

Разкъсващи защиты по първи и втори контур при ВВЕР-1000

инж. Цветелина Беширова
Технически университет - София

Разкъсващите защиты при централи с реактор ВВЕР представляват съвкупност от действия, които спомагат за овладяване ситуации, при които имаме разкъсване на питателни и парни тръбопроводи, както в хермозоната, така и по втори контур. За тяхното сработване е необходимо постъпването на комбинирани сигнали, по които може да се установи и точното място на самото разкъсване. Сигналите биват:

- $\Delta T_s > 75^\circ\text{C}$ & $R_{пп} < 45\text{kgf/cm}^2$ & $T_{\text{к-р}} > 200^\circ\text{C}$;
- $R_{пп} < 50\text{kgf/cm}^2$ & $\Delta P_{\text{о.к.}} > - 2,0\text{kgf/cm}^2$;
- $\Delta P_{\text{пв-пп}} \leq - 25\text{kgf/cm}^2$ & $R_{\text{пв}} \leq 30\text{kgf/cm}^2$ & $R_{пп} > 50\text{kgf/cm}^2$

Контролът и управлението на системите, както за нормална експлоатация, така и за аварийна се осъществява от:

- блочен щит за управление (БЩУ);
- резервен щит за управление (РЩУ);
- управляващи системи за нормална експлоатация;
- управляващи системи за безопасност;
- автономни средства за визуализация и съхранение на информацията - ПАМС и ИПБ.

Информационните функции (контрола) се състоят в събиране и обработка на технологичната информация, която се подава към различни функционални системи и оперативен персонал. Управляващите функции се състоят във формиране на управляващи въздействия върху оборудването на блока, а спомагателните функции се отнасят до диагностика и периодични изпитания на технологичното оборудване.

Системата за управление на защитните действия на системите за безопасност (УСБ) е съвкупност от подсистеми за технологичен контрол, дистанционно управление, блокировки и защиты, технологична сигнализация и автоматично регулиране, които са предназначени за привеждане в действие на технологичните, защитните, осигуряващите и локализиращите системи за безопасност, контрола и управлението им в процеса на изпълнение на защитните функции.

Комплексът от технически средства на УСБ включва :

- първични измерителни преобразуватели, необходими за формиране на сигнали за задействане на технологични, защитни, локализиращи и осигуряващи устройства;
- средства за индивидуален контрол на параметрите, влияещи на безопасността;
- средства за обработка на сигналите от първичните измерителни преобразуватели, сравнението им със зададената стойност, логическа обработка на дискретните сигнали на защитите и блокировките, както и средства за дистанционно управление на защитните, осигуряващите и локализиращи устройства.

Всички технически средства на УСБ са в сеизмично устойчиво изпълнение.

В проектните основи на управляващите системи за безопасност (УСБ) лежат следните основни принципи:

- Появата на всякакви единични откази в управляващата система не трябва да нарушават нейната работоспособност. Този принцип предвижда безотказна работа на системата при отказ на отделен канал.

- Основен вид управление на оборудването при възникване на аварийна ситуация се явява автоматичното управление по команди от защитите и блокировките при всяко начално положение на арматурата и механизмите. Тези команди имат приоритет за изпълнение пред командите на оператора.

- За изключване на неправилни действия на оператора при изпробване и по време на авария, съвпадаща с обезточване, е предвидена забрана за дистанционното управление на оборудването от системите за безопасност за времето на работа на програмата за задействане на оборудването.

- За всички механизми в режим на авария с обезточване автоматично се въвежда забрана за изключването им от оператора, докато не са налични съответните технологични условия за разрешение. В резултат на това, оперативният персонал не може да въздейства на механизмите на САОЗ (в страна противоположна на командите на защитата), докато не се изпълни напълно програмата, или не се появи параметър (вътрешна защита), разрешаващ на оператора да изключи каквото и да е оборудване.

- За изключване на грешни действия на персонала по отношение на управлението на арматурата, както в режим на нормална експлоатация, така и при аварии, като правило, се налага забрана за подаване на команди, привеждащи арматурата в положение, непредписано от защитите и блокировките.

- За изключване на лъжливи управляващи команди, които могат да възникнат при пожар или други аварии на един от щитовете за управление, в проекта са предвидени средства за блокиране на тези команди. Връщането на механизма в изходно състояние се допуска след намесата на персонала.

- В проекта са предвидени решения, позволяващи да се провеждат периодични автоматизирани проверки на работоспособността на УСБ и възможност за нейното поканално ремонтиране.

- С помощта на предвидения от проекта автоматичен контрол за неизправностите се издават светлинни и звукови сигнали на оперативния персонал.

Системата е работоспособна във всички режими на работа на енергоблока, включително и загуба на електрозахранване за собствени нужди.

Във връзка с изложения подход за построяване на управляващата система на безопасност, в проекта са предвидени следните основни мероприятия:

- Устройството на управляващата система за безопасност на АЕЦ е разделено на три независими един от друг канали;

- Независимост на каналите се постига за сметка на наличие във всеки канал на автономни източници на електрозахранване, автономен комплекс от средства за контрол, автоматично и дистанционно управление, включвайки контролно-измерителните прибори, а така също за сметка на отсъствие на електрически връзки между каналите и териториално разделение на каналите;

- Включването на системата за безопасност се осъществява автоматично след задействане на предвидените за целта сигнали, а в случай на загуба на електрозахранване за собствени нужди - поетапно към аварийен източник на захранване - дизел-генератор.

- Операторът получава информация на БЩУ и РЩУ за хода на работата на управляващата система отделно по всеки канал на системата за безопасност.

За осигуряване на надеждност, основните защити в УСБ са изпълнени по схема "2 от 4".

В режим на нормална експлоатация на енергоблока с помощта на КИС Ovation е реализирана поредица от помощни функции:

- контрол и представяне на информацията,

- контрол на защитите и блокировките (КЗБ),
- регистрация на текущите събития и важните параметри и други.

Функцията на КЗБ е предназначена за контрол на изпълнение от КИС Ovation на зададените блокировки и защиты при наличие на условия на тяхното задействане, а така също контрол на самопроизволно изменение на положението на арматурата и механизмите при отсъствие на параметрите или други условия, необходими за формиране команди за управлението им.

Указаните функции на КИС в съчетание с периодични изпитвания на защитите и блокировките и автоматичен контрол на част от възникващите неизправности, са насочени към откриване на явните и скрити откази и поддържане на УСБ в работоспособно състояние.

Описание на системната логика

УСБ се състои от ред подсистеми, които при нормален режим на работа на енергоблока се намират в режим на очакване. В този режим системата формира информация за технологичните параметри и осигурява сигнализация за поява на основни откази.

При възникване на авария, функцията на УСБ е да задейства защитните, локализиращите и осигуряващите системи за безопасност в определена последователност.

Сигналите за задействане на УСБ са :

1. Усн 6кV - Обезточване (понижаване на $U_{сн} < 0,25U_{ном}$ или $f < 46Hz$) на секции собствени нужди за време $\tau > 2s$.

2. $\Delta T_s < 10^\circ C$ - Понижаване на разликата между температурата на насищане в I контур и температурата на топлоносителя в горещата част на кой да е от циркуляционните кръгове на I контур под $10^\circ C$.

3. $P_{хз} > 0,3kgf/cm^2$ - Повишаване на налягането (над атмосферното) в хермозоната над $0,3kgf/cm^2$.

4. $\Delta T_s > 75^\circ C$ & $R_{пп} < 50kgf/cm^2$ & $T_{Iк-р} > 200^\circ C$

Съвпадане на следните сигнали за кой да е ПГ:

- повишаване на разликата между температурите на насищане в I и II контур над $75^\circ C$;
- понижаване на налягането в паропровода под $50kgf/cm^2$;
- при $T_{Iк-р} > 200^\circ C$.

Допълнителни защиты действащи и върху оборудване по II контур

5. $\Delta T_s > 75^\circ C$ & $R_{пп} < 45kgf/cm^2$ & $T_{Iк-р} > 200^\circ C$

Съвпадане на следните сигнали за кой да е ПГ:

- повишаване на разликата между температурите на насищане в I и II контур над $75^\circ C$;
- понижаване на налягането в паропровода под $45kgf/cm^2$;
- $T_{Iк-р} > 200^\circ C$.

6. $R_{пп} < 50kgf/cm^2$ & $\Delta P_{о.к.} > - 2,0kgf/cm^2$

Съвпадане на следните сигнали за кой да е ПГ:

- понижаване на налягането в паропровода под $50kgf/cm^2$;
- повишаване на разликата между наляганята на обратния клапан TX50(60,70,80)S07 над $- 2,0kgf/cm^2$.

7. $\Delta P_{пв-пп} \leq - 25kgf/cm^2$ & $R_{пв} \leq 30kgf/cm^2$ & $R_{пп} > 50kgf/cm^2$.

Съвпадане на следните сигнали за кой да е ПГ:

- понижаване на разликата на налягането в питателния тръбопровод и съответния паропровод под $- 25kgf/cm^2$;
- понижаване на налягането на питателния тръбопровод под $30kgf/cm^2$;
- при налягане на паропровода над $50kgf/cm^2$.

Понижаването на налягането в парогенераторите води до понижаване на температурата на студените циркуляционни кръгове, което обуславя и понижаването на параметрите по I к-р ($T_{ср}$, $P_{Iк-р}$, $N_{ко}$). Понижаването на средната температура в реактора предизвиква въвеждане на положителна реактивност от температурния ефект и повишава мощността на реактора, което се изразява в повишаване на ΔT . В случаи, че реакторът работи над допустимата си мощност това може да предизвика разгерметизиране на ТОЕ поради рязката скокообразна промяна на температурата на горивото и обвивката.

Ситуация, свързана с нерегулируемо отбиране на пара от ПГ, предизвикано от изтичане през незатворен клапан на БРУ-А се характеризира с:

- понижаване на разхода на пара към турбината
- регулиращата система на турбината притваря РК на турбината
- налягането в ГПК се поддържа от ЕХСР
- намаляване на електрическата мощност на генератора приблизително с $15\%N_{ном}$ за сметка на парата която се изхвърля от незатвореното БРУ-А
- ще се наруши материалния баланс на втори контур, което ще доведе до понижаване на нивата в кондензатора на турбината или в ДВН.
- отворено или без индикация положение на един от клапаните на БРУ-А.

В случай, РУ работи на 100% и БРУ-А е отворило, операторите разполагат със запас от време приблизително 10-15 минути (при операторски действия времето се увеличава значително), да затворят незатвореното БРУ-А. Операторите трябва да осигурят максимална подпитка на II контур от система UA. Разхода на през БРУ-А е 900t/h. При $N=100\%$ паропроизводителността на ПГ е 1470t/h докато при $N=60\%N_{ном}$ паропроизводителността на ПГ е приблизително равна на разхода през БРУ-А. Следователно понижаването на мощността под 60% ще доведе до понижаване на налягането в съответния парогенератор и сработване на разкъсващи защиты по $T_{Iк-р} > 200^{\circ}C$, $\Delta T_{s-II} > 75^{\circ}C$ и $P_{Iк-р} < 50kgf/cm^2$ - стартира АСП III програма, сработва АЗ и затваря БЗОК на повредения парогенератор. По сигнали $\Delta P_{ок} < -2kgf/cm^2$ и $R_{III} < 50kgf/cm^2$, повредения ПГ се изолира по TX и RL, изключва ГЦП, ако не изключи след 10 секунди изключват въводи работно и резервно захранване на съответната секция.

Ситуация, свързана с нерегулирано отбиране на пара от ПГ поради изтичане през един незатворен предпазен клапан е аналогична, като разхода на пара през ПК на ПГ = 800t/h.

Скъсване на паропровод се разглеждат два случая със и без възможност за изолиране на съответният ПГ. Такава ситуация се получава, когато скъсването е на паропровода между един от ПГ - YB10(20,30,40)W01 и съответния БЗОК - TX50(60,70,80)S06. Възможно е разкъсването да бъде и в ХЗ при което ще се задействат разкъсващи защиты по I к-р. В резултат на което ХЗ ще бъде изолирана ГЦП изкл. Активната зона се охлажда неконтролируемо до изпаряване на водата в съответният ПГ след което остатъчното топло отделяне от активната зона се отнема чрез естествена циркулация с останалите ПГ .

Действието на защита: $\Delta P_{пв-пп} \leq - 25kgf/cm^2$ - понижаване пада на налягането на питателния тръбопровод и съответния паропровод; $R_{пв} \leq 30kgf/cm^2$ - налягането на питателния тръбопровод и повишаване на налягането на паропровода над $50kgf/cm^2$ води до прекратяването на подаване на питателна вода към съответният ПГ , като по този начин се запазва подаването на питателна вода към останалите ПГ. Ако скъсването е в ХЗ това ще доведе до за действие на разкъсващи защиты по I к-р.

Затваряне на БЗОК може да бъде грешка в действията на персонала, погрешно сработване на канали от разкъсващите защиты YZ, откази на арматурата обслужващи БЗОК. Затварянето на един БЗОК предизвиква прекратяване на отвеждането на парата в парогенератора, което води до повишаване на налягането в отсечения парогенератор и повишаване на температурата на топлоносителя в циркуляционния кръг с този парогенератор. В резултат на затварянето на БЗОК изключва ГЦП и остава на инерционен въйбег, това е и началото на сработване на АРОМ, който

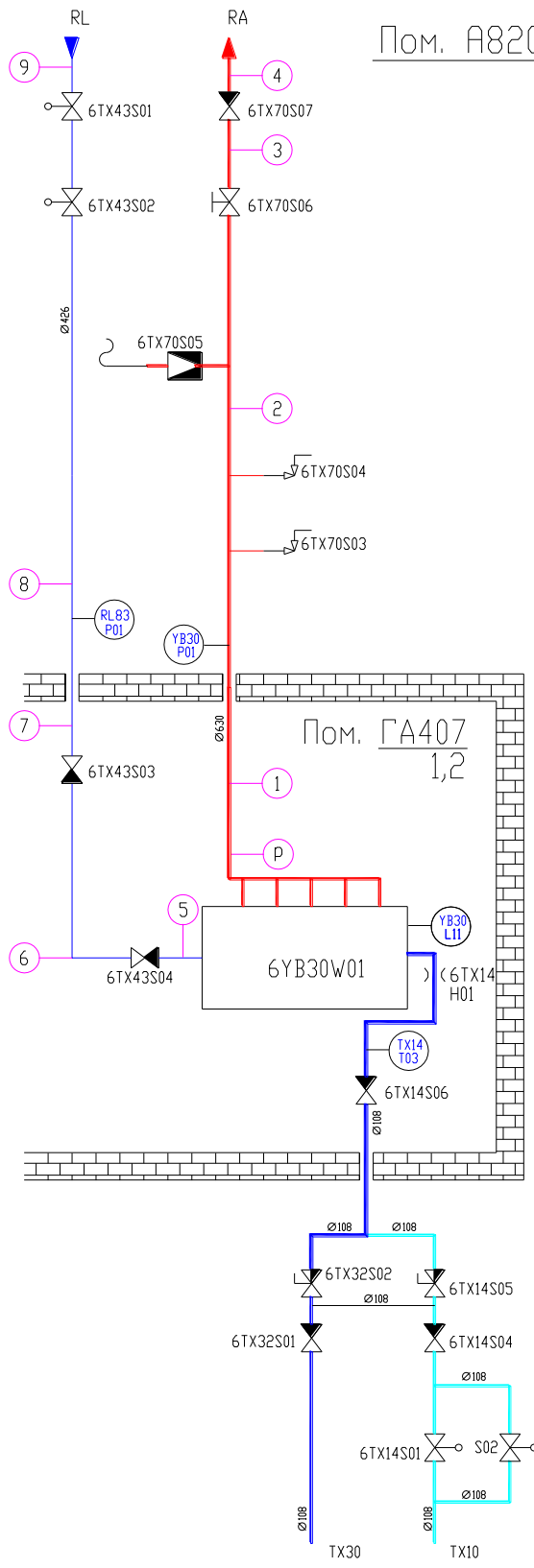
започва разтоварване чрез ПЗ-1 до 67% Nном. Налягането в ПГ започва да се повишава и при достигане на $R_{ПГ}=74\text{kgf/cm}^2$ започва отварянето на БРУ-А. Ако по допълнителен отказ БРУ-А не отвори се достига налягане в парогенератора 80kgf/cm^2 , поради което сработва АЗ. Сигналът за сработване на АЗ по $R_{ПГ}>80\text{kgf/cm}^2$ се шунтира 50 секунди след изключване на ГЦП. При повишаване на $R_{ПГ}$ до 84kgf/cm^2 и $86,4\text{kgf/cm}^2$ сработват предпазните клапани на ПГ. След изключване на ГЦП, в аварирания ЦК се появява обратен поток на топлоносителя. При положение, че БРУ-А отвори при достигане на $R_{ПГ}=74\text{kgf/cm}^2$, до сработване на АЗ не се достига. РУ остава да работи на 67%, налягането в аварирания ПГ се поддържа 68kgf/cm^2 от работата на БРУ-А, а $R_{гпк}$ се поддържа от регулиращите клапани на ТГ.

Изменението на параметрите по II контур водят до нарушаване условията за охлаждане на активната зона респективно на горивото и до достигане на експлоатационните предели за неговото повреждане съгласно ТР (Състоянието на горивото, при което количеството на повредените ТОЕ вследствие образуване на микропукнатини спрямо общото количество намиращи се в активната зона ТОЕ при работа във всички режими на експлоатация не превишава:

- **0,2%** - за ТОЕ с дефекти от типа "газова неплътност";
- **0,02%** - за ТОЕ с пряк контакт на горивото и топлоносителя).

Примерна схема на линиите по вода и пара към ПГ, точките на вероятни течове, кои защиты се задействат, въздействия от тях и върху какво действат.

Пом. А820



Течове по пара

№	Защита	въздействия
1.	$P_{хз} > 0,3 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta T_s > 75^\circ\text{C}$ & $P_{пг} < 50 \text{ kgf/cm}^2$ & $T_1 > 200^\circ\text{C}$	АЗ, изолация ХЗ, АСП III програма, изкл. ГЦП, СК на ТГ.
2.	$\Delta T_s > 75^\circ\text{C}$ & $P_{пг} < 50 \text{ kgf/cm}^2$ & $T_1 > 200^\circ\text{C}$	АЗ, АСП III програма, изкл. ГЦП, затваря БЗОК и СК на ТГ.
3.	$P_{пг} < 50 \text{ kgf/cm}^2$ & $\Delta P_{о.к.} > - 2.0 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta T_s > 75^\circ\text{C}$ & $P_{пг} < 45 \text{ kgf/cm}^2$ & $T_1 > 200^\circ\text{C}$	изкл. ГЦП, РОМ ратоварва, затв. RL & ТХ
4.	$\Delta T_s > 75^\circ\text{C}$ & $P_{пг} < 50 \text{ kgf/cm}^2$ & $T_1 > 200^\circ\text{C}$	АСП III програма, затварят всички БЗОК

Течове по вода

№	Защита	въздействия
5.	$P_{хз} > 0,3 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta P_{пв-пп} \leq -25 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пв} \leq 30 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пг} \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$	АЗ, изолация ХЗ, АСП III програма; изкл. ГЦП, затв. СК на ТГ.
6, 7	$\Delta P_{пв-пп} \leq -25 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пв} \leq 30 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пг} \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$	затв. ТХ
8.	$\Delta P_{пв-пп} \leq -25 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пв} \leq 30 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пг} \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$	затв. ТХ
9.	$\Delta P_{пв-пп} \leq -25 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пв} \leq 30 \text{ kgf/cm}^2$ & $P_{пг} \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$	затв. ТХ, изкл. ТПП по разход

В Приложение 4, 5, 6 са показани блок-схемите на алгоритъма на действие на защити YZ по II контур в СБ и върху кои механизми въздействат.

ТЕРМОДИНАМІЧНА ДІАГРАМА

допустими області на параметри I і II контур - ВВЕР-1000

