

MODELĂRI ALE SISTEMELOR MECANICE MOBILE

- Rezumat -

CAP. 1 MODELĂRI LA SISTEMELE MECANICE FORMATE DIN PARTICULE ELEMENTARE, oferă cercetătorilor un instrument exact pentru calcularea parametrilor particulelor elementare, atomice și nucleare, aflate în mișcare (dinamic), atunci când materia se condensează. Capitolul examinează doar cele trei forme izotopice ale hidrogenului nuclear, cunoscute ca relativ stabile, primele două complet stabile și următoarea (a treia) relativ stabilă. De la a patra formă izotopică în sus, stabilitatea este aproape inexistentă, viața unui astfel de izotop fiind efemeră, motiv pentru care nu s-a considerat necesară studiarea acestor forme efemere de existență a izotopilor de hidrogen egali sau mai mari de patru. Aplicațiile imediate ale teoriei prezentate sunt contribuțiile la posibila obținere de energie de fuziune, la scară industrială. Pentru calcule s-a folosit relația (8) și s-a dublat raza rezultată R pentru a obține valoarea exactă a diametrului protonului D . Tabelul 1 prezintă diametrele unui proton pe baza valorilor beta ($D=2R$). Se poate observa că cele mai multe dintre valorile diametrului protonilor sunt în intervalul de valori statice precise apropiate de valorile de 1×10^{-16} [m], valoarea maximă fiind de 2×10^{-16} [m]. Diametrul mediu al protonilor este de $1,19558 \times 10^{-16}$ [m]. Pentru a determina valorile razei unui deuteron s-a folosit relația (9), aceste valori au fost apoi dublate și în final valorile diametrului deuteronului sunt afișate în Tabelul 2, în funcție de mărimea raportului beta adimensional. Valoarea medie a unui diametru de deuteron de $5,97924 \times 10^{-17}$ [m] fiind situată sub valoarea medie a unui proton, contrar așteptărilor statice conform cărora deuteronul este mai mare decât protonul. Când masa unei particule nucleare crește, dimensiunea acesteia scade deoarece particula se condensează, adică practic materia la viteze mari se condensează. Pentru a determina valorile razei unui triton s-a folosit relația (10), aceste valori au fost apoi dublate și în final valorile diametrului tritonului sunt afișate în Tabelul 3, în funcție de mărimea raportului beta adimensional. Diametrul mediu al tritonului este de $3,9929 \times 10^{-17}$ [m]. În mod evident, cele mai directe aplicații vor fi folosite pentru a determina cu exactitate dimensiunile protonului, deuteronului sau tritonului în funcție de viteza acestora (energia cinetică până la care particula elementară va fi accelerată pentru a produce reacția de fuziune).

CAP. 2 MODELĂRI DINAMICE LA SISTEMELE MECANICE MOBILE, prezintă dinamica unui robot articulat plan $2R$, dezvoltat prin două metode originale. Unul este clasicul „Lagrangian” adaptat de autor, iar a doua metodă este absolut originală. Dinamica robotului se bazează în ambele cazuri pe variația forțelor de inerție în mecanism, sau practic pe influența maselor elementelor în mișcare ale robotului. Se ține cont și de influența sarcinilor externe, a greutateților și a încărcăturii de transportat. Un alt element original al lucrării este alegerea vitezelor în așa fel încât să corespundă unui optim necesar cinematicii inverse impuse robotului. Din acest motiv, funcționarea dinamică va fi

silențioasă și fără variații sau vibrații mari. Dacă turatiile celor doua motoare electrice (de preferat motoare pas cu pas) se vor adapta la cele recomandate de autor, controlerul (PID) folosit va avea o sarcina foarte usoara. Este chiar posibil să se elimine dacă reglarea celor două motoare pas cu pas (actuatori) se va face în funcție de turațiile indicate de autorul lucrării. Mișcarea cinematică impusă de vitezele optime indicate este verificată dinamic și cu succes prin ambele metode utilizate. Comanda și controlul vitezelor se poate anticipa încă din stadiul de proiectare, prin impunerea unor viteze care să ajute mașina la urmărirea fidelă a traseului dorit, impus prin cinematica inversă. Comanda și controlul vitezelor se realizează prin două metode diferite, ambele cu avantaje reale. Prima metodă de comandă și control al vitezelor se referă la menținerea constantă a turațiilor actuatoarelor, astfel încât accelerațiile acestora să fie zero sau foarte mici, iar deplasarea elementelor mașinii, robotului, să se facă rapid, cu dinamică bună, și ușor de controlat. Deoarece turațiile motoarelor unei mașini robotizate sau ale altor mașini de prelucrare, chiar dacă sunt în general constante, trebuie să-și modifice semnul în funcție de modul în care se va mișca elementul de acționare (atât la deplasarea liniară, cât și la cea circulară), se vor lua turații constante ale motorului, dar cu un semn schimbător, semnul fiind dat de pozițiile ocupate succesiv de mecanism. In acest fel se realizează comanda și controlul inteligent al vitezelor, cu automatizarea acestora. Secvența simplă folosită pentru automatizarea vitezelor unghiulare într-un robot cu două motoare poate fi urmărită în cadrul relațiilor (16), ea fiind scrisă folosind funcția „dacă logic” (if logic). Stabilitatea sistemelor în mișcare de astăzi se datorează controlerelor din ce în ce mai performante, bazate pe microprocesoare și recent nano procesoare, pe software-ul de comandă și control impus sistemului, de obicei un controler PID discret sau chiar continuu, robust, care realizează un circuit închis (buclă închisă), calibrate și cu ajutorul softului și a constantelor determinate pe baza dinamicii sistemului respectiv, dar din ce în ce mai mult se trece la sisteme mecanice cu control mixt, în circuit închis plus feedforward sau o altă formă de control predictiv ce se adaugă la cel clasic în bucla închisă (PI sau PID). Din acest motiv (pentru stabilirea foarte precisă a constantelor de funcționare și pentru reglarea regulatorului PID) este necesară cunoașterea parametrilor dinamici ai mașinii în cauză, fapt pentru care lucrarea de față este extrem de importantă pentru determinarea dinamicii parametrilor oricărui element mobil al mașinii respective, posibilă prin utilizarea ambelor metode prezentate în lucrare. Cele două noi metode prezentate în lucrare, atât teoretic, cât și simulate în Mathcad, sunt originale, ușor de înțeles și de utilizat, prima având un caracter generalizat foarte puternic, în timp ce a doua având posibilitatea de a genera soluții dinamice de mare precizie fiind o metodă personalizată la mecanism, care ia în considerare toate forțele ce acționează asupra acestuia (dar o astfel de concluzie nu poate fi verificată fără experimente). Autorul dorește să implementeze în continuare ambele metode prezentate în cadrul lucrării și altor mașini și roboți, și să le simuleze prin software-ul Mathcad, Matlab și extensia sa Simulink. O problemă specială a acestor aspecte dinamice, stabilitatea, comandă, control și automatizare, este comanda și controlul vitezelor, în funcție de faptul că sistemul dobândește sau nu stabilitate intrinsecă, crescând capacitatea acestuia de a urma traiectoria impusă efortului final (dar și tuturor celorlalte elemente mobile ale mașinii respective) prin cinematică inversă dorită și impusă din start. Lucrarea prezintă în paragraful 5 al capitolului 2, două noi metode originale de control al vitezei

unui sistem mecanic mobil, încă de la început, prin impunerea tuturor actuațiilor a anumitor viteze, constante, sau variabile conform legilor intrinseci, deduse cu ajutorul descompunerilor din seria Taylor ale funcțiilor de control al vitezei ale actuațiilor mașinii. Se realizează astfel un control permanent al vitezelor mașinii dar implicit și al pozițiilor acesteia împreună cu respectarea lor și în plus rezultă o dinamică mai bună și mai simplă de controlat. De remarcat aici că noutățile sistemului dinamic pot facilita munca unui programator al unui controler, de exemplu, un PID, prin faptul că noua dinamică impusă de metoda 1 prezentată în lucrare, poate rezolva direct sistemele neliniare. Clasic se face mai întâi o liniarizare, apoi se lucrează cu noua funcție liniară pentru obținerea rezultatelor, apoi la final se face iar o deliniarizare a rezultatelor obținute pentru a se genera soluțiile necesare ale sistemului dinamic real, neliniar. Liniarizarea se face de regulă cu transformata Laplace sau Fourier, sau prin metode combinate utilizând ecuațiile Lagrange de speța 1 sau 2 după caz, mai rar se pot utiliza ecuațiile lui Hamilton, ori mai nou și mai modern se utilizează metode numerice moderne, cu algoritmi aferenți, cum ar fi metodele neuronale, cele Fuzzy, algoritmi genetici, combinații de acestea și multe altele. Spre exemplu, la utilizarea metodelor Fuzzy, inițial datele de intrare care aparțin sistemelor neliniare se Fuzzifică, se lucrează cu algoritmi de tip fuzzy, apoi la final datele obținute se defuzzifică din nou pentru obținerea rezultatelor finale, a parametrilor de ieșire. La metodele neuronale se trec datele de intrare prin mai multe straturi, cu liniarizarea lor, procesarea și prelucrarea lor, filtrarea lor, și la final ele se vor deliniariza pentru obținerea parametrilor finali doriți. La algoritmi genetici se liniarizează datele inițiale prin trecerea lor în structuri arborescente, unde se procesează și prelucrează, utilizând diverși operatori specifici, iar la final datele de ieșire se deliniarizează din nou scoțându-se din crengile arborilor genetici utilizați. Metoda 1 prezentată în lucrare (care are și un larg caracter general) automatizează acest proces, ușurând munca programatorului. Pe de altă parte, metoda prezentată permite și utilizarea modelelor unui controler PI-PID continuu, în care toți parametrii sunt mult mai ușor de găsit (determinat), în timp ce în metodele dinamice clasice sistemele puternic neliniare de acest fel presupun utilizarea unui controler PID discret dificil de aplicat și de cuantificat. Lucrarea studiază două mecanisme corespunzătoare aceluiași robot articulat cu două elemente mobile, acționate în două moduri diferite: 1) cu două actuații rotative; 2) cu două actuații liniare.

CAP. 3 ALTE MODELĂRI DINAMICE LA SISTEMELE MECANICE MOBILE, studiază mecanismul prezentat în figura 3.1 (anexa 3) aparținând unui robot articulat plan care poate fi acționat doar de la cupla de intrare A, cu ambele actuații 1 și 2 circulare. Spre deosebire de robotul clasic articulat cu două elemente plane și două motoare circulare care ar fi acționat primul în cupla cinematică de clasa a cincea din A și al doilea în cupla cinematică rotativă de clasa a cincea din D, la schema originală prezentată cu patru elemente mobile plane în loc de două, ambele motoare circulare 1 și respectiv 2 acționează doar în cupla cinematică A. Motorul circular 1 acționează elementul mobil 1 de lungime AD, în vreme ce al doilea actuator circular 2 acționează elementul 2 de lungime AB, iar mișcarea elementului mobil 2 se va transmite identic elementului mobil 4 de lungime DC identică cu cea a elementului 2. Prin intermediul mecanismului patrulater plan mișcarea elementului 4 este controlată prin cea a elementului 2, astfel încât ambele

motoare de comanda, circulare, sunt montate în cupla cinematică rotativă A, în loc ca unul să fie poziționat în A și celălalt în D (clasic). Avantajele montării ambelor motoare circulare într-o singură cuplă A sunt multiple. În primul rând scade gabaritul mecanismului în ciuda faptului că avem două elemente cinematice (mobile) suplimentare, transmisia se face mai simplu și cu o dinamică superioară, scad vibrațiile și zgomotele, controlul este mai simplu și mai precis, funcționarea mecanismului este una superioară, transmisiile mecanice sunt simplificate, echilibrarea lanțului cinematic (acum închis față de sistemul clasic deschis) este una superioară, stabilitatea sistemului paralel este ridicată, mult mai bună decât la sistemul articulată plan cu doar două elemente mobile. Rigiditatea noului sistem robotic articulată prezentat este și ea mai ridicată, dar în special dinamica întregului sistem cât și precizia poziționărilor sunt superioare.

CAP. 4 DIRECȚII DE DEZVOLTARE DIDACTICĂ ȘI PROFESIONALĂ, pe lângă direcții și perspective prezintă și ultimile realizări ale autorului în cadrul departamentului său. În dorința de a dezvolta și în continuare robotica de la noi din țară, împreună cu directorul departamentului TMR, am adus recent o celulă robotică didactică KUKA în departamentul TMR, FIIR, UPB, urmând imediat utilizarea ei la cursurile și mai ales lucrările de robotică realizate cu studenții, masterat și licență, prin implementarea pe lângă softurile deja folosite (Mathcad, Matlab, Simulink, AutoCad, Inventor, SolidWorks, Catia, Linkage, Microsoft office) cu colegii în cadrul departamentului și a softului specializat kuka, primit recent de la firma Kuka.

MODELING OF MOBILE MECHANICAL SYSTEMS

- Summary -

Chapter 1 MODELING OF MECHANICAL SYSTEMS MADE OF ELEMENTAL PARTICLES, provides researchers with an accurate tool for calculating the parameters of elementary, atomic, and nuclear particles that are in motion (dynamically) as matter condenses. The chapter examines only the three isotopic forms of nuclear hydrogen, known as relatively stable, the first two completely stable, and the next (third) relatively stable. From the fourth isotopic form onwards, stability is almost non-existent, the life of such an isotope being ephemeral, which is why it was not considered necessary to study these ephemeral forms of the existence of hydrogen isotopes equal to or greater than four. The immediate applications of the presented theory are the contributions to the possible obtaining of fusion energy, on an industrial scale. The calculation (8) was used for the calculations and the resulting radius R was doubled to obtain the exact value of the diameter of proton D . Table 1 shows the diameters of a proton based on beta values ($D = 2R$). It can be seen that most of the values of the proton diameter are in the range of predicted static values close to the values of 1×10^{-16} [m], the maximum value being 2×10^{-16} [m]. The average diameter of the protons is 1.19558 E^{-16} [m]. The relation (9) was used to determine the values of the radius of a deuteron, these values were then doubled and finally, the values of the diameter of the deuteron are shown in Table 2, depending on the size of the dimensionless beta ratio. The average value of a deuteron diameter of 5.97924 E^{-17} [m] being below the average value of a proton, contrary to the static expectations that the deuteron is larger than the proton. When the mass of a nuclear particle increases, its size decreases because the particle condenses, ie practically matter condenses at high speeds. The ratio (10) was used to determine the values of the radius of a newt, these values were then doubled and finally, the values of the diameter of the newt are shown in Table 3, depending on the size of the dimensionless beta ratio. The average diameter of the newt is 3.9929 E^{-17} [m]. Obviously, the most direct applications will be used to determine the exact size of the proton, deuteron, or triton depending on their speed (the kinetic energy to which the elementary particle will be accelerated to produce the fusion reaction).

Chapter 2 DYNAMIC MODELING OF MOBILE MECHANICAL SYSTEMS, shows the dynamics of a 2R plane articulated robot, developed by two original methods. One is the classic "Lagrangian" adapted by the author, and the second method is absolutely original. The dynamics of the robot are in both cases based on the variation of the inertial forces in the mechanism, or practically on the influence of the masses of the moving elements of the robot. The influence of external loads, weights and load to be transported is also taken into account. Another original element of the work is the choice of speeds in such a way as to correspond to an optimum necessary for the inverse kinematics imposed

on the robot. For this reason, the dynamic operation will be quiet and without large variations or vibrations. If the speeds of the two electric motors (preferably stepper motors) will adapt to those recommended by the author, the controller (PID) used will have a very light load. It is even possible to eliminate if the adjustment of the two stepper motors (actuators) will be done according to the speeds indicated by the author of the paper. The kinematic motion imposed by the indicated optimum speeds is checked dynamically and successfully by both methods used. The command and control of speeds can be anticipated from the design stage, by imposing speeds that help the car to accurately track the desired route, imposed by reverse kinematics. Speed control is performed by two different methods, both with real advantages. The first method of command and control of speeds refers to the constant maintenance of the actuator speeds so that their accelerations are zero or very low, and the movement of the elements of the machine, the robot, to be done quickly, with good dynamics, and easy to control. Because the engine speed of a robotic machine or other machines, even if they are generally constant, must change its shape depending on how the actuator moves (both in a linear and circular motion). , constant engine speeds will be taken, but with a shifting sign, the sign being given by the positions occupied successively by the mechanism. In this way, the intelligent command and control of the speeds are realized, with their automation. The simple sequence used to automate angular velocities in a two-motor robot can be traced in relationships (16) and is written using the "if logical" function. The stability of today's moving systems is due to the increasingly powerful controllers, based on microprocessors and recently nano-processors, on the command and control software imposed on the system, usually a discrete or even continuous, robust PID controller, which achieves a closed circuit (closed-loop), calibrated with the help of software and constants determined based on the dynamics of the respective system, but more and more is switching to mechanical systems with mixed control, closed-circuit plus feedforward or other forms of predictive control which is added to the classic closed-loop (PI or PID). For this reason (for the very precise determination of the operating constants and for the adjustment of the PID controller) it is necessary to know the dynamic parameters of the machine in question, which is why this work is extremely important to determine the dynamics of the parameters of any mobile element. by using both methods presented in the paper. The two new methods presented in the paper, both theoretically and simulated in Mathcad, are original, easy to understand, and use, the first having a very strong generalized character, while the second having the possibility to generate high precision dynamic solutions. being a personalized method to the mechanism, which takes into account all the forces acting on it (but such a conclusion cannot be verified without experiments). The author wishes to further implement both methods presented in the paper and other machines and robots and to simulate them with Mathcad software, Matlab, and its Simulink extension. A special problem of these dynamic aspects, stability, command, control, and automation, is the command and control of speeds, depending on whether or not the system acquires intrinsic stability, increasing its ability to follow the path imposed on the final effector (but also all other elements mobile of the respective car) by desired and imposed reverse kinematics from the start. The paper presents in paragraph 5 of Chapter 2, two new original methods of controlling the speed of a mobile mechanical system, from the beginning, by imposing on all actuators certain speeds, constant, or

variable according to intrinsic laws, deduced by Taylor series decompositions. of the speed control functions of the machine actuators. This ensures permanent control of the car's speeds but implicitly also of its positions together with their observance and in addition a better and easier to control dynamics results. It should be noted here that the novelties of the dynamic system can facilitate the work of a programmer of a controller, for example, a PID, by the fact that the new dynamics imposed by method 1 presented in the paper, can directly solve nonlinear systems. Classically, a linearization is done first, then we work with the new linear function to obtain the results, then at the end, a delineation of the obtained results is done again to generate the necessary solutions of the real, nonlinear dynamic system. Linearization is usually done with the Laplace or Fourier transform, or by combined methods using Lagrange equations of case 1 or 2 as the case may be, less often Hamilton's equations can be used, or newer and more modern numerical methods are used, with related algorithms, such as neural methods, fuzzy methods, genetic algorithms, combinations of these and more. For example, when using Fuzzy methods, initially the input data belonging to the nonlinear systems are Fuzzified, we work with fuzzy type algorithms, then at the end, the obtained data are defuzzified again to obtain the final results, the output parameters. In neural methods, the input data is passed through several layers, with their linearization, processing and processing, filtering, and finally, they will be delineated to obtain the desired final parameters. In genetic algorithms, the initial data are linearized by passing them into tree structures, where they are processed and processed, using various specific operators, and finally, the output data is delineated again by removing the branches of the genetic trees used. Method 1 presented in the paper (which also has a broad general character) automates this process, facilitating the work of the programmer. On the other hand, the presented method also allows the use of models of a continuous PI-PID controller, in which all parameters are much easier to find (determined), while in classical dynamic methods strongly nonlinear systems of this kind involve the use of a PID controller. discreetly difficult to apply and quantify. The paper studies two mechanisms corresponding to the same articulated robot with two moving elements, operated in two different ways: 1) with two rotary actuators; 2) with two linear actuators.

Chapter 3 OTHER DYNAMIC MODELING OF MOBILE MECHANICAL SYSTEMS, study the mechanism shown in Figure 3.1 (Annex 3) belonging to a planar articulated robot that can only be operated from the input coupling A, with both actuators 1 and 2 circular. Unlike the classic articulated robot with two flat elements and two circular motors that would have operated the first in the fifth class kinematic coupling of A and the second in the fifth class rotary kinematic coupling of D, the original scheme presented with four moving elements instead of two, both circular motors 1 and 2 respectively operate only in the kinematic coupling A. The circular motor 1 drives the movable element 1 of length AD, while the second circular actuator 2 drives the element 2 of length AB, and the movement of the movable element 2 shall be transmitted identically to the movable element 4 of DC length identical to that of element 2. By means of the quadrilateral planar mechanism the movement of element 4 is controlled by that of element 2, so that both circular control motors are mounted in the rotary kinematic coupling A, instead of one being positioned in A and the other in D (classic). The advantages of mounting both

circular motors in a single torque A are many. First of all, the size of the mechanism decreases despite the fact that we have two additional kinematic (mobile) elements, the transmission is simpler and with superior dynamics, the vibrations and noises decrease, the control is simpler and more precise, the operation of the machine is superior, the mechanics of the transmission are simplified, the balancing of the kinematic chain (now closed compared to the classical open system) is superior, the stability of the parallel system is high, much better than the flat articulated system with only two moving elements. The rigidity of the new articulated robotic system presented is also higher, but especially the dynamics of the whole system, as well as the positioning accuracy, are superior.

Chapter 4 DIRECTIONS OF TEACHING AND PROFESSIONAL DEVELOPMENT, in addition to directions and perspectives, it also presents the author's latest achievements in his department. In the desire to further develop robotics in our country, together with the director of the TMR department, we recently brought a KUKA teaching robotics cell to the TMR department, FIIR, UPB, immediately following its use in courses and especially the robotics work done with students, master and bachelor, by implementing in addition to the software already used (Mathcad, Matlab, Simulink, Autocad, Inventor, SolidWorks, Catia, Linkage, Microsoft office) with colleagues in the department and specialized software Kuka, recently received from the company Kuka.