أنظمة تعليق السيارات (٢)

النظم النشطة

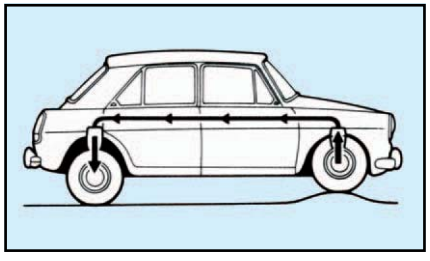
أ.د./ نجيب الصادق لوام

ظهرت النظم النشطة (Active systems)، أو ما يعرف بالنظم القابلة للضبط الآلي بعناصر كلها ميكانيكية وهيدروليكية تعرف بالمتفاعلة مع الطريق (Reactives)، أو تنقاد للطريق (Road driven systems)، شكل (١).

تعمل النظم النشطة بصفة تفاعلية كبندول (Pendulum) يبحث عن التوازن الأفقي في تعليق هيكل السيارة، خاصة أثناء التأرجح الطولي عند السيارات القصيرة.

تستخدم النظم النشطة عناصر تقليدية مركبة بطرق ميكانيكية محددة، مثل مجموعة النوابض المتصلة بواسطة أسطوانة حرة مركزية معبأة بزيت، كما في سيارة (Citroen 2CV-1944)، أو بمادة مطاطية مخرمة (Hollow rubber spring) تسمح لسائل بداخلها أن يتحرك حسب ظروف السير ليكسبها مرونة متغيرة – نظام هيدرولاستيك (Hydrolastic) – كما في سيارة (Morris1100)، أو باستخدام غاز نظام هيدروغازى (Hydrogas) كما في سيارة (Austin allegro).

قامت شركة (Citroen) للسيارات بتطوير هذه النظم النشطة خلال السبعينيات من القرن الماضي بعدة نماذج هيدرونيوماتية، ابتداءاً من نظام سيارةGS (1973) إلى نظام (هيدروأكتيف III1999)، الذي يتكون فوق كل محور من محاور العجلات، من ثلاث عبوات كروية يتم التحكم بواسطتها في توزيع الزيت والطاقة الحركية المنظمة ، شكل (٢).



● شكل (١) نظام تعليق نشط حسب حالة الطريق.

أدى الانتشار الواسع للحاسب الآلي، خلال الثمانينات إلى استخدام المعالجات الدقيقة (Microprocessors) والحساسات الإلكترونية (Transducers) في إنشاء إشارة التحكم الآلي وتنفيذها بواسطة وحدات مشغلة (Actuators) وصمامات (Valves) سريعة، وبهذا أصبح للنظم النشطة إمكانية التغيير الذاتي والسريع في خواصها الفيزيائية حسب نمط السير وأثناء تحرك السيارة.

ومن المتطلبات الفنية التي يجب تحقيقها للحصول على تعليق نشط جيد، ما يلي:

١- يجب أن تعمل الصمامات الهيدروليكية أو الهوائية المستخدمة في هذا المضمار بقوة ضغط لا تقل عن قوة ٣٠٠٠ رطل/ بوصة مربعة.

٢- يجب أن يكون الزمن الإجمالي لاستجابة المخمد المتغير أقل من ٠,٠٤ ثانية، وهذا لن يتم تحقيقه إلاّ باستخدام وحدات تحكم ووحدات معالجة سريعة للإشارة، مثل المجموعة التي وفرتها شركة (Motorola) والتي تعمل بسرعة ٦٠ ميجا هيرتز وباستجابة زمنية تقل عن ٠,٠١ ثانية.

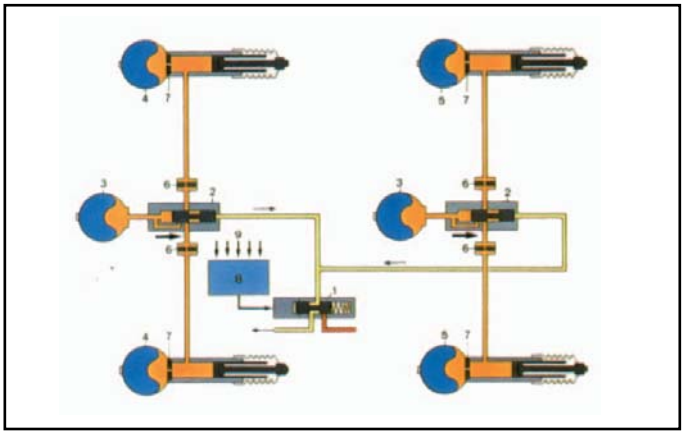
يمكن تصنيف النظم النشطة إلى مجموعتين، هما:

● النظم ذات النشاط الكامل

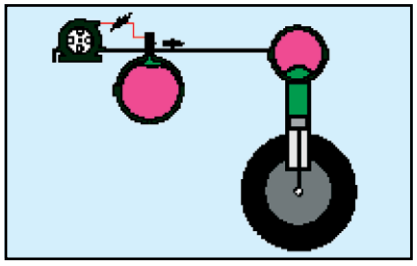
تعرف النظم ذات النشاط الكامل (Full active systems) بالنظم السريعة أو ذات النطاق الترددي الواسع (High frequency bandwidth)، وذلك لأنها في استطاعتها التجاوب مع كل الترددات التي تتبع الحركة الديناميكية لأطراف السيارة، والتي تتراوح ما بين ٠,٢ – ١٥ ذبذبة.

تقوم هذه النظم بتعويض كل من النابض (Spring) والمخمد (Damper)، بعنصر واحد للتعليق له فعل مزدوج، يمكن التحكم فيه بواسطة وحدة تحكم حسب الحاجة التي تمليها متطلبات ظروف السير.

تتعلق فعالية النظم ذات النشاط الكامل أساسا بالسرعة المتاحة من طرف المشغلات – تتكون من سولينويد (Solenoid) أو اسطوانة (Cylinder) تتحكم فيها مضخة مزودة بخزان، شكل (٣) – والصمامات التي تتبعها، وعليه ركزت معظم جهود الباحثين والمهندسين العاملين في هذا الميدان – في أول الأمر – على كيفية إنجاز مشغلات سريعة، وتعد الصمامات الهيدروليكية من أهم الوحدات التي



● شكل (٢) .

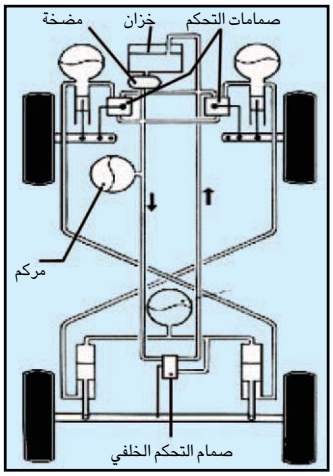


● شكل (٣) نظام تعليق مزود بمضخة وخزان.

استخدمت في تنفيذ النظم الأولية، شكل (٤).

تم إنجاز نموذج من الأنظمة ذات النشاط الكامل بنجاح خلال الفترة ٨٣ – ١٩٨٧م على سيارة (Lotus Esprit) المخصصة لسباق السيارات بواسطة معهد كرانفيلد للتقنية في بدفورد بولاية تكساس، حيث استخدم فيها نظام تحكم متطور مبني على معالجة دقيقة لكل الإشارات الناتجة عن حركة السيارة. يتكون نظام التحكم من ١٨ حساس إلكتروني ومشغلات هيدروليكية من الطراز الذي طورته صناعة الطيران للمحركات النفاثة، مع صمامات في استطاعتها الفتح والغلق بمعدل ٢٥٠ دورة في الثانية.

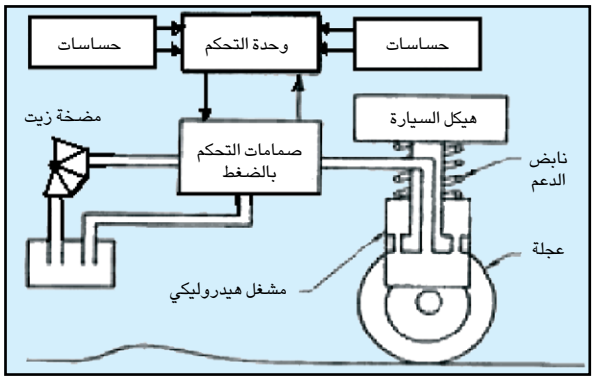
تفوقت النظم ذات النشاط الكامل كثيرا على الأنظمة التقليدية، خلال الفترة ٩٢–١٩٩٤م في سباق (Formula-1) للسيارات، خاصة عند حالات التأرجح الجانبي للسيارات، وعند التوقف المفاجئ والمنعطفات، كما برهنت أيضا على أنّ لها



● شكل (٤) نظام تعليق يستخدم الصمامات الهيدروليكية .

إمكانية التصدي لظروف قاسية جداً، مع سرعة قدرها ٣٠٠كم/ساعة.

تتطلب الأنظمة ذات النشاط الكامل فضاءً واسعاً حول العجلات، شكل (٥)، وطاقة ديناميكية هائلة من المضخات الهيدروليكية المشغلة، بحيث تزيد الطاقة عن أربعة أحصنة في حالة الطرق الناعمة، وتسعة أحصنة في حالة الطرق الخشنة.



● شكل (٥) الفضاء الواسع حول العجلات في الأنظمة السريعة .

● النظم ذات النشاط المتوسط

تعرف النظم ذات النشاط المتوسط (Semi active systems) بالبطيئة أو ذات النطاق الترددي المحدود، والذي يتراوح ما بين ثلاث إلى أربع دورات (٣–٤ هرتز)، وتعمد عادة على استخدام عنصر تقليدي وعنصر قابل للتغيير آلياً لسبب أمني، فمثلاً يكون عنصر النبض هو المتغير وعنصر الإخماد ثابت أو العكس.

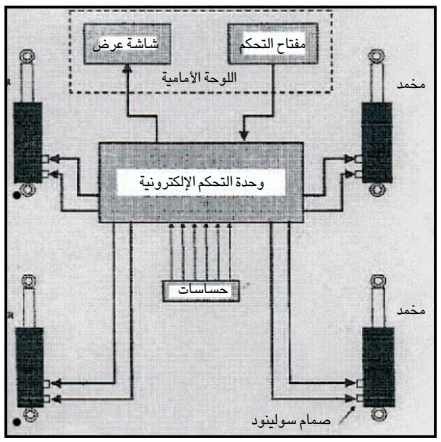
يتم التعديل – عادة – في عامل النبض عن طريق تغيير قطر سلك النابض أو بإضافة عنصر نبض هوائي (Pneumatic) أما التعديل في عامل الإخماد فيتم عن طريق التغيير في فتحات الصمامات.

ومن الجدير بالذكر أن النابض في معظم النظم ذات النشاط المتوسط المستخدمة حالياً يكون هو العنصر الثابت، من أجل الحمل الجيد للسيارة، وعنصر الإخماد هو المتغير، الشكل (٦).

لا تستطيع نظم التعليق ذات النشاط المتوسط أو ذات النطاق الترددي المحدود، التجاوب إلاّ مع الترددات الديناميكية المنخفضة والتي تتناسب مع الحركة الديناميكية لهيكل السيارة، أي ٣–٤ذبذبة. وعليه، فإنه عندما تتعرض حركة السيارة إلى ترددات مرتفعة ١٠ –١٥ذبذبة، فإنه تحدث لها عملية تشبع في حركة الصمامات، ويبقى الطرف التقليدي من النظام قائماً بمفرده بمهمة التعليق، ولذا لا يمكن أن يكون لوجود النظم تأثيراً إيجابياً كبيراً على أمن وسلامة السير، كما هو الحال في النظم ذات النشاط الكامل، وإنّما يبقى دعمها فقط يمس الجانب المتعلق براحة الركاب، ومواجهة التمايل.

استخدمت الأنظمة ذات النشاط المتوسط بنجاح في عدة سيارات خاصة وعامة، مثل السيارات العسكرية والعلمية، وبعض السيارات الفاخرة مثل سيارة (Seville STS) التابعة لـ : (Cadillac)، وسيارة (Activa Xantia) لشركة (Peugeot-Citroen)، وسيارة (Mercedes2000CL500) التي تظهر على اليسار في الشكل (٨) مستوية أفقيا أثناء تغيير الاتجاه (عملية اللف)، بينما تنحني أختها المزودة بنظام تعليق عادي (على اليمين) والتي " تلف " أيضا بنفس السرعة.

حالياً تستخدم معظم النظم ذات النشاط المتوسط صمامات هيدروليكية أو كهروميكانيكية (Hydraulic or electromechanical valves) لتحقيق إخماد متغير، لكن بدأ مؤخرا العمل



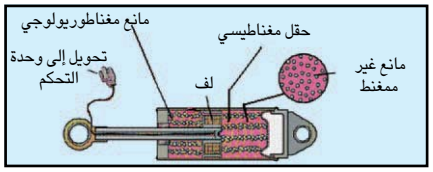
● شكل (٦) الفضاء الواسع حول العجلات في الأنظمة السريعة .

● شكل (٧) مقارنة بين النظام النشط والنظام العادي

على استبدالها بوحدات أسرع تستخدم بعضاً من خصائص الموائع الكهرو أو المغنطوريولوجية (Electror magnetorheological fluids)، وهي عبارة عن زيوت مشبعة بجزيئات دقيقة قابلة للتكهرب أو التمغنط.

تكون الجزيئات الكهرو أو المغنطوريولوجية أثناء الحالة العادية حرة ومنتشرة داخل المائع بصفة عشوائية، لكنها تصطف على شكل أعمدة مرصوصة عند تسليط حقل مغناطيسي لتعطي المائع صلابة متناسبة مع شدة الحقل، شكل (٨). يمكن تحويل حالة المائع من "الصلابة" إلى الوضع العادي أو العكس بسرعة نظرية تقترب من سرعة التيار الكهربائي، وذلك باستخدام شدَّة ضعيفة نسبيا للحقل الكهربائي أوالمغناطيسي. ومن الجدير بالذكر أن المائع المغنطوريولوجي يسمح بالحصول على صلابة قدرها عشرين إلى خمسين ضعف من الصلابة المتحصل عليها بواسطة الموائع الكهروريولوجية، كما أن حساسيته لدرجة الحرارة أقل بكثير من حساسية المائع الكهروريولوجي.

جربت شركة (Lord Mechanical Products) تقنية التحكم في التعليق النشط بواسطة الموائع المغنطو ريولوجية على عدة تطبيقات عملية حديثة، وأثبتت النتائج أنّ التحول الفعلي من حالة التصلب إلى الحالة العادية أو العكس يتم – رغم عائق الإحتكاكات واللزوجة – خلال واحد من الألف (١/١٠٠٠) من الثانية، بينما تزيد مدة الاستجابة المتحصل عليها في تغيير عامل الإخماد بواسطة



● شكل (٨) آلية عمل جزيئات المغناطوريولوجية

الصمامات الكهروميكانيكية (Electromechanical Valves) تزيد على ٠,٠٤ ثانية أثناء اللف.

مما يجدر ذكره أن معظم الحساسات المطلوبة اليوم في هذا المجال يجب أن تكون إلكترونية، خاصة إذا كانت وحدة التحكم (MCU) المستخدمة من نوع المعالجة الدقيق، ويجب ألاّ تكون حساسيتها كبيرة بالنسبة للتشويشات التي تنتج عن حركة أطراف السيارة غير المعتبرة، خاصة دوران المحرك ودرجة الحرارة، أي يجب أن تكون في نفس الوقت متينة (Robust) وذات موثوقية (Reliability) عالية.

يرى كثير من الخبراء العاملين في مجال تعليق السيارات أنّ الصعوبة الكبرى التي يواجهونها في تصميم وتنفيذ نظم التعليق النشط تكمن أساسا في وضع وتسيير الحساسات المطلوبة.

يختلف عدد وأنواع الحساسات المطلوبة كثيراً باختلاف حجم وقوة السيارة وظروف السير. فمثلا، استخدم في نموذج سيارة (Lotus Esprit) ثمانية عشر حساساً، هي: أربعة منها حساسات لقياس ارتفاع هيكل السيارة على الأرض، وستة حساسات لقياس قوة التسارع على الأطراف الخارجية للسيارة، وحساس واحد للسرعة.

عيوب النظم النشطة

هناك العديد من العيوب والعوائق التي تقلل من استخدام النظم النشطة، منها:

١– تعرضها أحيانا لتفاعل مفرط عكسي ومدعم للتأرجح عندما يفقد النظام توازنه مع كثرة الاستخدام، أو عندما تكون شنطة السيارة الخلفية محملة بوزن ثقيل.

٢– صعوبة الحصول على مشغلات سريعة.

٣– كيفية إنجاز وتسيير شبكة واسعة من الحساسات لإنشاء إشارات التحكم القابلة للتنفيذ بواسطة المعالجات الدقيقة ووحدات التشغيل.

٤– اعتمادها في تركيبها وعملها أساسا على وحدات التحكم، وعندما يحصل عطل مفاجئ لهذه الأخيرة تصبح السيارة غير محمولة جيدا وأمن الركاب مهددا.

خطوات تطويرية

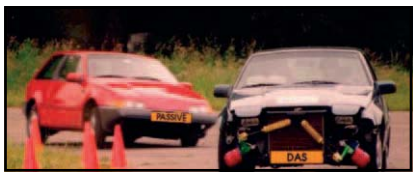
هناك مساهمات معتبرة وفعالة قدمتها بعض الجامعات ومراكز البحث في هذا المجال منها :–

١– تم في توليدو بالولايات المتحدة تطوير نظام يستخدم نابضا مثبت على مادة بيزوكهربية (Piezoelectric) بحيث عندما يتعرض النابض إلى عملية الضغط (الشد) أو الإرخاء تكسب أوتفقد المادة البيزوكهربية شحنات كهربائية وبالتالي يمكن التحكم (إلكترونيا أو عن طريق الفلتية الناتجة) فى حالتها والتغيير في المعامل الفيزيائي للنابض، حسب الحاجة وظروف السير المطلوبة .

٢– تم في مختبرات (Suda) بجامعة طوكيو وضع طريقة عملية حديثة للاستفادة من الطاقة المبددة من طرف المخمد أثناء مهمة التعليق – ضائعة في العادة – لتغذية محرك يعمل بتيار مستمر (DC) والحصول على طاقة كهربائية كافية تسمح بالتنشيط والتحكم في أنظمة التعليق.

٣– توصلت جامعة ديفلت التكنولوجية بالولايات المتحدة الأمريكية إلى إنجاز نموذج متكامل، إقتداء بمعهد (Cranfield Institute of Technology UK) الذي ذاعت سمعته بعد نجاحه خلال الفترة ١٩٨١–١٩٩٤ في انجاز وتطوير نظام التعليق ذي النشاط الكامل على نموذج سيارة (Lotus Esprit).

يبين الشكل (٩) مقارنة في الأداء (التمايل) أثناء تغيير الإتجاه بالنسبة للسيارة المزودة بنظام التعليق النشط (DAS) و أختها التي تعمل بالنظام السلبي (Passive).



● شكل (٩) مقارنة أداء النظام النشط والسلبي.