

КІБЕРФІЗИЧНИЙ ПІДХІД В ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

В.В. Аулін, *д-р. техн. наук, проф.*,

А.В. Гриньків, *канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Загально відомо, що технічні системи – це штучно створені системи, які являють собою сукупність взаємосприяючих складових матеріальної і нематеріальної природи, об'єднання яких між собою та зовнішнім середовищем за допомогою фізичних та інформаційних зв'язків утворює нові властивості непритаманні окремим складовим. Що стосується основного завдання технічних систем, то це виконання закладених в них функцій.

Загальні принципи структурної побудови технічних систем являють собою ієрархічні відношення певних рівнів технічної і функціональної складності та призначення.

Розглянемо структурну побудову технічних системи на прикладі кіберфізичного підходу. Результатом функціонування таких систем є останні наукові і технологічні досягнення, що базується на кіберфізичній теорії.

Кіберфізичні системи (CPS), як технічні комплекси які складаються з природніх об'єктів, штучних підсистем і мікроконтролерів, завдяки їх швидкому розвитку і прийняттю концепції Індустрії 4.0 зазнало суттєвих змін. На сьогодні загальновідомі промислові, транспортні кіберфізичні системи та кіберфізичний світ. Кіберфізичні системи це системи, в яких фізичні і програмні компоненти працюють в різних просторових і часових масштабах, тісно переплітаються, демонструючи множинні і чіткі взаємосприятливі поведінкові акти і взаємодіють між собою за допомогою Інтернету і хмарних технологій безліччю способів, які змінюються з контекстом.

В контексті апаратної реалізації заданих функціональних сервісів ієрархічна інфраструктура промислової CPS складається з рівнів: елементів, вузлів, підсистем.

До рівня елементів відносяться датчики, функція яких створення вимірювальних сигналів і їх перетворення в дані (повідомлення), зручні для подальшої обробки. До рівня вузлів відносяться мікроконтролери і промислові комп'ютери, які виконують обробку вимірювальних даних, видачу сигналів управління на виконавчі пристрої, формування даних (повідомлень) для систем моніторингу, контролю та управління, виконавчі пристрої. До рівня підсистем належать комп'ютери, сервери, пристрої хмарних сервісів, які забезпечують роботу систем диспетчеризації і управління підприємством (SCADA, DCS, MES, ERP).

Між рівнями і їх структурними апаратними одиницями існує зв'язок, кожен з яких виконує набір незалежних задач. Реалізація зв'язків здійснюється за допомогою сегментованої промислової або комп'ютерної мережі.

Виходячи з кіберфізичного підходу апаратну структуру технічної системи аналітично можливо представити наступним чином:

$$\begin{aligned} \{Sys\} &= \{Lev_{\alpha} \{Lev_{(\alpha-1)} \{ \dots \{Lev_1\} \} \} \} = \\ &= \left\{ \bigcup_{\beta^{\alpha}=1}^{m^{\alpha}} Con_{\alpha\beta^{\alpha}} \left\{ \bigcup_{\beta^{(\alpha-1)}=1}^{m^{(\alpha-1)}} Con_{\alpha\beta^{\alpha}\beta^{(\alpha-1)}} \left\{ \dots \left\{ \bigcup_{\beta^1=1}^{m^1} Con_{\alpha\beta^{\alpha}\dots\beta^1} \right\} \right\} \right\} \right\} = \end{aligned} \quad , \quad (1)$$

$$\left\{ \bigcup_{\beta^{\alpha}=1}^{m^{\alpha}} \bigcup_{\gamma^{\alpha}=1}^{n^{\alpha}} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}} \left\{ \bigcup_{\beta^{(\alpha-1)}=1}^{m^{(\alpha-1)}} \bigcup_{\gamma^{(\alpha-1)}=1}^{n^{(\alpha-1)}} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}\beta^{(\alpha-1)}\gamma^{(\alpha-1)}} \left\{ \dots \left\{ \bigcup_{\beta^1=1}^{m^1} \bigcup_{\gamma^1=1}^{n^1} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}\dots\beta^1\gamma^1} \right\} \right\} \right\} \right\}$$

де Lev_x – множина рівнів ($Lev_{x-1} \subset Lev_x \subset Sys$), Con_{β^x} – множина складових відповідного рівня ($\forall Con_{\beta^x} \subset Lev_x$), $Dev_{\beta^x\gamma^x}$ – множина структурних апаратних одиниць

$(\forall Dev_{\beta^x \gamma^x} \subset Con_{\beta^x})$, $\{\alpha:1\}$ – множина індексів ієрархічних рівнів, $\beta = (1:m^x)$ – індекс складової рівня x , $\gamma = (1:n^x)$ – множина індексів структурних апаратних одиниць складової рівня x , x – довільний індекс.

Горизонтальні зв'язки між складовими та пристроями рівнів відсутні. Множини, що складають рівні відносяться до множин вищого рівня і визначаються характеристичним вектором як бінарним відношенням між складовими зв'язками.

На увагу заслуговують системоутворюючі зв'язки між елементами, вузлами та підсистемами:

$$L_{(x-1)y} \subset L_{xy} \mid \forall L_{(x-1)y} \in L_{x-1}, b_i = 1, \quad (2)$$

де L_x – множина довільного рівня, $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{|L_x|}\}$ – характеристичний вектор множини L_x , $i = (1:|L_x|)$, x – довільний індекс рівня, y – довільний індекс складової множини L_x .

Таким чином, в роботі запропоновано кіберфізичний підхід до розгляду стану технічних систем з урахуванням ієрархічних відношень певних рівнів технічної і функціональної складності та призначення систем. Запропоновано представлення технічних систем у вигляді їх сенсорних інфраструктур в системі сенсорів. Розглянуто визначення сенсорно-апаратної, сенсорно-функціональної та сенсорно-програмної інфраструктури.

Список літератури

1. Ауліє В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків. – 2015.-С.252-262.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування методу і системи діагностування стану мобільної сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 163. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. – Харків. – 2015.-С.39-44.
3. Аулін В.В., Черновол М.І., Гриньків А.В. Узгодження зміни технічного стану з раціональним вибором об'єкту діагностування // Вісник інж. академії України. – 2015. – №2. – С. 182-188.
4. Аулін В., Бичевой И. Диагностический мониторинг технического состояния электронных систем автомобилей // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. Vol.18. No.2. – P. 103-109.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 9-20.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологія визначення основних експлуатаційних властивостей та якості функціонування транспортних і технічних систем // Вісник інж. академії України. – 2017. – №2. – С.110-115.
7. Аулін В.В., Панков А.А. Эволюционное вычисление жизненного цикла технических средств на основе генетических алгоритмов // Вісник інж. академії України. – 2017. – №2. – С.116-119.
8. Aulin V., Hrinkiv A., Dykha O., Chernovol M. et al. Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 1 (92). P. 4–13.
9. Аулін В.В., Замота Т.Н., Замота О.Н., Гриньків А.В. Технично-економічне обґрунтування переваг інтелектуальної стратегії технічного обслуговування і ремонту легкового автомобіля // Вісник інж. академії України. – 2017. – №4. – С.50-56.
10. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Удосконалення системи транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 47, ч.ІІ. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 3-10.
11. Aulin V., Hryniv A., Lysenko S., Rohovskii I. et al. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2019. Vol. 1 (6 - 97). - P. 7-12.
12. Аулін В.В., Замота Т.Н., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Крупица О.В., Панайотов К.К. Обоснование использования современных подходов для усовершенствования диагностирования систем и агрегатов автомобиля // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2019. Вип. 2(33). С.65-75.