ниска цена. Типичен пример за проект с широко приложение е симулатор на преходни процеси, работещ в реално време, разработен за изпитания на релейни защити от ABB Relay Division в Швеция през 80-те години. Цената за реализирането на такъв проект обаче е все още недостижима за много проектанти и производители на релейни защити.

Последните достижения са за използване на цифрови технологии за разработване на симулатори за изпитания на релейни защити, които моделират енергийната система и неизправностите в нея с програми за електромагнитни преходни процеси. Това достижение предлага на потребителя гъвкавост и точност при моделирането. Първият такъв проект е въведен от GEC Alstom Measurements в Англия в началото на 80-те години и от Bonneville Power Administration в САЩ в средата на 80-те години. Използването на тези симулатори дава възможност да се изпитат комплексно релейните защити в сложни ситуации, например защити на електропроводи с надлъжна компенсация. Главният недостатък на първите цифрови симулатори е трудността в осигуряването на пълно взаимодействие между релейната защита и симулиращия компютър. Цифровата техника, въведена в съществуващите програми за електромагнитни преходни процеси не удовлетворява изискванията за работа в реално време на електроенергийната система, което е често необходимо за симулация на повреди.

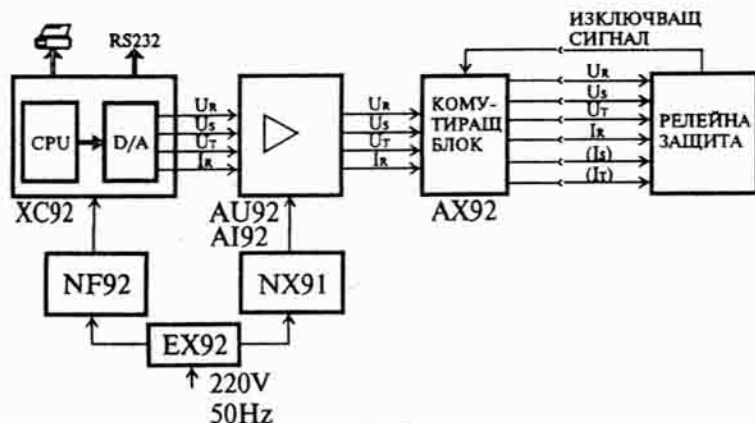
Тъй като в края на 80-те години не са се предлагали цифрови симулатори, работещи в реално време, Енергийното Управление на Западната Част на САЩ възлага на Texas A&M University да разработи такъв симулатор отговарящ на следните критерии: възможност за модификация и развитие на приложното програмно осигуряване от потребителя; гъвкавост при задаване на изпитанията; висока прецизност и голяма мощност при задаване на сигналите; симулация в реално време на преходни процеси и неизправности на измервателни трансформатори; честотна област до 20kHz.

Изброените по-горе системи за изпитания са стационарни и се използват при разработката на релейни защити. За функционални изпитания по време на експлоатацията на оборудването се използват преносими системи. Най-голямо разпространение имат устройствата за изпитания на релейни защити на ABB XS92a и FREJA.

Компютризираният тестов модул XS92a (фиг.1) е разработен за функционална проверка на всички видове релейни защити: токови, посочни, дистанционни, диференциални и др.

Основните блокове са NF92-захранващ източник за управляващата част, AU92-напрежителен усилвател за напреженията  $U_R$ ,  $U_S$  и  $U_T$ , XC92-управляващо устройство, съдържащо микропроцесорна система, цифро-аналогови преобразуватели, сериен интерфейс, интерфейс към пулт за управление, 10 цифрови входа и един цифров изход, AI92-токов усилвател, AX92-комутиращ

блок, който превключва изходните величини към съответния съединител, в зависимост от избрания тип неизправност, NX91-dc/dc преобразувател за захранване на токовия усилвател и EX92-токозахранващ блок.



фиг.1

Той съдържа 16-битов микропроцесор (80186), който позволява динамична и статична проверка в широки граници, избирайки ток, напрежение, фазов ъгъл и импеданс като параметри.



фиг.2

FREJA (фиг.2) е уникална система за проверка на релейни защити, създадена първоначално за изпитания в експлоатацията. Поради това тя е организирана като завършена, портативна работна станция, удобна за транспортиране. FREJA се състои от компютър и тестов модул за ръчна и автоматична проверка. Тя е снабдена с дисплей, клавиатура и печатно устройство, така че на място може да бъде отпечатан протокол за проверката на релейната защита. Никакви допълнителни инструменти не са необходими за провеждане на изпитанията.

FREJA има следните основни възможности:

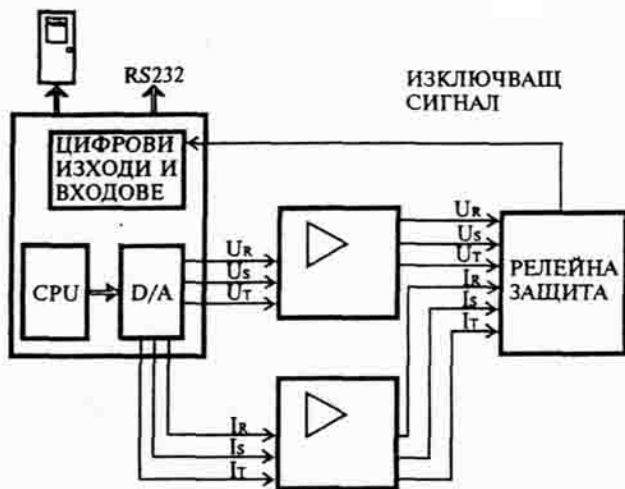
- трифазна система от токове и напрежения;
- токовете изходи могат да се свързват паралелно;
- притежава автоматичен калибратор;
- голям обем памет за съхраняване на резултати от тестове;
- възможност за времеви измервания;
- надеждност при тестването.

FREJA може да се използва при проверката на повечето типове релейни защити. Токовете и напреженията могат да се управляват индивидуално или взаимно зависимо. Системата е организирана на три нива-апаратно, програмно и системно.

През 1992г. у нас е проектиран и реализиран симулатор (товарно устройство) за проверка и настройка на релейна защита, автоматика и телемеханика, използвани в електроенергетиката и за научната и развойна дейност в тази област. Товарното устройство (фиг.3) генерира трифазна система от напрежителни и токови сигнали, които се подават на входовете на изпитваните устройства и следи промените на състоянието на изходните им релета по предварително определена програма - запомня момента на зареждане, изменя стойностите на генерираните сигнали и др. Могат да се моделират импеданс и мощност като се генерират токове и напрежения с определена големина и фаза.

Параметрите на генерираните сигнали могат да се задават и променят ръчно или автоматично чрез записване в паметта на устройството на определен набор от стойности. При изпълнението на командата се променя един от регулируемите параметри на изходните сигнали: големината на тока или напрежението, фазова разлика, честота, импеданс, активна мощност или се активират релейни изходи. Има възможност за статични и динамични изпитания. При динамичните изпитания са възможни следните режими на работа:

- генериране на линейно изменение на големината на напрежението или тока;
- генериране на линейно изменение на активната мощност;
- генериране на линейно изменение на честотата;
- генериране на изменение на импеданса в контролна точка на електроенергийната система чрез изменение на амплитудата и фазата на напрежението и тока при симетрична система;
- моделиране на синхронни люлеения или асинхронен ход;
- генериране на люлеене на напрежението или на тока по амплитуда;
- генериране на аperiодично изменение на тока;
- генериране на фазни напрежения и токове, въведени като масив данни в паметта на устройството по серийен интерфейс.



фиг.3

Товарното устройство е изпитано в секция "Релейна защита" към НЕК и фирма "РОКОН".

#### Литература:

1. Аврамов Н., Основи на релейната защита, София, Техника, 1984.
2. G.Nimmersjo, et.al., "Digitally-Controlled Real-Time Analog Power System Simulator for Closed Loop Protective Relaying Testing", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 3, Number 1, January 1988
3. M.Kezunovic, M.McKenna, Real-Time Digital Simulator for Protective Relay Testing, IEEE Computer Applications in Power, 1994
4. Овчаров Ст., В.Великов, Н.Тюлиев, Е.Балканска, П.Якимов, Товарно устройство за проверка и настройка на релейна защита, автоматика и телемеханика, сб.доклади "Форум енергийни проблеми на България" с международно участие, 22-24 юни 1993г., Варна, к. Св.Константин