

СЪВРЕМЕННО ИНТЕЛИГЕНТНО РАЗТОВАРВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА

Управлението на енергийното стопанство на големи промишлени предприятия е неделима част от цялостното му управление. На тази годишната изложба BULCONTROLA в София, ДИКС Интъртрейд ООД постави акцента, както на изложеното на щанда, така и на специалния семинар за оптималното интегрирано управление на промишлените предприятия. За наша голяма изненада този акцент беше оценен, както от посетителите на щанда, така и на семинара, където аудиторията, (над 50 души), изслуша лекцията на експерта от Дюселдорф, Германия, господин Херман Дрексен, която трая три часа.

Тук концентрираме нашето внимание върху разтоварването на енергийната система, като част от функцията енергиен мениджмънт и след един преглед на различните методи, развили се във времето, се спираме на интелигентното разтоварване.

Съвременните електро-енергийни системи при нормална работа поддържат стабилна честота на захранващото напрежение, като захранват товарите (консуматорите) с енергия в необходимото за тях количество.

Задължително важно е да се поддържа енергийната система работеща при всички обстоятелства. Когато се появи повреда или претоварване системата се освобождава от товара или генератора, който е причината за това. Тази процедура се нарича Автоматично честотно разтоварване (АЧР). Диспечерът на националната мрежа има достъп до предварително определените, чрез договор със съответен потребител, товари на потребителя и той изключва товари, докато стабилизира и възвърне честотата на напрежението в необходимите граници. Това става независимо от потребителя. Когато, обаче, Националният диспечер не може да постигне тази цел той изключва цели потребители. Тази процедура се нарича Автоматично честотно отделяне. (За тези две процедури има определени параметри, при които те се извършват). Тогава потребителят преминава в "островен" режим (изключен от националната енергийна мрежа) и трябва да се справи сам със ситуацията.

За да се осигури системна стабилност и готовност по време на смущения, промишлените енергийни стопанства на потребителите, снабдени с генераторни мощности, обикновено използват някакъв тип схема на разтоварване. Напоследък, конвенционални честотни разтоварвания с използване на програмируеми контролери бяха интегрирани към компютъризирани системи за управление на енергийното стопанство, за да осигурят автоматично изключване на товарите.

На тези системи, обаче, им липсва, базата от знание и, обикновено, те действат на базата на консервативни алгоритми, които се базират на най-лошия случай, водещ до недостатъчно разтоварване или до прекалено голямо разтоварване.

Една интелигентна система за разтоварване може да предложи оптимално и бързо освобождаване от товарите чрез използването на моментните условия и знанието за поведението на системата от минали смущения.

ВЪВЕДЕНИЕ

Производството на електроенергия в зависимост от потребността е една добре известна картина. Когато енергийната система е в стабилна работа при нормална честота, общата механична входна мощност от първичните източници към генераторите е равна на сумата от всички включени товари плюс всички реални загуби в системата.

Честотата в системата директно ще зависи от количеството активна мощност, която първичните двигатели могат да доставят на системата. Основна роля за поведението на системата играе съхранената енергия на тези първични задвижващи елементи. Тази съхранена енергия варира драстично между газовите, термични и хидравлични блокове.

За постепенно нарастване на натоварването или при внезапни, но леки претоварвания, регулаторите на блоковете ще чувстват промяната на скоростта и ще увеличават подаването на мощност към генераторите.

С претоварването се бори с неизползувания капацитет на всички генератори, включени и синхронизирани към системата. Ако всички генератори работят на максималния си капацитет и всички резерви са изчерпани въртящият/горещ резерв регулатори са безсилни да облекчат претоварването.

Внезапни и големи промени на възможностите за генериране чрез загуба на генератор или изключване на шина оказва влияние на динамичната реакция на първичните източници на мощност и може да предизвика драстичен дебаланс между генерираната мощност и товарите. За някои смущения (които ще доведат, като резултат, спиране на генерирането или създаване на условия за преминаване в островен режим) може да настъпят каскадни ефекти и бързо отклонение на честотата, ако системата на разтоварване не е настроена по време и по структура.

Например, късо съединение на шината на под-станцията може да доведе до ускоряване на (prime mover) на турбината. Когато това стане, регулаторът по скорост ще започне затваряне на горивния или газов входен вентил. След като грешката се премахне, турбините посрещат въздействието на товара все още включени. В този момент горивният или газовият клапани са затворени, което дава като резултат трудни условия за ново ускоряване.

Газовите турбини са много чувствителни към критичните скорости, които оказват влияние на лопатките при ниско налягане. Тези критични

скорости може да бъдат много близко до стойностите за защита, оставяйки много малък запас преди да се задейства защитата. Обикновено, моментното задействане на защитата по ниска скорост на газова турбина се установява на 96% от номиналната. По-нататък, системата за генериране и нейната стабилност са в рисковата ситуация след като пада честотата.

Много показателен е случаят при термо централите, където изходът значително зависи от моторно задвижваните странични (допълнителни) товари като питателни помпи, разпрашители на въглища и вентилатори. Свиването на системната честота води до бързо спадане на захранването на тези допълнителни товари, предизвиквайки понататъшно спадане на изходната мощност на турбогенератора. Тази последователност от събития влошава честотата на системата, заплашвайки стабилността на системата на предприятието.

За да се задържи спадането на честотата, е необходимо целенасочено и автоматично да се изключи част от товара, равен или по-голям от дефицита от мощност, за да се постигне баланс и да се задържи системата в стабилно състояние.

Необходими са автоматизирани системи за разтоварване за индустриалните системи, тъй като внезапни смущения може да тласнат системата към опасно състояние много по-бързо, отколкото един оператор може да реагира.

Тези автоматизирани системи на разтоварване трябва да бъдат проектирани да поддържат вградено знание в дълбочина за параметрите на действащата система, трябва да разчитат на средства за наблюдение в реално време и комуникационни мрежи, за да постигнат желаните резултати от бързо и оптимално изключване на товари при самото появяване на смущението.

КОНВЕНЦИОНАЛЕН ПОДХОД КЪМ РАЗТОВАРВАНЕТО

Настоящата секция представлява преглед на техники на разтоварване, които са били използвани много години и които имат своите приложни качества и недостатъци.

А. Разтоварване чрез изключване на прекъсвач.

Това е най-простият начин за осъществяване на разтоварване. За тази схема са хардуерно осигурени взаимно свързани сигнали за защита от шинен или генераторен прекъсвач. Това обикновено се прилага, когато скоростта е от особено значение.

Въпреки това, че времето за реакция на тези схеми е кратко, те притежават следните недостатъци:

- схема на разтоварване, разчетена на сценария на най-лошия случай;
- може да се развие само една степен на разтоварване;

- в повечето случаи се разтоварва повече, отколкото е необходимо;
- модификация на такива системи е трудна.

В. Разтоварване чрез честотно реле.

Правилата за настройка на честотни релета са общи за големи и малки системи. Методологията на проектиране се базира на изключване на фиксиран товар при фиксирани честоти на системата.

При достигане на зададената честота и след изтичане на известно време, честотното реле изключва един или няколко товара.

Този цикъл се повтаря, докато се постигне възстановяване на честотата на системата, т.е. 10% разтоварване за всеки 0.5% намаляване на честотата. Тъй като този метод е напълно независим от системната динамика, тотално сриване на системата се счита за възможно.

Допълнителни недостатъци на този подход са описани по-долу.

1) Бавна реакция.

В добавка към времето, което се изисква за честотата, за да се достигне заданието, има едно целенасочено времезакъснение, което да предотврати погрешно изключване поради пикови изменения на честотата на мрежата. Времето може да се удължи, като резултат от превишаване на честотата, вследствие на преходния процес по време на това събитие.

При откриване на спадане на честотата и изтичане на необходимото време, честотното реле стартира първия етап на разтоварването. Ако количеството разтоварване не е достатъчно, честотата продължава да спада, активирайки следващата степен на разтоварване. Всеки етап въвежда свое закъснение в този процес.

2) Неточно/прекомерно разтоварване.

Настройката на всяко честотно реле е обикновено определена от най-тежките условия - най консервативните нива на генериране и натоварване.

Това води до най-тежки условия за разтоварване за ситуации, които не са най-тежки.

В отговор на спад или промяна по първата производна на честотата честотните релета задействат фиксиран набор от прекъсвачи, независимо от актуалното състояние на техните товари.

Някои от прекъсвачите може да имат товар, който да е различен от предварително зададения. Освен това, последователността от разтоварвания може да не е оптимална или дори правилна.

3) Знанието от анализите винаги е загубено.

За да се определи заданието на честотните релета, се изисква симулиране на стотици изследвания от преходни процеси.

Целта на тези анализи е да се намери минимумът време за отстраняване на събитието и да се определи минималното разтоварване чрез метода на пробите и грешките. Инженерът, изпълняващ изследването, научава за поведението на системата и може интуитивно да предвиди реакцията ѝ при различни оперативни ситуации.

Единствения резултат от изследването, обаче, използвано от системата за разтоварване, е набор от задания на честотните релета. Други полезни резултати от анализа, заедно с придобитото инженерно знание, са загубени.

C. Разтоварване на базата на програмируеми контролери.

Чрез схемата, базирана на програмируеми контролери, схемата на разтоварване се инициира при достигане на определено съотношение между общия товар и броя на генераторите, което се следи непрекъснато и/или при детектиране на под-честотна ситуация.

Всеки контролер на под-станция е настроен да инициира защитен сигнал към асоциирания прекъсвач на фидер, за да изключи предварително избрани набори от товари. Тази статична последователност продължава, докато честотата се върне към нормалното си състояние.

Тази система предлага много преимущества, като използването на разпределена система по цялото стопанство, а така също и автоматизирано включване на товарите.

При такива приложения, обаче, наблюдението на системата е частично - само в частта на прякото управление на контролера и данните са разпръснати.

Този недостатък след това се премахва чрез използването на предварително дефинирани таблици с приоритети на разтоварването на ниво контролери, за да изключи блокове от товари, независимо от динамичните промени в системата от товари, генератори или оперативна конфигурация.

Информацията за общосистемните оперативни условия обикновено липсва при процеса на вземането на решение, резултиращо в недостатъчно или прекомерно разтоварване.

В добавка, времето за реакция (времето между детектирането на нужда за разтоварване и действието на съответния прекъсвач) по време на преходни процеси е много често прекалено дълго, което изисква повече товари да се изключат.

Това се дължи на забавянията на комуникациите между контролерите на всеки сегмент от енергийната система.

ПОДХОД “ИНТЕЛИГЕНТНО РАЗТОВАРВАНЕ”

Едно ефективно разтоварване изисква задълбочено разбиране на динамиката на системата, на процесните ограничения, комбинирани със знание за поведението на системата. Това изисква информацията, която е посочена по-долу:

A. Оперативни условия преди смущението:

- Потребност за мощност на цялата система;
- Обмен на мощност с националната мрежа;
- Генерирана мощност на всеки местен блок;
- Въртящ резерв (агрегатът е включен в мрежата и само трябва да се увеличи мощността – лесно при ВЕЦ, трудно при ТЕЦ – ако котелът не е подготвен, отварянето на клапаните ще доведе до намаляване на параметрите на парата и оттам нов спад на мощността);
- Настройка на всеки работещ блок;
- Настройка и условия на натоварване на всички главни ротационни машини;
- Конфигурация на системата (брой на шините (tie-line), състояние на шините, особено тези, свързани с товарите, които трябва да се разтоварват и т. н.).

B. Оперативни условия след смущението:

- Нова потребност от мощност;
- Оставащата генерираща мощност;
- Резерви на всеки оставащ блок;
- Време за установяване на резерва на блоковете;
- Нова конфигурация на системата;
- Статус, настройки и състояние на натоварване на останалите главни ротационни машини;
- Състояние на всички изключваеми товарни блокове.

C. Естество и времетраене на смущението:

- Електрически и механически повреди;
- Пълна или частична загуба на връзка с националната мрежа;
- Пълна или частична загуба на местно генериране;
- Добавка на товари (влияние);
- Местни смущения;
- Времетраене на смущението и неговото завършване (самовъзстановяване, изолиране на грешката, задействане на защитни прибори и др.);
- Последващи смущения на системата.

D. Системен преходен процес след смущение:

- Честотна реакция на системата (затихване, първа производна, крайна честота);
- Реакция на системата по напрежение;
- Стабилност по роторен ъгъл на всеки останал блок;
- Оперирание на защитните уреди.

Система, която може да вгради в себе такива, описани по-горе, параметри в своите изчисления и в процеса на взимане на решение, трябва да притежава интелигентност.

Все повече предприятия се снабдяват с интелигентни системи SCADA или DCS, които са в състояние да детектират и реорганизируют on line оперативните данни и условията на смущенията.

Освен това, инструментите за моделиране на системите за мощност и стимулационен софтуер бяха значително подобрени, за да удовлетворят голямото разнообразие от анализи на системите - от просто изучаване на товарите до стабилност при преходни процеси.

В последните години модерни програми по системен анализ бяха развити като компонент от по-големи системи за управление, за да изпълняват анализи в реално време.

Освен това, такива техники като Neural Network (NN), Generic Algorithms (GA), Simulated Annealing (SA), Fuzzy Logic (FL), Expert Systems (ES) бяха вградени в реалните системи за управление, за да предложат по-ефективно решаване на проблемите чрез използване на знание и разсъждения, изследване, планиране и действие за някои високо нелинейни проблеми, които често не могат да бъдат решени с помощта на конвенционалните методи.

Една интелигентна система за разтоварване, притежаваща комбинация от такива технологии, може да бъде изградена, за да постигне следните цели:

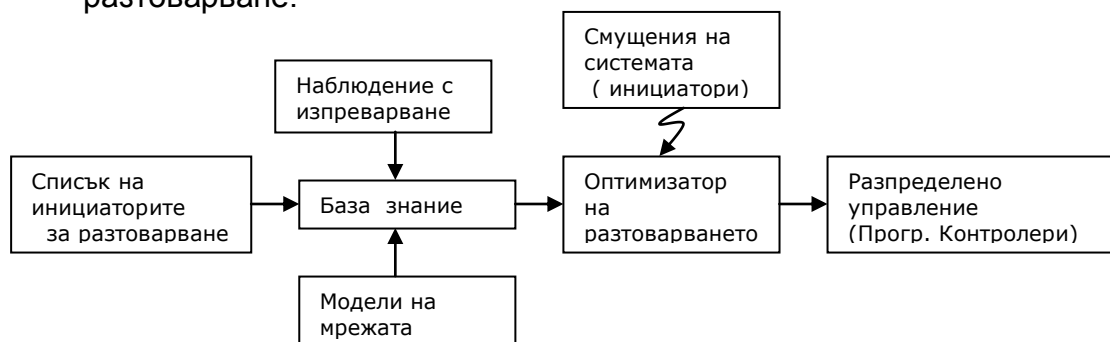
- Да се преобразува сложен, високо нелинеен и не-параметричен проблем на изключване на товарите в едно крайно пространство с ограничен брой точки за събиране на информация.
- Автоматично възстановяване на системната конфигурация, работните условия и системната реакция към смущенията;
- Възможност от разпознаване на образи за предвиждане на системната реакция към смущенията;
- Системна база от данни, обучаем от сценарии, дефинирани от потребителя;
- Възможности за самообучение при новите системни промени;
- Възможности за бързи решения кой товар да се изключи на базата на моментното състояние на товарите;
- Разтоварване на минимум товари, за да се поддържа системата стабилна.

На Фиг.1 е посочена схема на интелигентно разтоварване с няколко функционални блока, дефинирани по-долу.

- База знание - използва внимателно подбрани входове и изходи, базирани на off line изследвания и модели. Динамични реакции на системата, включително вариации на честотата, са между изходите на базата знание;
- Мониторинг с предвиждане на поведението на системата - наблюдава промяната на работните условия, шинните потоци, генерирането на локалните мощности, трансформаторите и товарите на фидерите, така също оценява състоянието на изключваемите товари;
- Модели на мрежата - съдържат топологията, информацията за връзките и електрическите свойства на компонентите на системата;
- Списък на инициаторите за разтоварване - базиран на предварително дефинирани системни смущения;
- Оптимизатор на разтоварването - изчислява таблиците на оптималното разтоварване, кореспондиращи на системните промени;
- Разпределено управление на програмируемите контролери - бързо изпълнява разтоварването, базирано на детекцията на инициаторите на смущения от системата.

Тази архитектура, както е описано по-горе, притежава следните преимущества:

- Използуване на таблици на разтоварване в реално време, които отразяват истинската ситуация на изключваемите товари;
- Осигуряване на оптимална комбинация от изключваеми товари, за да се получи максимално запазване на включените товари;
- Бързо реагиране на инициатори на смущение (по-малко от 100 ms в повечето случаи);
- Предоставя среда, осигуряваща бързо обучение на операторите с възможност да се моделират и оценят решенията за разтоварване.



Фиг. 1. Функционална блокова схема на интелигентно разтоварване.

Конкретна реализация

Предложената реализация покрива всички изисквания на посочените

характеристики на Фиг. 1.

Използваме:

Програмираем контролер, който е достатъчно мощен да обхване цялата част от системата, предмет на разтоварване. Това е контролер, който поради тройната си модулна резервация притежава висока надеждност - повече от 270 години средно време между отказите и е непрекъсваем - при наличие на отказ, в който и да е от неговите модули - входни, изходни, процесорни модули, захранващи модули, контролерът продължава да работи без никакви смущения и позволява замяната на повредения модул чрез простото му изваждане и поставяне на резервен такъв. Това премахва всички недостатъци на подходите: *Разтоварване чрез изключване на прекъсвач и Разтоварване чрез честотно реле. Прави системата на порядъци по-надеждна и непрекъсваема, което не може да се получи чрез конвенционалните контролери. Контролерът представлява разпределена система от дистанционно разположени модули, свързани с тройно резервирана комуникационна шина, базирана на оптични кабели, с висока степен на имунитет от електромагнитни смущения и висока скорост на обмен на данни и команди в двете посоки. Максималният брой входове и изходи с които може да работи тази система, е 14 000 (четирнадесет хиляди). Този контролер получава опреснена картина на обекта от Сървера за интелигентно разтоварване от гледна точка на функцията за интелигентно разтоварване, както това е описано в предходната глава:*

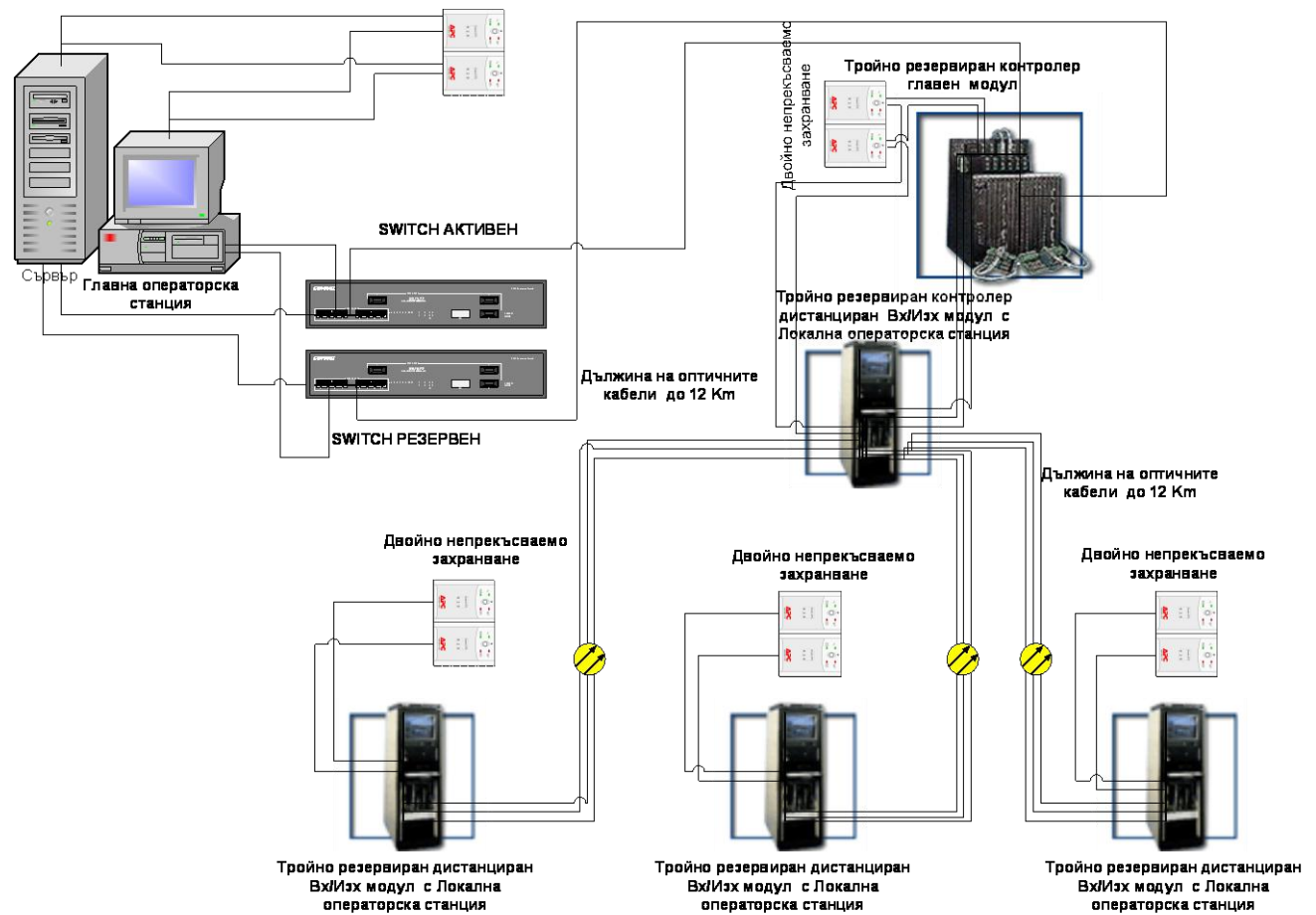
- A. *Оперативни условия преди смущението;*
- B. *Оперативни условия след смущението;*
- C. *Естество и времетраене на смущението;*
- D. *Системен преходен процес след смущение.*

Високо интелигентен и ефективен софтуер, който резидира в сървъра и решава задачите:

- Преобразува един сложен, високо нелинеен и не-параметричен проблем на изключване на товарите в едно крайно пространство с ограничен брой точки за събиране на информация.
- Автоматично възстановява системната конфигурация, работните условия и системната реакция към смущенията;
- Предвижда системната реакция към смущенията;
- Поддържа системна база от данни, обучаем от сценарии, дефинирани от потребителя;
- Провежда само-обучение при новите системни промени;
- Осигурява възможности за бързи решения кой товар да се изключи на базата на моментното състояние на товарите;
- Изработва инструкции за контролера за разтоварване на минимум товари, за да поддържа системата стабилна.

Тази високо ефективна и надеждна система се откупува още на първото разтоварване, което ще бъде извършено на базата на моментното състояние на системата в течение на 100-150ms.

Една опростена схема на такава система е показана на Фигура 2.



Фиг.2 Блокова схема на система за интелигентно разтоварване на товарите в енергийна система на промишлени предприятия

Необходими данни за изработване на проекта:

- Еднолинейни диаграми;
- Параметри на оборудването, свързани със задачата;
- Данни за късо съединение (MVAsc, X/R);
- Модели (описания) на защитните съоръжения /тип/параметри;
- Модели (описания) на регулаторите на турбините, на възбуждането, заедно с техните параметри;
- Тестови данни на генераторите при приемане и отхвърляне на товар – 50% и 100%;
- АС двигатели – динамичен модел заедно с характеристиките въртящ момент/ приплъзване;
- Как се извеждат данните от измерванията на фидерите;
- Съществуващи изследвания на системата;
- Исторически данни за работата на системата и информация за смущения;
- Друга подходяща информация за описание на системната апаратура.

Зададените въпроси се поставят при полагането, че системата, след отделянето си от националната мрежа, остава да работи с вътрешните генериращи мощности.

Другите функции на Системата за управление на енергийното стопанство, разработена и внедрена от ДИКС Интъртрейд ООД във рафинерията Lindsay Oil Великобритания

Системата е част от интегрираната командна зала на рафинерията.

Системата осъществява управление на:

Производство на пара за технологическите процеси; управление на турбогенераторите, произвеждащи активна и реактивна енергия, $\cos \varphi$ и Power factor в зависимост от изискванията на рафинерията и осигурява оптимално разходване на енергия от националния доставчик, като автоматично синхронизира турбо- генераторите и ги включва в работа към националната мрежа или в островен режим.

За подробности посетете Интернет страница www.dicsintertrade.com.