

---

## СИНТЕЗ НА СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖНИ ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ С ЦЕЛ ОСИГУРЯВАНЕ НА МАКСИМАЛНА ЕФЕКТИВНОСТ

Емилия Димитрова  
[edimitrova@bitex.bg](mailto:edimitrova@bitex.bg)

*ВТУ “Тодор Каблешков” – София, ул. „Гео Милев“ 158  
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** системи за мониторинг и управление, сложни технически обекти, надеждност на техническото оборудване*

***Резюме:** При синтеза на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти като основни критерии на ефективност се приемат бързодействието на системата, достоверността на представената информация, надеждността на системата и нейната цена. В настоящия доклад са разгледани етапите на синтез на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти. Особено внимание е обърнато на техническата реализация на системата. Систематизирани са критериите за избор на необходимото техническо оборудване с цел осигуряване на висока степен на надеждност и ефективност. Конкретизирана е целевата функция, осигуряваща оптимално съотношение на ефективността на разработената система и надеждността на техническото оборудване спрямо нейната себестойност и капиталовложения. Разработени са методика и алгоритъм за синтез с цел осигуряване на оптималното съотношение цена-ефективност.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Системите за мониторинг и управление на сложни технически обекти навлизат все по-широко в автоматизацията на промишлеността, транспорта, енергетиката и др. Намират приложение при контрола и управлението на разсредоточени обекти, разположени на голяма територия. Осигуряват визуализация на състоянието и възможност за дистанционно управление от централен пункт в реално време. Предвидени са мерки за повишаване на безопасността и за предотвратяване на произшествия, аварии и т.н.

Съвременните автоматизирани системи за мониторинг и управление представляват сложни програмно-апаратни комплекси с разнообразно оборудване, голям брой подсистеми и сложни връзки между тях. В процеса на работа между отделните компоненти съществува постоянно взаимодействие, като евентуалният отказ в един от тях не трябва да нарушава правилното функциониране на системата като цяло. Това определя особеното значение на проблема за надеждност на системата [1]. Ето защо при реализацията на такива системи се използват подходяща структура и

техническо оборудване, което осигурява високи стойности на комплексните показатели за безотказност и ремонтпригодност, както и ефективна работа на системата [1-4].

## **ЕТАПИ НА СИНТЕЗ НА СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖНИ ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ**

В зависимост от сложността на обекта на управление и съвкупността от дейности, изискващи реализация при създаването на конкретна система за мониторинг и управление, етапите на синтез могат да имат различна сложност.

Етап 1 – Формиране на изисквания към системата за мониторинг и управление: необходим е анализ на структурата на обекта на управление, изучаване на съществуващите системи за обработка на информацията, обосноваване на необходимостта от създаване на система за мониторинг и управление, описание на функциите и изискванията към елементите от диспечерското ниво, определяне на вероятните подходи при техническата реализация на системата и оценка на разходите (за необходимата апаратура и софтуер, за разработване на нови програмни продукти и т.н.).

Етап 2 – Разработване на концептуален модел на системата за мониторинг и управление: научноизследователска дейност и задълбочен анализ на обекта на управление и връзките между подобектите (събиране на информация за събития и процеси, протичащи в обекта), обобщаване на възможните технически състояния и разграничаване на допустимите, формиране на списъци със задачите за реализация на мониторинг и контрол, както и с функциите по управление (определяне на продължителност и периодичност на изпълнение, съществуващи средства за събиране, предаване и обработка на информацията, показатели и техните количествени характеристики, изчислителни алгоритми и методи на контрол, определяне на допустимата точност при идентификацията на техническото състояние, класификация на функциите по степен на важност и т.н.).

Етап 3 – Изработване на техническо задание – определят се целите, изискванията и основните изходни данни, необходими за разработването на системата за мониторинг и управление на обекта: конкретизират се основната цел и общите изисквания, както и изискванията към информационното, математическото, програмното и техническото осигуряване и към системата за управление на базата данни; определя се структурата на системата, нейните елементи, функции и възможности за развитие и модернизация; дефинира се човеко-машинен интерфейс и се разпределят функциите между оператора и системата; разработва се технико-икономическа обосновка.

Етап 4 – Техническа реализация на системата за мониторинг и управление на обекта: разработване на проектни решения на системата и нейните елементи, алгоритми за решаване на поставените задачи, мероприятия по подготовка на обекта за внедряване на системата, обосноваване на структурата на математическото осигуряване, както и на избора на софтуер и на технологическия процес на обработка на данните, обезпечаване на надеждността на функциониране на техническите средства.

Етап 5 – Въвеждане в експлоатация: подготовка на обекта и на обслужващия персонал, монтажна дейност и предварителна настройка, инсталиране на програмното осигуряване, провеждане на предварителни изпитания и пробна експлоатация, изработване на техническа документация и тестове за пускане на системата в експлоатация.

Съвременните системи за мониторинг и диспечерско управление на сложни технически обекти са възстановими и работят в стационарен режим на откази и последващо възстановяване на работното им състояние [2, 3]. Прилагането на

агрегатния принцип на изграждане позволява високи показатели на унификация, технологичност в серийното производство, лесна промяна в конфигурацията и изменение на обема изпълнявани функции, обезпечаване на висока надеждност.

Предвид сложната многофункционална структура на такива системи е необходимо осигуряване на надеждността им в две направления – на отделните компоненти и на системата като цяло. При тези системи могат да възникнат частични откази във функционирането на отделен елемент, които да не водят до отказ на цялата система. В много случаи високата надеждност се гарантира чрез резервиране – метод за повишаване на надеждността с въвеждане на излишък [1-4]. Увеличаването на кратността на резервиране обикновено води до повишаване на надеждността, но едновременно с това усложнява системата, увеличава нейните габарити, тегло, консумация на енергия и цена. Предлагайки резервиране, е необходимо да се обоснове целесъобразна кратност на резерва [4].

### **АЛГОРИТЪМ НА СИНТЕЗ НА СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖНИ ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ С ЦЕЛ ОСИГУРЯВАНЕ НА МАКСИМАЛНА ЕФЕКТИВНОСТ**

Присинтеза на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти като основни критерии на ефективност се приемат бързодействието на системата, достоверността на представената информация, надеждността на системата и нейната цена. Изпълнението на тези критерии трябва да бъде оптимизирано в съотношение цена-качество.

Изискването за достоверност на информацията се осигурява чрез използването на качествени алгоритми за верификация на данните, включени в съответстващи програмни продукти, чието функциониране се осъществява на основата на ефективни творчески решения.

Изискването за надеждност се базира на два показателя – надеждността на програмното осигуряване и на техническото оборудване.

Интегриращ показател е цената или разходите за реализация на системата, тъй като повишаването на качеството може да се осъществява чрез подобряване на използваните средства и алгоритми, както и чрез прилагането на технически устройства с повишена надеждност и резервиране на необходимото оборудване. Задачата на оптимизация се състои в следното:

- максимизация на показателите на надеждност на системата  $P_C$ ;
- минимизация на времето за реакция между заявката и отговора на системата  $T_p$ ;
- минимизация на разходите за реализация на системата  $C$ .

Следователно целевата функция при синтеза на системи  $S$  за мониторинг и управление на сложни технически обекти има следния вид:

$$(1) \quad S = \max(P_C) + \min(T_p) + \min(C).$$

Показателят на надеждност на системата се състои от вероятността за безотказна работа на всички нерезервирани блокове  $P_{nr}$ , на резервираните блокове  $P_r$ , на програмното осигуряване  $P_{no}$  и на човека-оператор  $P_{ог}$ :

$$(2) \quad P_C = \max(P_{nr}, P_r, P_{no}, P_{ог}) \geq P_{ТЗ},$$

където  $P_{ТЗ}$  е зададената вероятност за безотказна работа на системата (по техническо задание).

Бързодействието на системата се оценява, изхождайки от характеристиките на пропускателна способност на предаване на данни. Увеличаването на бързодействието се изразява чрез нарастването на разходите за реализация. Критерият има следния вид:

$$(3) \quad \sum_{k=1}^n t_{k,m} \leq T_{ТЗ}; \sum_{k=1}^n C_{k,m} \leq C_{ТЗ},$$

където  $n$  е брой на варианти за обработка на информацията във всяка подсистема,

$t_{k,m}$  – време за обработка на данните в  $m$ -тата подсистема за  $k$ -тия вариант;  
 $T_{T3}$  – необходимо бързодействие в съответствие с техническото задание;  
 $C_{k,m}$  – цена за обработка на данните в  $m$ -тата подсистема за  $k$ -тия вариант;  
 $C_{T3}$  – максимално допустими разходи в съответствие с техническото задание.

Критерият за ефективността на системата приема вида:

$$(4) \quad C = \min \sum_{i=1}^l C_i x_i + \min_{q_i} \sum_i^{q_i} C_i q_i x_i \leq C_{T3},$$

където  $l$  е брой на типовете ресурси,

$C_i$  – цена на ресурсите от  $i$ -тия тип;

$q_i$  – брой на резервните ресурси от  $i$ -тия тип,

$x_i$  – променлива, която приема стойност 1, ако ресурсът от  $i$ -тия тип е включен в проекта и 0 – в противния случай.

Синтезът на системата, следователно, може да бъде реализиран по алгоритъма, показан на фиг. 1. Най-напред се определя необходимото техническо оборудване с цел обезпечаване на зададените надеждност и бързодействие на системата  $P_{T3}$  и  $T_{T3}$  (Блок 1). След това се избира вариант за реализация (Блок 2): в зависимост от надеждността на използваните елементи се определя необходимостта от резервиране за всички нива на системата, определя се и необходимият брой ремонтни бригади [3, 4]. Освен резервиране, при съвременните системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти се вземат и други мерки за повишаване на надеждността.

На всички нива се използват устройства и компоненти, които са резултат от последните постижения на науката и техниката:

- На диспечерско ниво се внедряват мощни изчислителни машини, произведени от водещи фирми в областта на компютърната техника. Това гарантира удължен срок на експлоатация и висока надеждност на техните елементи – процесори, памет, периферни устройства и т.н. Винаги се инсталира резервен сървър, който в случай на необходимост да поеме функциите на някой от основните. Задължителна е подмяната на машините след изтичане на техния гаранционен срок.

- На комуникационно ниво се внедряват устройства, осъществяващи отворени комуникационни мрежи (OTN) [5].

- На обектно ниво се използват програмируеми логически контролери PLC, произведени от водещи фирми в областта на автоматиката и техническите средства за автоматизация. Внедряват се унифицирани устройства с удължен срок на експлоатация (с интензивност на отказите  $\lambda = 10^{-4} - 10^{-5}$  1/ч). Те осигуряват, също така, възможност за разширяване на конфигурацията чрез добавяне на допълнителни модули. Това осигурява лесна замяна в случай на отказ или при необходимост (например при добавяне на нови информационни точки или контролируеми обекти) [6].

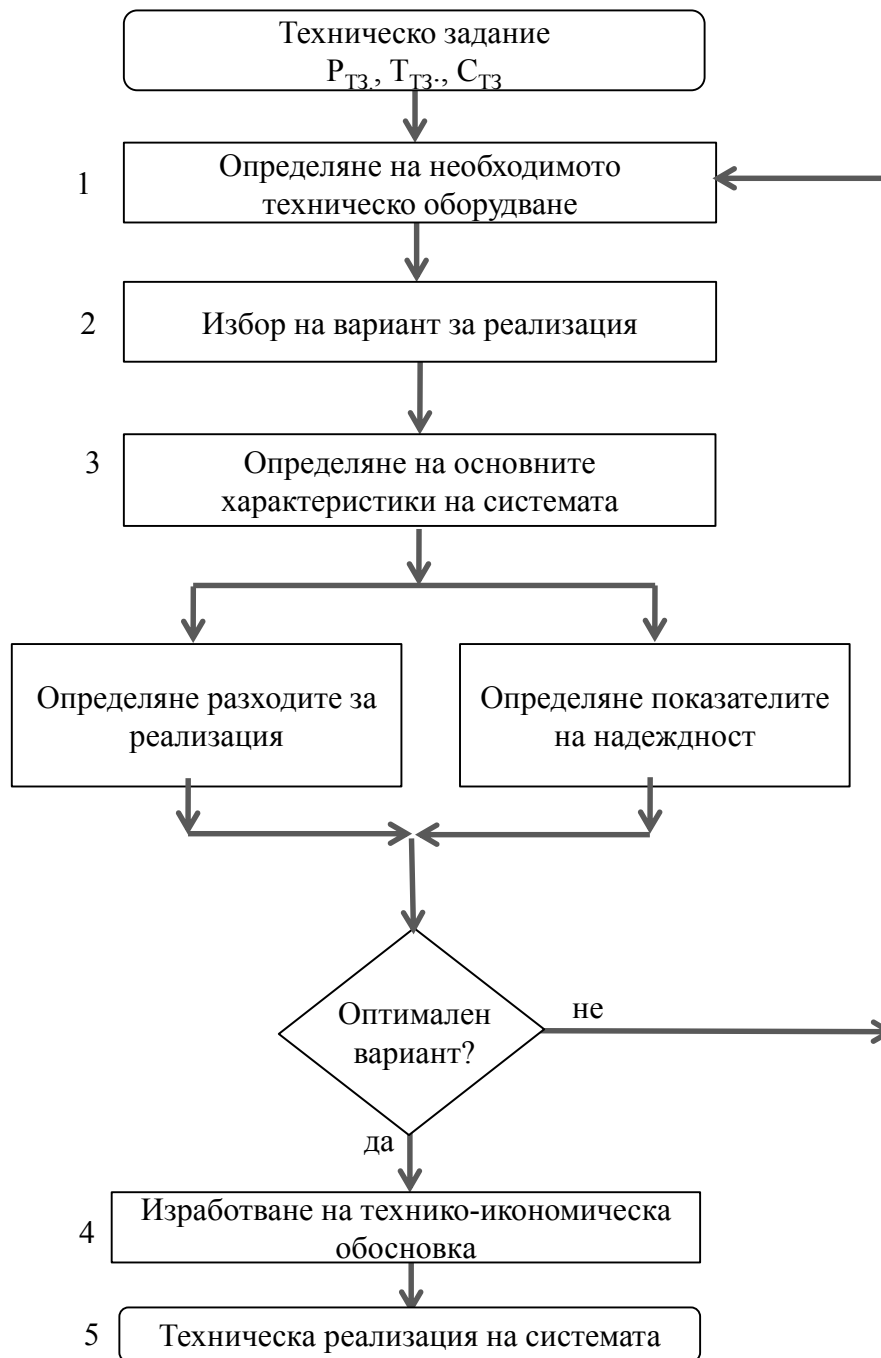
- Като устройства за връзка между обектите и PLC се използват електронни елементи с повишена надеждност ( $\lambda = 10^{-5} - 10^{-7}$  1/ч). Тогава в много случаи отпада и необходимостта от резервиране [6].

Следващият етап е изчисляване на основните характеристики на системата (Блок 3): определят се разходите за реализация по (4) и показателите за надеждност по (2) и (3).

Проверява се достигането на оптимален вариант:

- ако не е изпълнено условието (4), се преминава отново към Блок 1 и се избира друг вид техническо оборудване, като се проверява отново необходимостта от резервиране и промяна на броя ремонтни бригади;

- ако условие (4) е изпълнено, се изработва технико-икономическа обосновка на получения оптимален вариант (Блок 4) и се преминава към техническа реализация на системата (Блок 5).



Фиг. 1. Алгоритъм за синтез на система с цел осигуряване на максимална ефективност

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е разработена методика за синтез на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти с цел осигуряване на ефективност на системата и надеждност на техническото оборудване и постигане на оптимално съотношение цена – качество. Предложеният алгоритъм може да се прилага при изграждане на автоматизирани системи в транспорта (метро, наземен градски транспорт, железопътна инфраструктура), енергетиката, металургическата и

химическата промишленост и др. Чрез използването на съвременните методи на информационните технологии и последните постижения на електронната и измервателна техника могат да бъдат разработени системи за мониторинг и управление на сложни обекти, като се гарантира висока надеждност и ефективност на работа.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

[1] Христов Х., В.Трифонов, “Надеждност и сигурност на комуникациите”, Нови знания, София, ISBN 954-9315-43-6, 2005

[2] Каштанов В., А. Медведев, “Теория надеждности сложных систем”, Москва, “Европейский центр по качеству”, 2002

[3] Линденбаум М.Д., О.Г. Ведерникова, “Практикум по надежности информационных систем”, учеб. пособие. Ч. 1: Расчет надежности, РГУПС, 2006.

[4] Sokolov B. Optimal structure reconfiguration in complex technical systems (CTS): Principles, models, methods and algorithms for the CTS structure dynamics control, VI ISTC, Moscow, 2003

[5] OTN systems – structure, features, advantages, OTN Systems, 2011, available at: <http://www.otnsystems.com/>

[6] Products for Totally Integrated Automation and Micro Automation, Siemens–ST70, ST 70 N, 2012

## **SYNTHESIS OF SYSTEMS FOR MONITORING AND CONTROL ON COMPLEX TECHNICAL OBJECTS THAT AIMED TO ENSURE MAXIMUM EFFICIENCY**

**EmiliyaDimitrova**  
[edimitrova@bitex.bg](mailto:edimitrova@bitex.bg)

***Todor Kableshkov University of Transport – Sofia  
158 Geo Milev Str., Sofia 1574,  
BULGARIA***

***Key words:*** systems for monitoring and control, complex technical objects, reliability of the technical equipment

***Abstract:*** The main criteria for the efficiency while synthesizing systems for monitoring and control on complex technical objects are the system's performance, reliability of the information, the reliability of the system and its cost. In this paper, the stages of synthesis of the systems for monitoring and control on complex technical objects are appointed. Special attention is paid to the technical realization of the system. The criteria for selecting the necessary equipment to ensure high reliability and performance are arranged. The objective function is defined – it ensures the optimal ratio of the efficiency of the developed system and the reliability of the technical equipment in relation to its cost and investment. Methods and algorithms of synthesis aimed to ensure optimal ratio cost – efficiency are developed.