

CONTENTS

巻頭言／Preface

「自動運転」を考える	1
Thinking About Automated Driving	

薄葉 洋
Yo USUBA

寄稿／Contribution

日産自動車のパワーtrain技術開発戦略	3
Nissan's Powertrain Technology Development Strategy	

西村 周一
Shuichi NISHIMURA

キーノート／Keynote

ハイブリッド車用T/M (FR車用JR712E/FF車用CVT8 HYBRID) 開発の経緯と適用状況	9
Development Background and Application Status of Hybrid Vehicle Transmissions "JR712E for RWD Vehicles and CVT8 Hybrid for FWD Vehicles"	

高橋 哲哉
Tetsuya TAKAHASHI

特集／ハイブリッド車に貢献するトランスミッション技術

Special Feature : Transmission Technology Contributing to Hybrid Vehicle

Jatco CVT8 HYBRID商品紹介	17
Introducing the Jatco CVT8 HYBRID	

小長谷 文人
Fumihito KONAGAYA

大曾根 竜也
Tatsuya OSONE

寺内 政治
Seiji TERAUCHI

FFハイブリッド車用モータ内蔵小型乾式多板クラッチシステムの開発	25
Development of a Small Dry Multiplate Clutch System Housed in the Motor for FWD Hybrid Vehicles	

赤坂 裕三
Yuuzou AKASAKA

上原 弘樹
Hiroki UEHARA

藤井 友晴
Tomoharu FUJII

藤川 真澄
Masumi FUJIKAWA

渡邊 祐司
Yuji WATANABE

FFハイブリッド車用の発進要素の開発	37
Development of the Start-off Element for FWD Hybrid Vehicles	

山本 毅
Takeshi YAMAMOTO

岩佐 大城
Hiroki IWASA

杉村 晃
Akira SUGIMURA

早川 純平
Junpei HAYAKAWA

小辻 弘一
Kouichi KOTSUJI

内藤 忠司
Tadashi NAITO

折田 崇一
Shuichi ORITA

ハイブリッド車用トランスミッションのケース開発 49	
Development of a Transmission Case for Hybrid Vehicles	間宮 秀行 Hideyuki MAMIYA
	松原 精二 Seiji MATSUBARA
	山本 和志 Kazuyuki YAMAMOTO
	田口 博美 Hiromi TAGUCHI
ハイブリッド車両の性能向上に貢献するCVTの技術紹介 57	
Introducing CVT Technology Contributing in Enhancement of HEV Performance	水落 知幸 Tomoyuki MIZUOCHI
	山中 学 Manabu YAMANAKA
	今井 一貴 Kazutaka IMAI
	影山 雄三 Yuuzou KAGEYAMA
ハイブリッド車用トランスミッションの電動オイルポンプの開発 63	
Development of an Electric Oil Pump for Hybrid Vehicle Transmission	佐野 幸洋 Yukihiro SANO
	石井 英樹 Hideki ISHII
	島倉 正樹 Masaki SHIMAKURA
	大曽根 竜也 Tatsuya OSONE
コンベ車用CVTとHEV用CVT混流組立ラインの紹介 73	
Introducing the Model Mix Assembly Line for Conventional CVT and HEV CVT	兼田 幸史 Yukihito KANEDA
	鈴木 優 Masaru SUZUKI
	秋山 智宏 Tomohiro AKIYAMA
	岡 良行 Yoshiyuki OKA
	長江 大輔 Daisuke NAGAE
Jatco CVT8 HYBRID生産のためのフレキシブルライン紹介 79	
Introducing the Flexible Assembly Line for Jatco CVT8 HYBRID Production	赤井 智之 Tomoyuki AKAI
	斎藤 寿 Hisashi SAITOU
	高橋 潤 Jun TAKAHASHI
	馬田 亮一 Ryouichi UMADA
	長江 大輔 Daisuke NAGAE

商品紹介／Introduction of Products

日産自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介	87
Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Nissan FWD Minivehicles	
三菱自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介	88
Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Mitsubishi Motors FWD Minivehicles	
FF車用4速AT アフトワズ社向け JF414Eの紹介	89
Introducing the JF414E FWD 4-Speed AT for AvtoVAZ	
FF車用4速AT 吉利汽車(GEELY)社向け JF414Eの紹介	90
Introducing the JF414E FWD 4-Speed AT for Geely	
スズキ自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介	91
Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Suzuki FWD Minivehicles	
日産自動車向け ディーゼルエンジン車用 JF017Eの紹介	92
Introducing the JF017E Jatco CVT8 for Nissan Diesel Engine Vehicle	
日産自動車向け NV200 New York Taxi車用 JF016Eの紹介	93
Introducing the JF016E Jatco CVT8 for Nissan NV200 New York Taxi	
GM Korea社向け 小型車用 FF車用 CVT7 JF015Eの紹介	94
Introducing the JF015E Jatco CVT7 for GM Korea FWD Minivehicles	

トピックス／Topics

ジャトコ 一年間のトピックス	95
Highlights of the Past Year	

特許紹介／Patents

車両用無段変速機	103
Continuously-Variable Transmission for a vehicle	
無段変速機	105
Continuously-Variable Transmission	



「自動運転」を考える

Thinking About Automated Driving

副社長

Executive Vice President

薄葉 洋

Yo USUBA

2013年に話題となった自動車技術は、「自動運転」ではないでしょうか。英語で表記すると、“Automated Driving”・“Autonomous Driving”と、両方使われています。しかし、“Autonomous”（自律）には、「クルマを操作する人:ドライバー」の関与がなく、クルマ自身が状況を判断し、運転操作を決定する意味があります。一方、“Automated”はドライバーのクルマ操作への関与を残している点で、違った概念と言えます。

2013年11月にドイツで行われたFISITA World Automotive Summitに参加しましたが、今年のテーマは“Can autonomous vehicles make traffic accidents a thing of the past?”でした。

しかし、すべての講演者が、“Autonomous”ではなく“Automated”に言い換えて講演を行ったのです。Autonomous vehiclesが交通事故防止に有効かどうかの議論の前に、Autonomousであることの信頼性の課題や、クルマからドライバーへの操作の受け渡しの考え方が不明確であることが、言い換えの理由のようでした。

FISITA Summitでのアーヘン工科大Flemisch教授の講演によると、自動化はそのレベルによって、以下の5段階に分類されるといっています。

“Manual”－“Assisted”－“Semi-automated”－“Highly automated”－“Fully automated”

自動化は、ドライバーへの運転支援から始まります。そしてその支援レベルが高度化していくのですが、Semi-automatedよりもHighly automatedの方が、急な操作の運転でも破綻しにくくなります。それどころか、Highly automatedな支援により、支援されて

Perhaps one of the most talked about automotive technologies in 2013 was automated driving or autonomous driving. Both terms are widely used in English. However, autonomous means that a human driver is not involved in the operation of the vehicle; the vehicle itself judges the situation and determines what driving operations to execute. In contrast, automated can be said to be a different concept in that a human driver is still involved in the operation of the vehicle.

In November 2013, I attended the FISITA World Automotive Summit that was held in Mainz, Germany. The theme of the 2013 conference was: "Can autonomous vehicles make traffic accidents a thing of the past?"

However, all of the speakers substituted automated for autonomous in their presentations on this theme. Before any discussion on whether or not autonomous vehicles are effective in preventing traffic accidents, the issue of the reliability of autonomous driving and the vague notion of the vehicle handing over driving tasks to the driver seemed to be the reasons for this word substitution.

Dr. Frank Flemisch of RWTH Aachen University in his presentation at the FISITA Summit noted that, depending on the degree involved, automation can be classified into five levels: "manual, assisted, semi-automated, highly automated and fully automated."

Automation begins with the provision of driving support to the driver. The level of support provided continues to become more sophisticated. Even emergency driving maneuvers are less apt to fail at the highly automated level than at the semi-automated level. Quite the contrary, with highly automated support, the driver feels that driving is enjoyable, rather

いる感覚より「運転が楽しい!」と覚えることが、実験結果で証明されたとのことだ。

では、Automated Drivingの価値とは、なんだろうか？

クルマ社会の視点では、衝突の回避などでの「交通事故の防止」、追従走行や交通インフラとの連携による「渋滞の解消」、急激な運転操作防止や渋滞の減少による「燃費改善・CO₂削減」が期待できます。しかし、Fully automatedになると、「運転する楽しさ」は減少し「運転の負荷低減」となるかもしれません。

翻って、ジャトコの製品は「自動変速機 (Automatic Transmission)」です。我々がめざし開発してきたものは、先に述べた“Automated Driving”の考えと合致しています。

その技術の歴史は、変速操作をドライバーに代わりトランスミッションが行う「支援」に始まります。そして、技術の進歩と共に、変速操作だけでなく、ドライバーの期待に応える加速・減速フィーリングを実現する「運転する楽しさ」、そして、技術の進歩と共に、変速操作だけでなく、ドライバーの期待に応える加速・減速フィーリングを実現する「運転する楽しさ」、更にはマニュアル車を凌ぐような燃費の実現と、提供する価値を拡大してきました。そして本巻13号の特集でもあるモーターシステムとの組み合わせたCVT8 Hybridにより、車両の電動化システムとの連携にまでAutomatedの範囲を広げてきています。まさに、現在の2ペダルトランスミッションは、“Highly automated”のレベルにあると言えます。

では、“Fully automated”の2ペダルトランスミッションとは？そして“Autonomous Driving”の為に2ペダルトランスミッションとは？ジャトコは、このような人類のMobilityの夢の実現に向けてPassionを持って、Missionの将来を考えていきます。

than having the impression of being supported. This has reportedly been substantiated by experimental results.

Then, what is the value of automated driving?

From the perspective of today's motorized society, we can expect the prevention of traffic accidents including the avoidance of collisions, the elimination of traffic jams through platoon driving and coordination with the traffic infrastructure, and improved fuel economy and reduced CO₂ emissions as a result of preventing sudden driving operations and the mitigation of traffic congestion. However, at the fully automated level, driving pleasure may be reduced, and the driver's workload may be lessened.

On second thought, JATCO's products are automatic transmissions. The things we have aspired to develop over the years are in accord with the concept of automated driving described above.

The history of automatic transmission technology began with the transmission providing support through the execution of shifting operations in place of the driver. Along with the progress of this technology, the value it provides has also been significantly expanded. Not only does the automatic transmission perform shifting operations, it also delivers driving pleasure with feelings of acceleration and deceleration matching the driver's expectations. What is more, it achieves fuel economy surpassing that of manual transmission vehicles.

The special feature of this issue No. 13 focuses on the CVT8 Hybrid, which incorporates an innovative motor system. The CVT8 Hybrid expands the scope of automated to encompass coordination with the vehicle's electrified system. Today's two-pedal transmission technology can truly be said to be at the highly automated level.

Then, what is a fully automated two-pedal transmission? And what is a two-pedal transmission for autonomous driving? At JATCO, we are considering our future mission with passion as we seek to realize this human dream of mobility.



日産自動車の パワートレイン技術開発戦略

Nissan's Powertrain Technology Development Strategy

日産自動車株式会社
執行役員
Nissan Motor Co., Ltd.
Corporate Vice President

西村 周一
Shuichi NISHIMURA

1. はじめに

日産自動車は、2006年末に、2050年までに新車のCO₂排出量90%削減 (Fig. 1) という長期ビジョンを掲げた、『ニッサン・グリーンプログラム2010 (NGP2010)』を発表し、継続可能なモビリティを支えるパワーソースとして、【ゼロエミッション】と内燃機関型の【ピュア・ドライブ】 (Fig. 2) を並行して開発を進めている。

この度、ジヤトコ技報にてハイブリッド技術を集められるにあたり、日産自動車のパワートレイン技術開発戦略について概要を紹介する。

- To keep the atmospheric concentration of CO₂ below 450 ppm, it is estimated that CO₂ emissions from new vehicles must be reduced by 90% from the 2000 level.
- Reducing emissions by 90% requires:
 - Improvement of engine efficiency in the short term.
 - Promotion of vehicle electrification and conversion to renewable energy over the medium to long term.

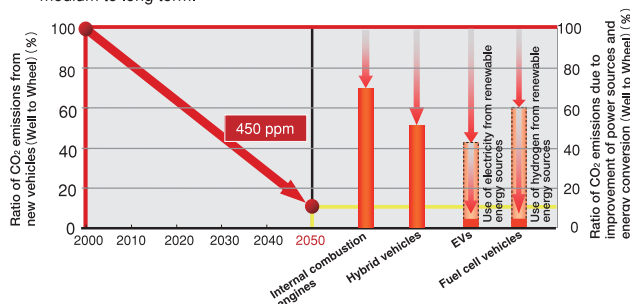


Fig.1 Long-term vision for reducing CO₂ emissions

2. CO₂低減の要求とエネルギーの多様化

地球温暖化に関する論議がなされて久しいが、産業革命が始まった頃の地球大気のCO₂濃度が270ppm程度であったのに対し、2010年には370ppm程度となっていると言われており、化石燃料の使用により急激に上昇している事がわかる。

1. Introduction

In December 2006, Nissan announced the Nissan Green Program 2010 (NGP 2010) that set forth the company's long-term vision for reducing CO₂ emissions from new vehicle models by 90% compared with the 2000 level by 2050 (Fig. 1). For vehicle power sources supporting sustainable mobility, we have been pursuing the development of "Zero Emission" technologies in parallel with "PURE DRIVE" technologies for internal combustion engines (Fig. 2).

This article presents an overview of Nissan's powertrain technology development strategy for the special feature on hybrid technologies in this issue of the JATCO Technical Review.

- Nissan's sustainable mobility technologies will be launched continuously under this concept!

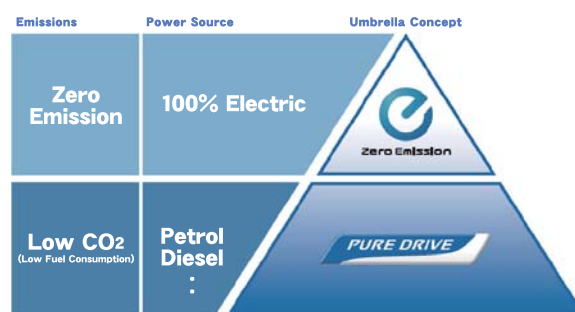


Fig.2 Nissan's concept of sustainable mobility

2. Demands for CO₂ Reduction and Energy Diversification

The debate over global warming has been going on for many years now. It is said that the concentration of CO₂ in the atmosphere reached approximately 370 ppm in 2010, whereas it was roughly 270 ppm around

IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の第四次レポートによれば、地球の大気温上昇を産業革命以前に対し 2°C 以下に抑えるには、全世界の CO_2 排出量の半減が求められている。 CO_2 と地球温暖化の関係については専門家の議論に任せるとしても、全産業セクターの CO_2 排出量の内の約20%を輸送関連が占めており、持続可能な成長の為に CO_2 削減は、今後当面の間は自動車産業の大きな取組課題の一つである事は間違いない。

また、爆発的な人口増加に伴う消費エネルギーの急激な拡大や、安定的なエネルギー供給の観点から、エネルギーの多様化が進んでおり、バイオ燃料に加えて、特に昨今の米国でのシェールガス革命により、更に多様化が加速する事が予想される。 CO_2 削減を進める上で、これらの多様化するエネルギーへの対応も忘れてはならない。

3. CO_2 低減の取り組み

先に述べた長期の CO_2 低減は非常に高い目標であり、かつ CO_2 低減にあたっては、特にリアルワールド (Fig. 3) での削減が必要となる。すなわち、渋滞路、市街地、郊外路、山岳路等の走行条件に加えて、様々な温度条件においても、性能を発揮する事が求められている。その実現には、車単体の改善だけでは不十分であり、ドライバーや交通インフラを含めた広範囲にわたる活動 (Fig. 4) が不可避となる。日産では、これを【トリプル・レイヤード・アプローチ】と呼び、各階層毎に適切な技術開発を進めている。具体的には、エコ・ペダルやナビゲーション協調パワートレイン制御、渋滞回避目的地誘導等多くの技術開発を進めてきており、今後もこの様な総合

- Vehicles are used under various conditions in real-world driving.
- CO_2 reduction is being pursued from several approaches.



Fig.3 CO_2 reduction in real-world driving

the time the Industrial Revolution began. These figures indicate that the atmospheric concentration of CO_2 has increased sharply due to fossil fuel use.

According to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), total CO_2 emissions worldwide must be halved in order to keep the earth's atmospheric temperature from rising more than 2°C compared with that before the Industrial Revolution. While leaving the controversy about the relationship between CO_2 emissions and global warming to the experts, approximately 20% of CO_2 emissions from all industrial sectors are transportation-related. There is no doubt that reducing CO_2 emissions for the sake of sustainable growth is one of the major challenges that the automotive industry must address in the foreseeable future.

Meanwhile, efforts to promote energy diversification are proceeding on account of the sharp increase in energy consumption accompanying explosive population growth and from the perspective of securing stable energy supplies. It is projected that energy diversification will be accelerated further especially by the recent shale gas revolution in the United States, in addition to moves toward biofuels. Efforts to accommodate diversified energy sources should not be forgotten in the course of advancing the reduction of CO_2 emissions.

3. Efforts to Reduce CO_2 Emissions

Nissan's long-term target mentioned above for reducing CO_2 emissions is an exceptionally high goal. Furthermore, in working to reduce CO_2 emissions, it is necessary to achieve reductions especially under real-world driving conditions (Fig. 3). That means CO_2 reduction performance must be demonstrated not only in diverse driving situations such as congested roads, city streets, suburban roads and mountain roads, but also under a wide variety of temperature conditions. Improvements at the vehicle level alone are not sufficient for accomplishing that. Wide-ranging activities encompassing drivers and the traffic infrastructure are indispensable (Fig. 4). At Nissan we refer to this comprehensive action as our "Triple Layered Approach" in which we are advancing the

的な取り組みを進める事が重要である。

本稿では、今後とも主力となる内燃機関を持つ従来型のパワートレインに焦点をあてて、今後のパワートレインの進化の方向性と考え方を紹介する。

- Nissan is pursuing a Triple Layered Approach for efficient CO₂ reduction in real-world driving.

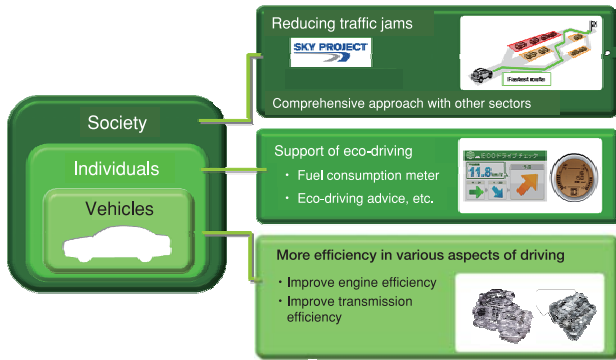


Fig.4 Nissan's Triple Layered Approach

4. 従来型パワートレインとしての今後の進化

これまでのパワートレインの進化は、エンジン、変速機は、独立して個別に進化を果たしてきた。無段変速機CVTの例からもわかる通り、定点運転の伝達効率は、CVTは他の変速機に比べて高いわけでは無いが、エンジンの運転条件を自由に制御する機能では、他の変速機より優れるので、パワートレインの総合効率としては高い性能を示す (Fig. 5)。すなわち、エンジン単体の熱効率や変速機の伝達効率を独立して評価するのではなく、総合パワートレイン効率を視点にその進化を見ていく必要がある。従来型パワートレインの燃費改善の進化を以下の3つのステージで説明する事ができる。(Fig. 6)

- Several paths to improve powertrain efficiency.
- A powertrain approach is essential to clarify the effectiveness of each technology used in combination.

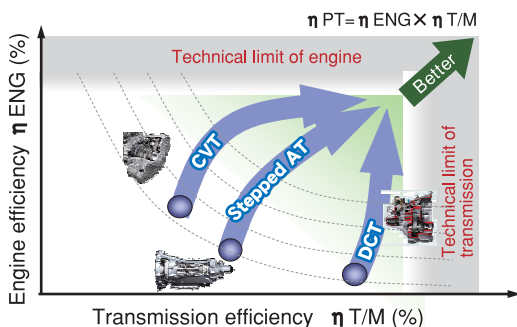


Fig.5 Powertrain approach

development of suitable technologies at each level. We have developed many technologies in line with this approach, some specific examples of which include the ECO Pedal system, a navigation-cooperative powertrain control system and a route guidance system that avoids traffic congestion. It will be essential to continue such comprehensive activities in the coming years as well.

The following sections describe the direction and concepts envisioned for powertrain evolution in the coming years, focusing on conventional powertrains with internal combustion engines, which will continue to be the mainstream power sources in the foreseeable future.

4. Future Evolution of Conventional Powertrains

In the evolution of powertrains to date, engines and transmissions have tended to evolve individually and separately. As can be seen in the example of continuously variable transmissions (CVTs), the transmission efficiency of CVTs at fixed operating points is not necessarily higher than that of other types of transmissions. However, CVTs are superior to other transmissions in facilitating flexible control of engine operating conditions, enabling the powertrain to display outstanding performance in terms of overall efficiency (Fig. 5). In other words, it is very important to assess powertrain evolution by looking at total efficiency, rather than separately evaluating the thermal efficiency of the engine alone and the power transmission efficiency of the transmission.

The evolution of conventional powertrains for improving fuel economy can be explained in terms of

- The competitiveness of all power source technologies must be improved to achieve the CO₂ target.

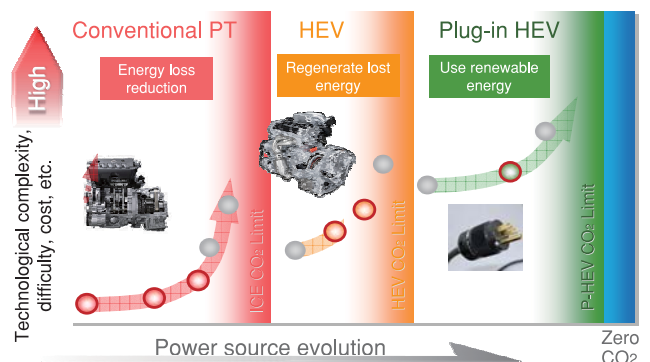


Fig.6 Power source evolution

第一ステージはエネルギーロスの徹底的な低減

高圧縮比化による熱効率改善や、機械損失低減技術などであり、全てのステージのパワートレインの効率向上に貢献できる

第二ステージは廃棄したエネルギーの徹底的な回収

廃棄エネルギーの回収については、これまでは、運動エネルギーの回収技術として、ハイブリッド車がその主流であるが、今後は廃棄エネルギーの大半を占めるエンジンからの排熱エネルギーの回生技術を進めて行く必要がある。

第三ステージは外部エネルギーの活用による更なる効率向上

非常に高い効率で生成した外部エネルギーの活用による全体効率の改善に加えて、エンジン運転の定常運転頻度を高める事によるパワートレイン全体の飛躍的な効率改善が期待できる。

また、各ステージには効率向上、CO₂改善に技術的な限界があると同時に、この技術限界に近づくに従い、技術難易度が高まる事になる。遅かれ早かれ、今後パワートレイン効率を改善する上で、この各ステージの技術の壁を乗り越えて行く事が必要となる。また、グローバルの各マーケットに目を向ければ、各ステージのパワートレインが、長期にわたって共存する事になる。すなわち、グローバルで全ステージを通して、マーケットに商品展開をする上で、効率的にパワートレインの進化を進める事が極めて重要となる。

5. ハイブリッド車両の進化

これまで多くのハイブリッド車両が商品化されているが、すべてのハイブリッドの構成は(Fig. 7)の様に整理する事ができる。電気モーターは作動自由度が高いが、伝達効率そのものについては、機械伝達のトランスミッションが優れる。興味深い点は、電動化が進んでも、全ての構成において、変速機が重要な役割を果たすという点である。第一、第二ステージだけでなく、最終の第三ステージにおいても変速機がキー技術の一つである事は疑う余地は無い。

three stages (Fig. 6).

The first stage involves thoroughgoing reduction of energy losses.

Higher compression ratios are applied to improve the thermal efficiency of engines, and various technologies are used to reduce mechanical losses, among other improvements. The reduction of energy losses contributes to improving powertrain efficiency in every stage.

The second stage involves thoroughgoing recovery of lost energy.

With regard to recovering lost energy, hybrid vehicles have so far been the mainstream technology for recouping kinetic energy during deceleration. In the future, it will be necessary to develop the technology for recovering exhaust heat energy from the engine, which accounts for the greater part of the lost energy.

The third stage involves improving efficiency further through the use of external energy.

Total efficiency can be improved by using external energy that has been produced with very high efficiency. In addition, increasing the frequency of steady-state engine operation can be expected to boost overall powertrain efficiency markedly.

Each stage has its technical limits for improving efficiency and reducing CO₂ emissions, and the technologies applied also become more difficult to achieve as one draws closer to those technical limits. Sooner or later, the technical hurdles in each stage must be surmounted in order to further improve powertrain efficiency in the future. Moreover, taking a look at global markets, we see that different types of powertrains coexist over long periods of time in each stage. In other words, it is extremely important to advance the evolution of powertrains efficiently in every stage globally with respect to putting products on the market.

5. Evolution of Hybrid Vehicles

Many different types of hybrid vehicles have been commercialized to date, but all hybrid vehicle

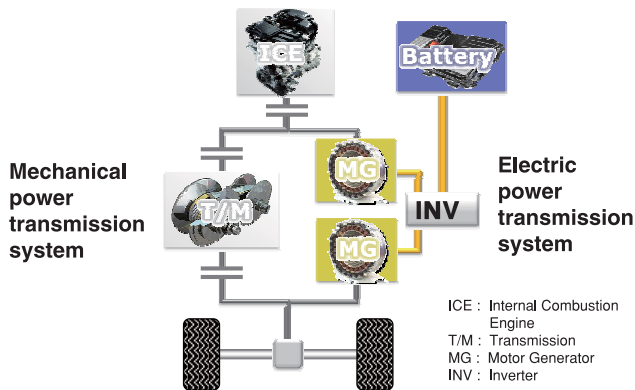


Fig.7 Basic configurations of electric powertrains

6. 日産のパワートレイン進化の考え方

日産自動車がこれまでマーケットに投入してきた1モーター2クラッチ型のハイブリッドシステムは、第一ステージから第三ステージの全てのステージにおいてその技術アセットを無駄なく活用する事ができる。あわせて、日産自動車が一貫して持つ電気自動車のバッテリー、インバータ、電気モーター等の技術アセットを活用しつつ、魅力的で競争力あるパワートレインを効率的かつ継続的に提供し続ける事ができると考える。(Fig. 8)

7. おわりに

今後、CO₂削減、エネルギーの多様化が自動車産業の大きな課題の一つである事に疑問の余地はない。長期的には電気自動車、燃料電池車が主役になっていく事になるが、技術の進化、商品化のスピードも重要なファクターであり、この点からも、従来型のパワートレインも引き続き重要な役割を演じる必要がある。

前述したように、今後のパワートレインの進化において、従来型、電動型に関わらず、変速機的作用が益々重要になる事は明らかであり、ジェアトコ技術開発陣への期待は高まるばかりである。引き続き、エンジンと一体となって魅力あるパワートレインの開発を進めて行きたい。

また同時に、環境性能だけでなく、自動車の持つ走りの楽しさ、加速性能の楽しさを忘れてはならない。クルマを操る楽しさを犠牲にすること無く、将来

architectures can be diagrammed as shown in Fig. 7. While an electric motor offers large degrees of freedom for operation, the transmission which transfers power mechanically is superior with respect to transmission efficiency itself. One very interesting point is that despite the progress of electrification, the transmission still plays a vital role in all of the different hybrid configurations. There is no doubt that the transmission will remain one of the key technologies not only in the first and second stages, but also in the final third stage as well.

6. Nissan's Concept of Powertrain Evolution

The one-motor two-clutch hybrid system that Nissan has put on the market so far can be used effectively and efficiently as a technological asset in all three stages from the first to the third. Together with effective use of the battery, inverter, electric motor and other technological assets of electric vehicles in which Nissan enjoys global leadership, we are confident that we can keep on supplying attractive and competitive powertrains efficiently and continuously (Fig. 8).

- Utilize EV and ICE/CVT technological assets effectively to develop 1M2C.
- 1-motor 2-clutch hybrid is a simple and effective system that will be used throughout powertrain evolution in the future.

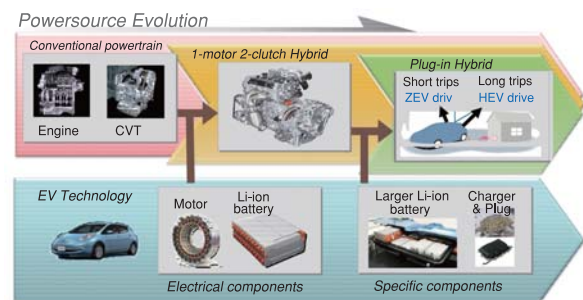


Fig.8 Power source evolution

7. Conclusion

Without a doubt, reduction of CO₂ emissions and energy diversification will continue to be major challenges for the automotive industry in the future. It is expected that electric vehicles and fuel cell vehicles will become major players over the long term, but the progress of technology and the speed at which products can be commercialized will also be key

を見据えて高い目標にチャレンジし続けていく事が、パワートレイン開発に携わる我々の役目であり大きなモチベーションである。

factors here. In this regard as well, conventional powertrains must also continue to play a key role.

As mentioned above, it is clear that the role of the transmission will be increasingly important in powertrain evolution in the future for both conventional and electrified systems. That means the expectations for JATCO's technology development team will only continue to rise. We want to continue to develop attractive powertrain systems that are closely integrated with the engine.

At the same time, in addition to environmental performance, we must not forget the driving pleasure and joy of exhilarating acceleration inherent in vehicles. The challenge of continuing to attain high future goals without sacrificing the pleasure derived from operating a vehicle is the mission and also strong motivation for all of us involved in developing powertrain systems.



ハイブリッド車用T/M (FR車用JR712E/FF車用CVT8 HYBRID) 開発の経緯と適用状況

Development Background and Application Status of Hybrid Vehicle Transmissions
"JR712E for RWD Vehicles and CVT8 Hybrid for FWD Vehicles"

執行役員 高橋 哲哉

Corporate Vice President Tetsuya TAKAHASHI

1. はじめに

1. Introduction

2010年11月Infiniti M35 Hybridを皮切りにFR系乗用車に搭載を開始した7speed A/TベースのFR-HEVシリーズに加え、2013年11月にFF系中大型乗用車向けに開発したJatco CVT8 HYBRID(以下「CVT8 HYBRID」とする。)を市場に投入することにより、日産自動車(株)／ジヤトコ(株)にとって独自のハイブリッド技術である1Motor 2Clutchシステムの基本ラインナップが完成した。

量産ハイブリッドとしては98年に初代プリウスが登場してから、ほぼ15年が経過、現在、自動車各社から数々のシステムのハイブリッド技術が市場に投入されている。

そんな中、我々が市場に投入した1Motor 2Clutchシステムは、高効率、軽量ではあるが、その構成がシンプルであるが故の制御の難しさなどにより、量産化技術としては競合他社も採用を敬遠していたシステムであり、その開発の道のりは大変険しいものであった。

2005年から始まった先行開発段階を含め、ほぼ8年という年月をかけ、このシステム開発に挑戦してきた歴史を少し振り返ってみたいと思う。

2. ハイブリッドシステム選定

2005年、日産／ジヤトコ独自開発によるハイブリッドが必要との判断より、本格的に先行開発がスタートした。当時、FF系乗用車については、日産は基幹部品であるハイブリッドシステムを他社からの供給

A one-motor two-clutch (1M2CL) full hybrid system (JR712E) for rear-wheel-drive (RWD) passenger vehicles was developed around a 7-speed automatic transmission and mounted on the Infiniti M35 Hybrid released in November 2010. In addition to that RWD hybrid transmission, the Jatco CVT8 Hybrid was developed for use on midsize to large front-wheel-drive (FWD) vehicles and put on the market in November 2013. These units give Nissan Motor Co., Ltd. and JATCO a complete lineup of hybrid vehicle transmissions based on the two companies' unique 1M2CL hybrid technology.

Approximately 15 years have passed since the first-generation Prius appeared in 1998 as the first mass-produced hybrid vehicle. At present, automakers have put on the market many different hybrid technology systems. Among them, the 1M2CL system we released is lightweight and achieves high efficiency. However, other competitors had also refrained from adopting this type of system as a mass-produced technology because of the control complexity stemming from its simple architecture, among other reasons. The road to the development of this system was extremely arduous. It took nearly eight long years, including the stage of advanced engineering that began in 2005. In this article, I will briefly look back on the challenges we faced in developing this system.

2. Selection of a Hybrid System

In 2005, Nissan and JATCO initiated full-scale advanced development work on a hybrid system,

を受け、市場に投入する計画であった為、日産／ジャトコ独自のハイブリッドとしてはFR系が先行する形となっていた。

そのシステム選定においては、当時、様々なシステム先行評価結果も踏まえ、最終的に全方位の性能項目に於いて最も優れたシステムとして1Motor 2Clutchシステムを選定し、開発に踏み切った。(Fig. 1)

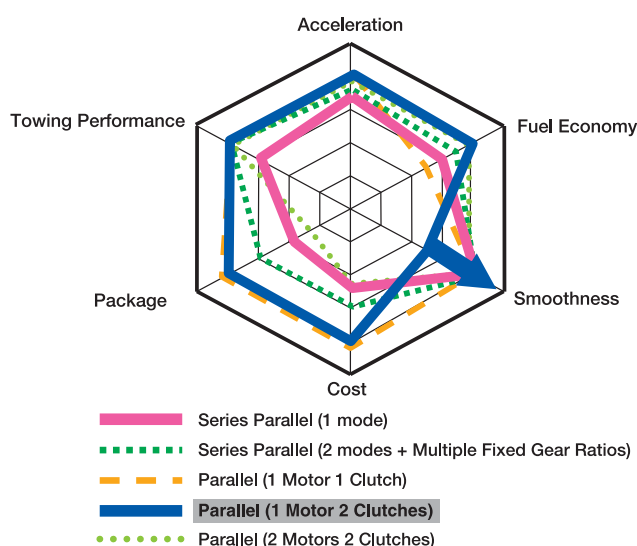


Fig.1 Selection of a full hybrid system

選定において重要視したのは、コスト、燃費性能はもちろんのこと、FR系乗用車の魅力性能に欠かせない加速性能であり、のちにM35 Hybrid (日本名フーガ)が発売当時、最も加速タイムの早い量産型ハイブリッドとしてギネスに認められたことは周知の通りである。(Fig. 2)

そして、その走りのDNAは更に磨きをかけ、Infiniti Q50 Hybrid (日本名スカイライン)に引き継がれたのは言うまでもない。(対M35比 0-60mph タイム0.4sec短縮 日産社内測定値)

近年、F1やルマンなど自動車レースにおいても、ハイブリッド技術がレギュレーション規定に加えられているが、そのシステムは1Motor 2Clutch型パラレルハイブリッドの構成に近い。軽量かつシンプルであること、及び従前のユニット技術の流用化率が高いといったメリットなどが、そのコンセプトにおいて共通しているものと考えられる。

そして2010年よりFF系乗用車向けとして、M35 Hybridで培った1Motor 2Clutchのコンポーネント技術を引き継ぎ、ジャトコの強みであるCVTに組み合

having concluded that we needed to develop one independently. At that time, Nissan was planning to put on the market a FWD hybrid passenger vehicle using the hybrid system obtained from another company as the core powertrain unit. That is the reason why Nissan and JATCO independently developed a hybrid system for use on RWD vehicles first.

Based on the results of advanced assessments of various systems at that time, the one we finally selected and began developing was the 1M2CL system, which was the most outstanding system in all performance parameters in every direction of the evaluation diagram (Fig. 1). In making that selection, we naturally emphasized cost and fuel economy and also acceleration performance, which is indispensable to the attractive performance of a RWD passenger vehicle. It is well known that the Infiniti M35 Hybrid (Nissan Fuga in Japan) was subsequently recognized by Guinness World Records as the fastest accelerating mass-produced hybrid at the time of its release (Fig. 2).



Fig.2 Infiniti M35h sets world hybrid acceleration record
PUBLISHED SEPTEMBER 21, 2011

Needless to say, the DNA underlying that performance was then further refined and continued by the Infiniti Q50 Hybrid (Skyline in Japan). According to Nissan's in-house measurement, the Infiniti Q50 Hybrid further shortened the M35's 0-60 mph acceleration time by 0.4 sec.

In recent years, a hybrid system has also been defined in the rules and regulations governing F1 racing, the 24 Hours of Le Mans and other car racing events. The configuration of the system resembles the architecture of our 1M2CL parallel full hybrid. The shared elements of this concept include such advantages as a simple, lightweight design and a high percentage of components carried over from existing transmissions.

わせたシステムの開発を本格的にスタートし、世界初のシステムであるCVTをベースとした1Motor 2ClutchシステムのCVT8 HYBRIDの誕生を2013年に迎えることになる。(Fig. 3, Fig. 4)

	2010	2011	2012	2013
RWD (7AT)	1 st Generation ● FUGA HYBRID ● INFINITI M35h ● CIMA			2 nd Generation ● INFINITI Q50
FWD (CVT)				● PATHFINDER/JX Jatco CVT8

Fig.3 Model applications of RWD and FWD 1M2CL hybrid systems

先述の通り、現在、市場には各社より多種多様のハイブリッドシステムが投入されているが、最もマーケットニーズに適したシステムのみが生き残り、やがて自然淘汰されることになるであろう。

BEV、FCEVなどの実用化の過程において、シリーズハイブリッドやレンジエクステンダーEVの台頭が予測される。これらは電気モータが直接の駆動源となるため、駆動力伝達機構は、簡素化されていく可能性が高い。

一方、長距離都市間移動やスポーツ走行のニーズなどが高い中大型車両に於いては、エネルギー密度の高い内燃機関とその効率を最大限に引き出すトランスミッション及びそれらをベースとするパラレル型ハイブリッドシステムは今後も成長し続けるものと確信する。我々ジャトコは、この1Motor 2Clutch型ハイブリッドをこれからの時代を担うユニット技術の一端とすべく、益々磨きををかけていくことが必要である。

3. 1Motor 2 Clutchシステムを支えたキー技術

FR、FFハイブリッドの主要スペック比較をTable 1に示す。

主な技術課題とブレイクスルーについては以下があげられる。

1. トルコンレスでの実用性(スムーズな発進、変速、エンジン始動)を実現した制御技術

Then, in 2010, we began full-scale development of a hybrid system for use on FWD passenger vehicles. The system continued the component technologies accumulated in the 1M2CL system on the Infiniti M35 Hybrid and combined them with a CVT, representing one of JATCO's recognized strengths. The CVT8 Hybrid was launched in 2013 as the world's first 1M2CL system to be based on a CVT (Figs. 3 and 4).

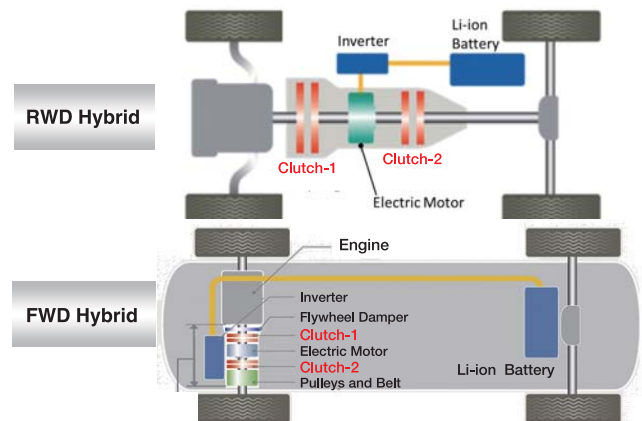


Fig.4 Comparison of RWD and FWD hybrid systems

As mentioned earlier, many different types of hybrid systems have been put on the market by various companies, but only the systems that best meet market needs will survive, while the others will eventually be eliminated through natural selection.

In the process of commercializing battery electric vehicles (BEVs) and fuel cell electric vehicles (FCEVs), it is expected that series hybrids and range-extending EVs will appear. Because the electric motor on these vehicles will be the direct power source, there is a strong possibility that the system for transmitting driving force will be further simplified.

On the other hand, I am confident that internal combustion engines with high energy density and transmissions capable of eliciting the engine's maximum efficiency as well as parallel hybrid systems based on these units will continue to grow in the coming years. That will be true for midsize to large vehicles for which there are strong needs in long-distance intercity travel and sporty driving. It will be necessary for JATCO to increasingly refine our 1M2CL hybrid system so that it can continue to serve as a core transmission technology that will satisfy future needs.

2. コンベ並みのPKGサイズと耐久信頼性を達成したクラッチ仕様と最適L/O
3. モータのフローティング構造採用によるNVH低減
4. コンベユニットとの高い部品共用化率，混流生産化によるコスト・投資削減

Table 1 Powertrain Specifications

		Fuga (M35) Q50 Hybrid	QX60 Hybrid/Pathfinder Hybrid
Hybrid System		1-motor 2-clutch parallel hybrid system	1-motor 2-clutch parallel hybrid system
Engine	Disp.	3.5 L	2.5 L
	Type	V6 w/VTC	I4 w/Supercharger & VTC
Transmission		Longitudinal (RWD) 7 speed	Transverse (FWD) Continuous variable (CVT)
CL1	Type	Dry single-plate clutch	Dry multi-plate clutch
CL2	Type	Wet multi-plate clutch	Wet multi-plate clutch
MOTOR	Max power	50 kW	15 kW
	Type	Li-ion	Li-ion
Battery	Size	8 cells x 12 modules	40 cells
	Voltage	345 V	144 V

ベースユニットやモータ出力などのスペックの違いこそあれ，1Motor 2Clutchを支えたキー技術は基本的にFF，FRではほぼ共通している。

一方，FRではエンジン始動とAT変速が同時に伴うシーンなどでのモータ出力を有効に活かした精度の高い制御技術の開発，FFではそのレイアウト制約によりモータ内に内蔵した乾式多板クラッチの摩耗問題など，夫々の難課題にも果敢にチャレンジし，解決してきた。（Fig. 5）

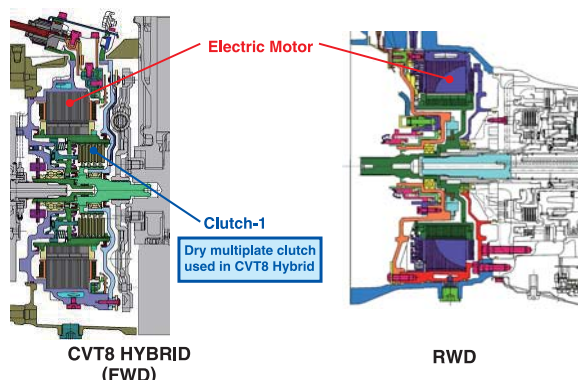


Fig.5 Cross-sectional views of the FWD CVT8 Hybrid and RWD clutch-1

特に地球30周分にも及ぶフリーテスト（FR例）や，国内外に於いて量産開始直前まで行った運転性灰汁だし評価などは，これらのキー技術を支える上で重要な役割を果たしたと考える。

また部品共用化のみならず，生産技術，工場とのサイマル活動で取り組むことにより，コンベンショナル

3. Technologies Supporting the 1M2CL System

The main specifications of the RWD and FWD hybrid systems are compared in Table 1. The following can be cited as the major technical challenges and breakthroughs achieved in developing these systems.

1. Control technology for achieving practical performance without a torque converter, including smooth launching, shifting and engine start.
2. Clutch specifications and an optimum layout that achieve a package size equal to that of a conventional transmission and ensure clutch durability and reliability.
3. Reduction of noise, vibration and harshness (NVH) by adopting a floating motor mounting structure.
4. Reduction of cost and capital investment by achieving a high percentage of parts commonality with conventional transmissions and mixed production on the same assembly line.

Although there are specification differences, including the base unit and motor output, the key technologies supporting the 1M2CL system are basically almost the same for both FWD and RWD vehicles.

On the other hand, each hybrid system also had its own difficult issues, presenting tough challenges that we resolutely solved (Fig. 5). For the RWD system, one challenge was to develop highly accurate control technology for using the motor output effectively in various driving situations such as when engine start and AT shifting take place simultaneously. For the FWD system, one challenge was the issue of wear of the dry multiplate clutch housed inside the motor on account of layout constraints.

We conducted fleet tests on the RWD hybrid system involving an aggregate driving distance equal to 30 laps around the Earth. Rigorous evaluations for thoroughly refining driveability were also conducted in Japan and overseas until just before launching mass production. These activities were especially important in supporting the development of the key technologies.

Not only were parts commonalized, we also achieved mixed production of the hybrid systems on the same assembly lines with our conventional transmissions. That was accomplished through the

トランスミッションとの組立ラインの混流化など、大幅な投資削減が実現できたことも今回の成果と言える。

尚、詳細の技術説明については本特集の各論に任せることとしたい。

4. 開発の振り返りと今後の課題

新規システム開発の常ではあるが、その開発過程においては、予想以上に多くの開発リソースを投入せざるを得なかった。その経験を糧に今後のハイブリッド搭載車両プロジェクト増加に向け、足早に開発の効率化を進めていく必要があるのは言うまでもない。

例としては発達要素としての役割を持つトルコンを廃止したことで、リニアな加速感を実現できた一方、WSC領域でのクラッチ2 (CL2) 温度上昇など、クラッチ系にまつわる耐久性やジャダー、異音などの開発課題が発生した。CVT8 HYBRIDでは電動オイルポンプの追加などにより、泥濘路、砂地走破性も含め、SUV要件であるトーイング性能も妥協を許さず確保出来たが、今後は更に本格SUVやLDTカテゴリなどへの拡大採用も予測される。トルコンレスでの市場受容性限界を見極める上でも、クラッチ、ダンパーなどの要素技術開発力向上が急務と考える。

またハイブリッドシステムはその状態遷移の多さにより適合業務が幾何級数的に増えてしまった。FRハイブリッド開発の例をとると適合評価項目はコンベンショナルT/Mの3~4倍にも膨れ上がり、しかもROM定数全体の70%以上は実車適合が必要で、手戻りによる繰り返し実験も多かったのが実態である。今後はHILS、VRS台上化などの活用など、V字開発プロセスの上流工程化による大幅な効率化を図っていく必要がある。

5. おわりに

先に述べた通り、1Motor 2Clutchパラレル型ハイブリッドシステムは、そのシンプルな機構が故に高度なシステム制御技術と要素技術が要求される動力伝達機構である。

特に過渡性能においては、燃焼といった化学反応を伴うエンジンと、摩耗などの劣化要素も持つ機

simultaneous activities undertaken by production engineering and the plant. As a result, another important accomplishment that can be cited was a substantial reduction of capital investment in equipment.

I would like to note here that detailed technical explanations are given in each article in this special feature.

4. Review of the Development Process and Future Issues

In the process of developing the hybrid systems, we invariably had to invest more product development resources than was expected, though that is always the case when developing a new system. Having learned from that experience, it goes without saying that we will need to quickly improve our development work efficiency in order to cope with the increased number of projects for hybrid vehicle systems in the future.

As one example, clutch-2 (CL2) functions as the start-off element in the 1M2CL hybrid system owing to the discontinuation of a torque converter. While this achieves a linear feeling of acceleration, the clutch temperature rises in the region of wet start-off clutch (WSC) operation. There were various development issues that had to be resolved in connection with this clutch system such as durability, shudder and unusual noise. For the CVT8 Hybrid, we added a dedicated electric oil pump, among other improvements, to ensure uncompromising towing capability, which is an essential requirement for SUV application, including traction even for driving on muddy roads or sand. It is expected that the application of the CVT8 Hybrid will be expanded in the future to include the categories of full-fledged SUVs and light-duty trucks. We urgently need to strengthen our capabilities for developing clutches, dampers and other key technologies in consideration of the limits of market acceptability of systems without a torque converter.

Moreover, the numerous state transitions that occur in hybrid systems have exponentially increased the amount of compliance work. Taking the development of the RWD hybrid system as an example, the number of compliance evaluation items swelled by three to

械系のクラッチ，制御精度は非常に高いがバッテリーのSOC (State of Charge) 状態に大きく左右される電気モータという全く異なる特性を持つ3要素を高次元にバランスさせ，車両伝達特性を考慮した音振性能とスムーズな運転性と耐久信頼性を両立することは，まさに動力伝達機構としてのT/Mシステム技術の集大成といっても過言ではない。

また，益々厳しさを増す燃費要求によりコンベンショナルCVT/ATにおいても徹底的な限界設計（マージンの圧縮）やより精度の高い制御開発などが今後も求められ続けると考える。その為にも部品要素技術の向上はもとより，音振性能予測技術や油圧系回路設計技術など，システム全体の最適化技術の構築を足早に実行していく必要がある。

また，この1Motor 2Clutch ハイブリッド開発を通じ，一番の収穫だったことは，開発に関わったエンジニア達が非常に逞しく育ったことである。従前の基準・標準では解けない難課題に自らが率先して立ち向かい，三現主義に基づき，技術の壁を越えることで，エンジニアは大きく成長することを改めて痛感した次第である。ジャトコ開発・生産部隊エンジニアの基礎体力の更なる向上に向け，果敢な挑戦は今後も続くであろう。

最後になるが，サプライヤを含む関係部署各位の絶大なる貢献に対し，感謝の意を表したい。

four times compared with conventional transmissions. Moreover, over 70% of all the ROM Calibration Data had to be confirmed in actual vehicle tests, making it necessary to conduct many tests repeatedly owing to the reworking of the design. In the future, it will be necessary to boost work efficiency substantially by implementing a V-shaped development process in upstream operations through the use of hardware-in-the-loop simulation (HILS), virtual and real simulator (VRS) bench tests and other approaches.

5. Conclusion

As explained above, the 1M2CL parallel full hybrid system for transmitting driving force requires sophisticated system control technology and component technologies on account of its simple architecture. Its core elements consist of the engine characterized by the chemical reactions involved in combustion, the mechanical clutch system that experiences degradation elements such as wear, and the drive motor that is markedly influenced by the battery state of charge (SOC), though the level of motor control accuracy is notably high. These three elements having completely different characteristics must be balanced at a high level especially under transient performance conditions. The system must provide smooth driveability, durability and reliability combined with noise and vibration performance that takes into account the force transmission characteristics of the vehicle. It would not be exaggerating to say that this hybrid system truly represents a culmination of transmission system technologies for transmitting driving force.

On account of the ever increasing severity of fuel economy requirements, conventional CVTs and ATs will also continue to require rigorous limit-state designs (design margin shrinking) and the development of much more accurate control technology. Toward that end as well, it will be necessary to build quickly the technologies needed for total system optimization. This naturally includes improving component technologies further as well as developing technologies for predicting noise and vibration performance and for executing hydraulic circuit designs.

The most significant fruit gained in the process of developing this 1M2CL hybrid system was the remarkable development displayed by the engineers involved in the project. They themselves took the initiative to tackle difficult issues that had not be resolved by applying existing criteria and standards and surmounted technical hurdles based on the "sangen principle" of engagement, which means going to the actual site, finding out what actually happened and identifying the actual problem. I was truly struck again by how profoundly the engineers improved themselves through this project. I believe JATCO's product development and manufacturing engineers will continue their resolute challenge to further enhance their fundamental skills and abilities.

In conclusion, I would like to express my appreciation to all of the departments involved, including our suppliers, for their tremendous contributions to the development of the hybrid vehicle transmissions.

Memo

Jatco CVT8 HYBRID商品紹介

Introducing the Jatco CVT8 HYBRID

小長谷 文人*
Fumihito KONAGAYA

大曾根 竜也**
Tatsuya OSONE

寺内 政治**
Seiji TERAUCHI

抄 録 ジヤトコは、2013年7月にJatco CVT8 HYBRID(以下「CVT8 HYBRID」とする。)の生産を開始した。CVT8 HYBRIDは、2012年に発売開始したJatco CVT8(以下「CVT8」とする。)をベースに高効率、且つ、小型軽量の1Motor2Clutchシステム(以下「1M2CL」とする。)を用いてハイブリッド(以下「HEV」とする。)化したトランスミッションである。本稿では、このCVT8 HYBRIDの商品概要を紹介する。

Summary The Jatco CVT8 HYBRID transmission (hereafter CVT8 HYBRID) went into production in July 2013. Based on the Jatco CVT8(hereafter CVT8) that was released in 2012, the CVT8 HYBRID is built with a compact, lightweight, high-efficiency 1Motor2Clutch (hereafter 1M2CL) system. This article presents a product overview of the CVT8 HYBRID.

1. はじめに

1. Introduction

地球環境が明確に課題視され、CO₂低減の必要性が高まって久しいが、2ペダル市場においては、ドライビングプレジャー向上のニーズも急速に高まっている。これまでジヤトコは、早くからCVTを中心としたフルラインナップ化されたトランスミッションで、それらのカスタマーデマンドに应运えてきた。中でも昨年に市場投入した中大型乗用車向けのCVT8は、従来型に比べ、レシオカバレッジの17%拡大、フリクションの40%の低減、および車両との協調制御の進化により、10%の大幅な燃費向上とドライビングプレジャー向上を両立した。

ジヤトコは上記CVT8をベースに、日産自動車(株)(以下「日産」とする。)が開発したハイブリッド車向けのCVTを日産と新たに共同で開発し、生産を開始した。FWD車のHEV化にあたり、日産/ジヤトコは、すでにRWD車用7速ステップATと組み合わせ、2010年11月より発売している日産FUGA (Infiniti M35)向けのHEVシステムと同様の1M2CL構造を採用した。

本稿では、CVT8のワイドギアレシオ、低フリクション性能、および搭載性を継承しながら、HEV化を実現したCVT8 HYBRIDの商品概要を紹介する。

The need to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions has been increasing for quite long time as the global environment has been clearly recognized as a priority issue. Besides that, in the two-pedal vehicle market, the need to improve driving pleasure has also risen sharply. JATCO has so far met these customer demands by providing a full transmission lineup focused on CVTs, which we began to develop from early days. One notable example is the CVT8 that we put on the market last year for use on midsize to large passenger vehicles. Compared with the previous model, the CVT8 expands the ratio coverage by 17%, reduces friction by 40% and incorporates a more advanced system for cooperative control with the vehicle. As a result, it achieves a substantial fuel economy gain of 10% while at the same time also improving driving pleasure.

JATCO on CVT8 platform has jointly developed a new hybrid CVT transmission with Nissan Motor Co., Ltd.(hereafter Nissan) for hybrid vehicles developed by Nissan. JATCO has started production of CVT8 HYBRID. In developing this hybrid transmission for FWD vehicles, Nissan and JATCO developed a 1M2CL system similar to the hybrid system that is

* プロジェクト推進質
Project Promotion Office

** 日産自動車株式会社 HEV製品開発部
NISSAN MOTOR CO., LTD. HEV Product Development

2. システム概要

HEVシステムは、これまで様々な方式が考案されているが、1M2CLは、最も小型軽量、且つ、高効率な平行HEVシステムの一つである。その構成は、1つのElectric Motorと2つのClutchからなる。

Fig. 1に1M2CLの概念図を示す。

1つのElectric Motorは、駆動と発電を行う。

2つのClutchの内、EngineとMotorの間に位置するClutch-1 (以下「CL1」とする。)は、以下の機能を持つ。

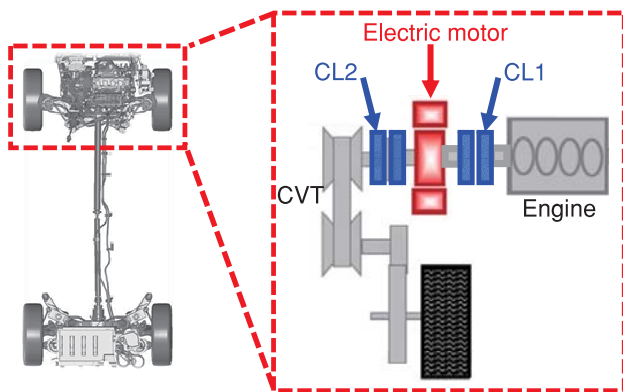


Fig.1 Conceptual structure of 1M2CL system

- (1) Engine停止時にCL1を開放し、EngineとMotorを切り離してEngineフリクションを遮断する。
- (2) Engine始動時にCL1を締結し、MotorトルクをEngineへ伝達してEngineを始動させる。
- (3) Engine始動後、CL1の締結を維持し、Engine動力をトランスミッションへ伝達する。

CVT8の前後進切換えClutchのスペースに配置されるClutch-2 (以下「CL2」とする。)は、以下の機能を持つ。

- (1) 車両発進、および停止時、CL2をスリップさせ、スムーズな発進、および停止のため、Motor (もしくはEngine+Motor) からの伝達トルクをコントロールする。
- (2) 車両走行時、CL2を締結し、Motor (もしくはEngine+Motor) の動力を変速機構へ伝達する。
- (3) 車両停車時、CL2をスリップさせ、Motorの動力をコントロール (遮断) し、ニュートラルを形成する。

combined with a 7-speed automatic transmission for RWD vehicles on the Nissan Fuga (Infiniti M35), which was released in November 2010.

This article presents a product overview of the CVT8 HYBRID's HEV application model while continuing the wide ratio coverage, low friction and excellent vehicle mountability that distinguish the CVT8.

2. System Overview

Various architectures have been proposed so far for HEV systems. The 1M2CL configuration is one type of parallel HEV system that is the smallest, lightest and most efficient of its kind. Fig. 1 shows a schematic diagram of the 1M2CL system, which consists of one electric motor and two clutches. The single electric motor both drives the vehicle and generates electricity. Of the two clutches, Clutch-1 (hereafter CL1) is positioned between the engine and the motor and provides the following functions.

- (1) While the engine is stopped, CL1 is disengaged to decouple the Engine and the Motor, thereby preventing the transfer of engine friction.
- (2) At engine start, CL1 is engaged to transmit motor torque to the engine to crank it.
- (3) Following engine start, CL1 remains engaged to transmit engine power to the transmission.

Clutch-2 (hereafter CL2) is positioned in the space occupied by the forward-reverse changeover clutch in the CVT8 and performs the following functions.

- (1) To ensure that the vehicle starts and stops smoothly, CL2 is allowed to slip while controlling the transfer of motor (or Engine + Motor) torque.
- (2) During driving, CL2 is engaged to transfer motor (or Engine + Motor) torque to the transmission.
- (3) When stopping the vehicle, CL2 is allowed to slip while controlling (i.e., preventing) the transfer of motor torque so as to create a neutral state.

This hybrid system is distinguished by its ability to provide various operating modes, as shown in Fig. 2, by controlling the two clutches in relation to the power inputs from the single motor (or the Motor + Engine). The combination of these operating modes with seamless CVT shifting allows fuel economy and power performance to be controlled flexibly.

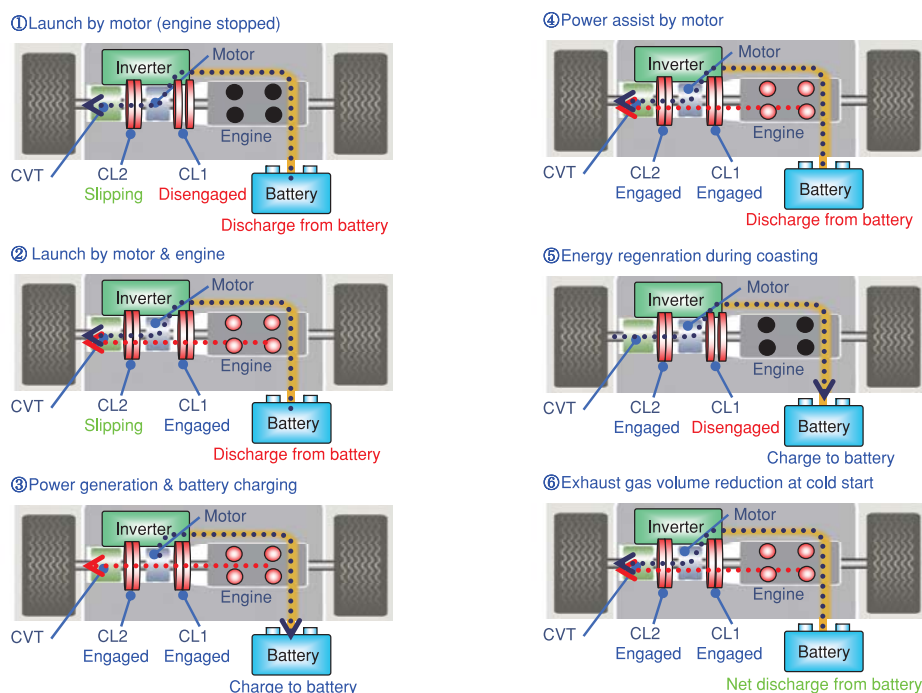


Fig.2 System operating modes

本システムの特徴として、1つのMotor (もしくはMotor + Engine)からの入力に対し、2つのClutchをコントロールすることにより、Fig. 2に示すようなさまざまなシステム作動モードを形成できる。これらのモードとCVTの無段階変速と組み合わせることにより、燃費と動力性能を自在に制御することを可能としている。

3. 1M2CLをCVT8 HYBRIDへ採用するためのコンポーネント技術

多様な車両への搭載をもとめられるCVT8 HYBRIDは、1M2CLコンポーネントをCVT8のユニット部へ内蔵することにより、CVT8のワイドギアレシオ、低フリクション性能を確保しながら、優れた搭載性もほぼそのままに継承した。これを達成する為のキー技術を解説する。

3.1. Motor搭載の技術

HEV用Motorをトランスミッション内に搭載する際には、EV走行時 (Engine停止中の走行)を想定して、より静粛性を高める必要がある。そこで、Motorからの振動伝播を抑止する為に、Motorをトランスミッションケースに直接固定せず、弾性体を介して保

3. Component Technologies for Applying the 1M2CL System to the CVT8 HYBRID

As a result of incorporating the 1M2CL system into the CVT8 (Fig. 3), the CVT8 HYBRID provides nearly the same excellent vehicle mountability as the base unit, while ensuring the wide ratio coverage and low friction that characterize the CVT8. This enables the CVT8 HYBRID to satisfy the requirement for use on a wide variety of vehicle types. This section explains the key technologies that have made this possible.

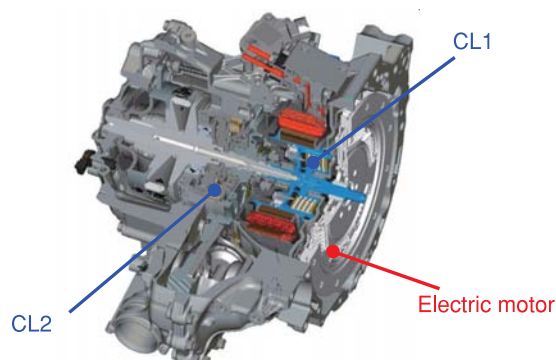


Fig.3 Cross-sectional view of the 1M2CL system in the CVT8 HYBRID

3.1. Motor mounting technology

In order to install the hybrid drive motor in the transmission, it was necessary to achieve a higher level of quietness that was envisioned for the EV

持するモーターマウントフローティング構造を採用した。このマウンティング構造によってモータ振動の伝達が抑制でき良好な静粛性を確保することが可能となった。(Fig. 4)

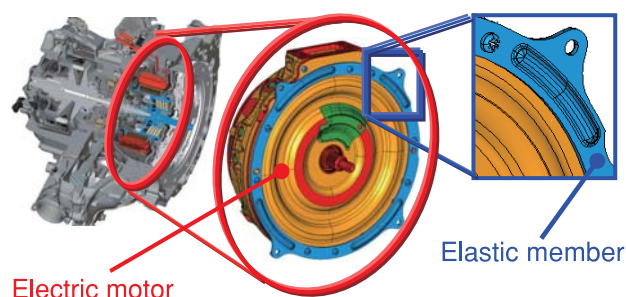


Fig.4 Floating motor mounting structure

3.2. CL1搭載の技術

Fig. 5にCVT8 HYBRIDのCL1構成, Fig. 6にCVT8 HYBRIDのCL1の断面図を示す。

RWD車両と異なり, FWD車両は, 車両左右方向にEngineとトランスミッションを搭載することになる為, トランスミッションへの全長抑制要求は, 更に厳しくなっている。

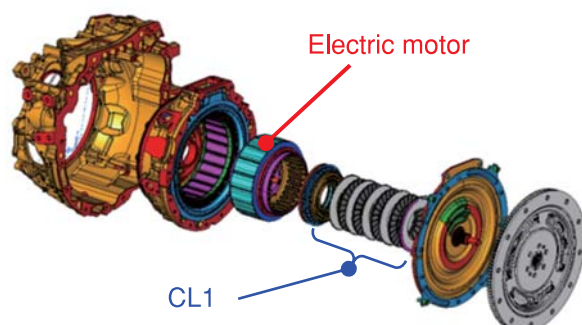


Fig.5 Structure of CL1 in the CVT8 HYBRID

この為, CVT8 HYBRIDは, CL1に乾式多板クラッチを採用して, CL1全体をMotorの内側へおさめる事で, CL1, およびMotorをCVT8のトルクコンバータースペースに収めるレイアウトとした。

また, 乾式多板構造を採用する為には, クラッチ開放時の引き摺りフリクション性能向上や摩耗粉の排出性向上が必要となる。CVT8 HTBRIDでは, 摩擦材表面の溝形状の最適化やクラッチプレートへの空気孔設置により, それぞれのクラッチ板の間に空気を流し込み, 性能向上を図った。

drive mode when the engine is stopped. Therefore, a floating motor mounting structure was adopted for supporting the motor by means of an elastic member instead of attaching it directly to the transmission case. This mounting structure suppresses the transfer of motor vibration to ensure good quietness (Fig. 4).

3.2. CL1 mounting technology

Fig. 5 shows the structure of CL1 in the CVT8 HYBRID, and Fig. 6 presents a cross-sectional view of CL1. Unlike a RWD vehicle, the engine and transmission are mounted transversely on a FWD vehicle, making severe requirement for reducing the overall transmission length. For that reason, a dry multiplate clutch was adopted for CL1 in the CVT8 HYBRID, and the entire clutch is installed on the inner side of the motor. This layout made it possible to position both CL1 and the motor in the space occupied by the torque converter of the CVT8.

In order to adopt a dry multiplate clutch, it was necessary to reduce the drag friction that occurs during clutch disengagement and to improve the evacuation of wear particles. For the CVT8 HYBRID, the groove geometry on the friction material surface was optimized and air holes were provided in the clutch plates to allow air to flow between them. These measures reduced drag friction and improved wear particle evacuation.

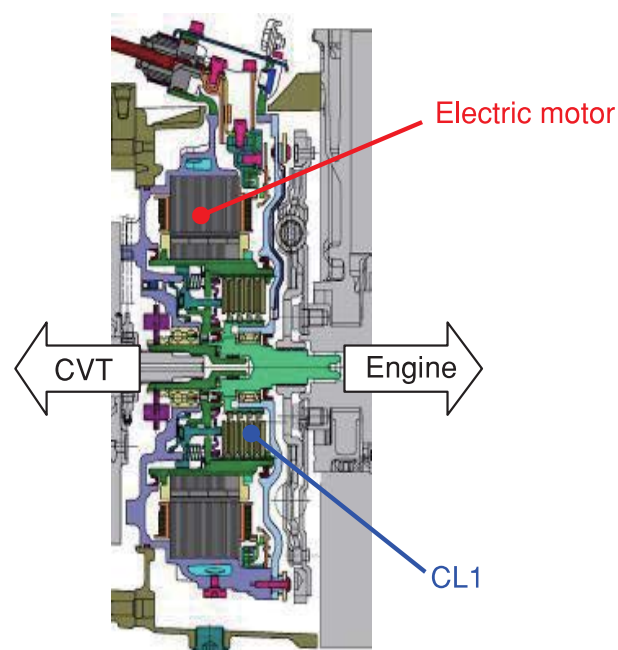


Fig.6 Cross-sectional view of CL1 and electric motor

3.3. CL2搭載の技術

CVT8 HYBRIDは、MIDサイズSUV車へも搭載する為、トーイングも可能としている。トーイング発進では、CL1を締結し、Engine+Motorからの大きなトルクをCL2に入力した状態で、CL2をスリップさせながら発進する為、CL2の冷却性能を向上する必要がある。

CVT8 HYBRIDは、CL2へのトルク入力経路の見直しや潤滑冷却専用の電動オイルポンプ装備することで、CVT8の前後進切換えクラッチのスペースに収めながら、CL2の耐久性を向上する事に成功し、SUVへの適用を可能にした。

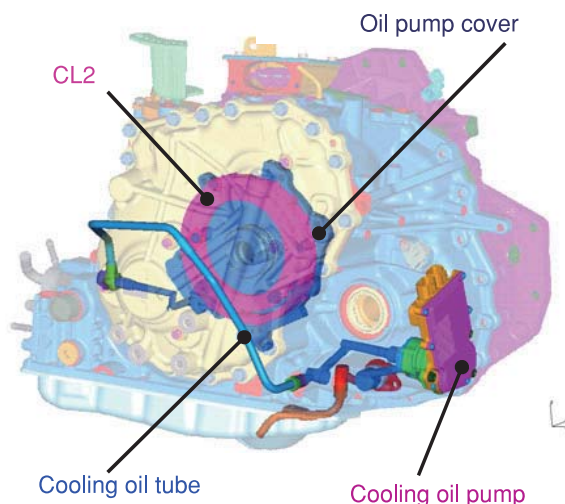


Fig.7 Cooling system for CL2

4. 更なる燃費向上の取り組み

CVT8 HYBRIDは、ベースとなるCVT8の優れた燃費性能を更に飛躍させる為、HEV化に伴い様々な燃費向上技術を採用した。

4.1. プーリー剛性最適化

CVT8 HYBRIDでは、セカンダリープーリー剛性を向上し、プーリー変形に伴うチェーンの走行半径変動を抑制することにより、従来品と比べトルク容量を20%向上した。これにより、推力も低減することができ、より低い油圧でのトルク伝達を可能とした。

3.3. CL2 mounting technology

The CVT8 HYBRID also provides towing capability to allow application to midsize SUVs. To facilitate vehicle launch while towing, CL1 is engaged and the large combined torque of the engine and motor is applied to CL2. Because CL2 slips while transferring torque to launch the vehicle, it was necessary to improve the clutch's cooling performance.

For the CVT8 HYBRID, the torque input path to CL2 was revised, and an electric-powered oil pump was adopted specifically for lubricating and cooling CL2. (Fig. 7). These measures successfully improved the durability of CL2, which is positioned in same space of the forward-reverse changeover clutch of the CVT8, and thereby made application to SUVs possible (Fig. 8).

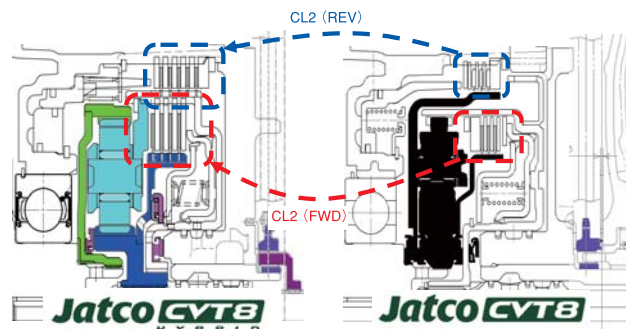


Fig.8 Cross-sectional views of CL2 and planetary

4. Efforts for Further Fuel Economy Improvement

Various technologies for further improving fuel economy were incorporated in the CVT8 HYBRID in the process of developing this hybrid transmission. These measures were adopted to dramatically improve fuel economy beyond the excellent fuel efficiency of the base CVT8.

4.1. Optimization of pulley stiffness

The stiffness of the secondary pulley in the CVT8 HYBRID was increased to suppress fluctuations in the chain's running radius induced by pulley deformation (Fig. 9). This improved torque capacity by 20% compared with that of the previous CVT model. As a result, thrust force was also reduced, making it possible to transmit torque with a lower hydraulic pressure.

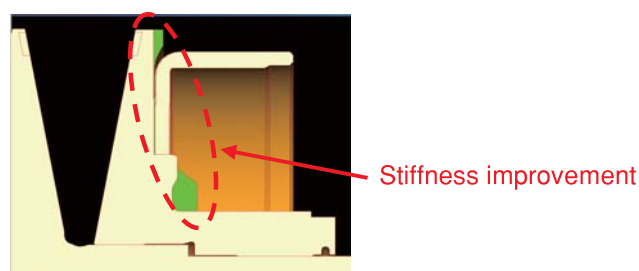


Fig.9 Optimized shape of the secondary pulley

4.2. Powertrain Torque Demand制御

Engine, Motorのトルク制御, およびCVTの変速制御を協調させることで, 目標駆動力を実現しながら電力回収の向上と燃料消費率の抑制することが可能となる. これを実現する為に, Powertrain Torque Demand制御を採用した.

4.3. 充電状況に応じた最適変速

CVTが充電状況 (State of charge 以下「SOC」とする.) に応じた変速を行うことで, 駆動力を維持したままEngineトルクが最適動作線を辿ることを可能とした.

4.4. 回生効率向上

回生時にMotor, およびInverterの効率が良い条件で電力回収を行うようCVTが変速し, Motor回転を最適にコントロールし, 短い時間でのSOC回復を実現した.

5. CVT8 HYBRIDのものづくり 生産と開発のダイバーシティ

CVT8 HYBRIDは, Motor, CL1, およびCL2のレイアウトを最適化して, CVT8との部品共用率を高めることに成功した.

5.1. ユニットダイバーシティ

CVT8 HYBRIDは, CVT8との部品共用率約70%を達成した. その結果, 小型軽量のユニット特性の維持, コスト低減に大きく寄与した.

4.2. Powertrain torque demand control

Control of the engine and motor torque is coordinated with CVT shift control, making it possible to improve electric power regeneration and to suppress the fuel consumption rate while delivering the target drive torque. To accomplish that, Powertrain Torque Demand Control was adopted for the CVT8 HYBRID.

4.3. Optimal shifting for various battery's SOC

The CVT shifts according to the battery's State of Charge (SOC), enabling the engine torque to trace the optimal operating line while maintaining the desired level of drive torque.

4.4. Improvement of regeneration efficiency

During energy regeneration, the CVT shifts so as to enable electric power to be regenerated under a condition of high motor and inverter efficiency. The motor speed is controlled to the optimum level to realize SOC recovery in a short period of time.

5. Manufacturing and Development diversity for CVT8 HYBRID production

Motor, CL1 and CL2 were optimally laid out in the CVT8 HYBRID to successfully increase the percentage of common parts shared with the CVT8.

5.1. Transmission diversity

The CVT8 HYBRID shares approximately 70% of its parts with the base CVT8 (Fig. 10). This sharing of common parts maintained the small, lightweight transmission package and contributed to substantial cost reductions.

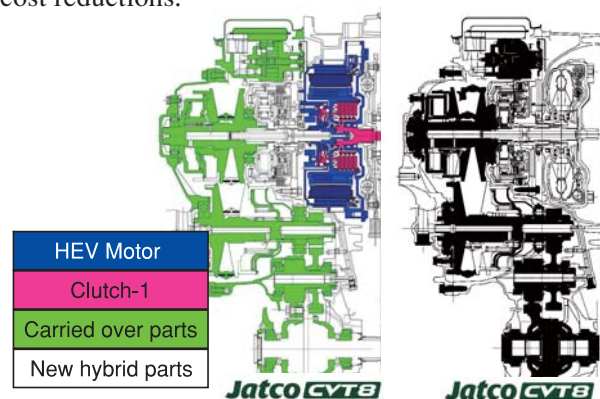


Fig.10 Cross-sectional views of CVT8 HYBRID and CVT8

5.2. フレキシブルな生産

CVT8 HYBRID開発では、生産技術、工場、および開発によるクロスファンクショナルなサイマル活動により、部品共用のみならず生産ラインの共用化にも取り組んだ。その結果、トランスミッションケース、プーリー部品、ギヤ部品、およびコントロールバルブなど多くの主要部品で、CVT8の加工、および組立ラインと共有化に成功した。

加えて、Motor搭載や強電ハーネス取付けなどCVT8 HYBRID特有の工程に関しても、コンベンショナルなCVT組立ラインの構成を大きく変えることなく、混流生産を可能とした。

6. まとめ

CO₂低減（燃費向上）とドライビングプレジャー向上の両立というニーズが高まる中、ジャトコは、上記ニーズへのソリューションとして小型乗用車向けにCVT7、中大型乗用車向けにCVT8のCVTラインナップを提供している。今回、次なるステージへのチャレンジとしてCVT8 HYBRIDを開発した。

CVT8 HYBRIDは、高効率且つ小型軽量な1M2CLを採用すること、CL1、およびCL2の最適レイアウト、モーターマウントフローティング構造等の採用により、CVT8の特徴であるワイドギアレシオ、低フリクション性能、優れた搭載性を継承することができた。

また、CVT8との部品共用を進め、価格競争力やグローバルでの生産性を確保しながら、プーリー剛性の最適化やPowertrain Torque Demand制御採用など、最新の燃費技術に磨きを掛け、カスタマーニーズに応える新世代ユニットとすることができた。

最後に、CVT8 HYBRID開発にあたり、多大なご協力を頂いた社内外の皆様に、深く感謝の意を表します。

5.2. Flexible manufacturing

In developing the CVT8 HYBRID, simultaneous cross-functional activities were undertaken by production engineering, manufacturing and development departments to achieve not only parts commonality, but also shared use of production lines. As a result, many of the principal parts, such as the transmission case, pulley parts, gear parts, control valves and others, can be successfully produced on the CVT8's machining and assembly lines.

In addition, the manufacturing processes specific to the CVT8 HYBRID, such as motor mounting and high-voltage harness installation, can also be performed in mixed production operations on same line without making major changes to the configuration of the conventional CVT assembly lines.

6. Conclusion

Amid the rising needs for both a reduction of CO₂ emissions (i.e., higher fuel economy) and improvement of driving pleasure, JATCO provides a CVT lineup, comprising the CVT7 for small passenger vehicles and the CVT8 for midsize to large passenger vehicles, which meets these conflicting demands. As an engineering challenge toward the next stage, we have developed the CVT8 HYBRID described here.

The CVT8 HYBRID adopts a small, lightweight, high-efficiency 1M2CL system, an optimum layout of CL1 and CL2, and a floating motor mounting structure, among other features. As a result, it successfully continues the wide ratio coverage, low friction and excellent vehicle mountability that characterize CVT8.

Greater sharing of parts with the CVT8 also ensures cost competitiveness and the ability to manufacture the CVT8 HYBRID globally. Moreover, fuel economy has also been enhanced by optimizing pulley stiffness and adopting Powertrain Torque Demand Control, among other state-of-the-art technologies for fuel economy improvement. As a result, the CVT8 HYBRID has been developed as a new-generation transmission that can fully meet diverse customer needs.

At the end, we would like to thank everyone involved both inside and outside the company for their invaluable cooperation with the development of the CVT8 HYBRID.

7. 参考文献

7. Reference

- (1) Tatsuya Osone: Introduction to the HEV transmission for Infiniti M35h, 10th International CTI Symposium, December 2011, Berlin
- (2) Yuuzou Akasaka, Hiroki Uehara, Tomoharu Fujii: Development of Hybrid Vehicle Components: Dry Multiplate Clutch Housed in Motor and Engine-Start-Noise Reduction Flywheel Damper, 2013 JSAE Annual Congress(Spring)
- (3) Shuichi Orita, Keisuke Kawai, Taiichi Onoyama: Development of new FF hybrid system, 2013 JSAE Annual Congress(Spring)
- (4) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto: Development of the JATCO CVT8Hybrid, 12th International CTI Symposium, December 2013, Berlin

- (1) Tatsuya Osone: Introduction to the HEV transmission for Infiniti M35h, 10th International CTI Symposium, December 2011, Berlin
- (2) Yuuzou Akasaka, Hiroki Uehara, Tomoharu Fujii: Development of Hybrid Vehicle Components: Dry Multiplate Clutch Housed in Motor and Engine-Start-Noise Reduction Flywheel Damper, 2013 JSAE Annual Congress(Spring)
- (3) Shuichi Orita, Keisuke Kawai, Taiichi Onoyama: Development of new FF hybrid system, 2013 JSAE Annual Congress(Spring)
- (4) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto: Development of the JATCO CVT8Hybrid, 12th International CTI Symposium, December 2013, Berlin

■ Authors ■



Fumihito KONAGAYA



Tatsuya OSONE



Seiji TERAUCHI

FFハイブリッド車用モータ内蔵小型乾式多板クラッチシステムの開発

Development of a Small Dry Multiplate Clutch System Housed in the Motor for FWD Hybrid Vehicles

赤坂 裕三*
Yuuzou AKASAKA

上原 弘樹*
Hiroki UEHARA

藤井 友晴*
Tomoharu FUJII

藤川 真澄**
Masumi FUJIKAWA

渡邊 祐司**
Yuji WATANABE

抄 録 日産自動車とジャトコとの共同で新開発したJatco CVT8 HYBRID(以下「CVT8 HYBRID」とする。)において、小型軽量化を達成するために、モータ内蔵型小型乾式多板クラッチ(以下「CL1」とする。)システムを採用した。本稿では、その開発における、CL1部品及び、油圧制御について、開発の狙い、取組みについて紹介する。

Summary Nissan Motor Co., Ltd. and JATCO have jointly developed new Jatco CVT8 HYBRID (hereafter CVT8 HYBRID). In order to achieve a compact, lightweight unit, a small dry multiplate clutch (hereafter CL1) system housed in the motor was adopted for CVT8 HYBRID. This article describes the development aims set for the CL1 components and the hydraulic pressure control system and the activities carried out to attain them in the process of developing CL1.

1. ハイブリッドシステムの構成

エンジンとモータの間に配置したCL1は、以下の機能を持つ。

- (1) エンジン停止時にエンジンとモータを切り離してエンジンフリクションを遮断する。
- (2) エンジン始動時にモータトルクをエンジンに伝達してエンジンを始動させる。
- (3) CL1を締結してエンジンの動力をトランスミッションへ伝達する。

1. Hybrid System Configuration

CL1, positioned between the engine and the motor, performs the following functions.

- (1) While the engine is stopped, CL1 is disengaged to decouple the engine and the motor, thereby preventing the transfer of engine friction.
- (2) At engine start, CL1 transmits motor torque to the engine to crank it.
- (3) When CL1 is engaged, it transmits engine power to the transmission.

2. CVT8 HYBRID

2. CVT8 HYBRID

2.1. CVT8 HYBRIDの構成

FFハイブリッドは車両への搭載スペースが狭い。そこで、Fig. 1に示すようにクラッチを多板構造、かつモータに内蔵することで軸方向長さを短縮し、ハイブリッドシステムを納めることを可能にした。

2.1. Configuration of CVT8 HYBRID

The space available on a vehicle for installing a FWD hybrid transmission is limited. For that reason, as shown in Fig. 1, a multiplate clutch structure that is housed in the motor was adopted to reduce the axial length of the transmission. These measures enable the hybrid system to be installed in the limited space available.

* 日産自動車株式会社 パワートレイン第四製品開発部
Nissan Motor Co., Ltd. Powertrain Product Development

** プロジェクト推進室
Project Promotion office

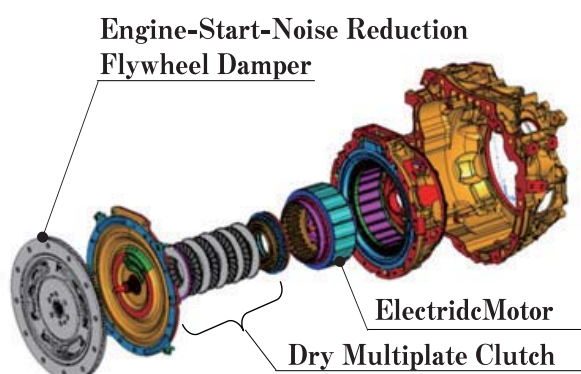


Fig.1 FWD hybrid transmission

3. 乾式多板クラッチ

3.1. 技術課題と取り組み

乾式多板クラッチの開発には以下の課題を解決する必要があった。

(1) 摩擦材の偏摩耗

多板クラッチ構造はCL1の各プレートの面圧分布に偏りが発生し、摩擦材が偏摩耗する。同時に偏当りにより摩擦係数も低下する。

(2) 引き摺りフリクション

CL1の開放時、プレート同士が接触し、引き摺りフリクションが発生する。

(3) 摩耗粉の堆積

摩擦材から発生する摩耗粉が、CL1付近に介在すると締結開放機能が損なわれる。

3.2. 摩擦材の偏摩耗防止

多板クラッチ構造はMTクラッチのようにプレート面全体で荷重を受けることができない。Fig. 2の点線で示す通り、押力部(Piston)と受圧部(Snap Ring)がクラッチプレート軸方向の対角線上に配置される。そのため各クラッチプレートにかかる荷重の位置が変わり、面圧分布に偏りが発生し、摩擦材が偏摩耗する。

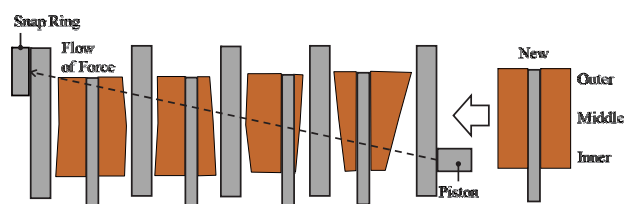
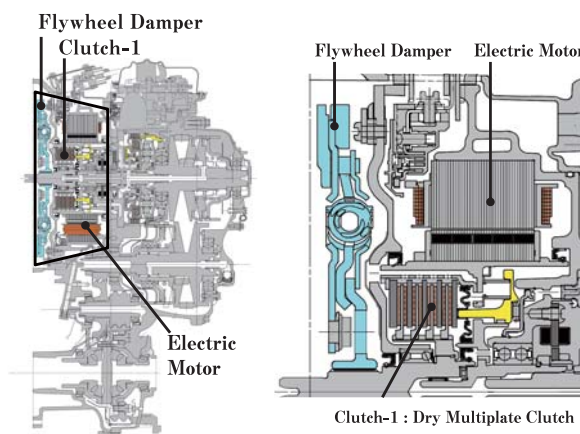


Fig.2 Distribution of wear of CL1



3. Dry Multiplate Clutch

3.1. Technical issues and solutions

The following issues had to be resolved in order to develop the dry multiplate clutch.

(1) Uneven wear of friction materials

The structure of dry multiplate CL1 produces an uneven pressure distribution on each plate, resulting in uneven friction material wear. The friction coefficient also declines at the same time due to uneven wear.

(2) Drag torque

Contact between the clutch plates when CL1 is disengaged produces drag torque.

(3) Buildup of wear powder

The accumulation of friction material wear powder near CL1 can degrade its engagement/disengagement performance.

3.2. Prevention of uneven friction material wear

Unlike manual transmission clutches, in the structure of a multiplate clutch, the plate surface load is not applied evenly. As shown by the dashed line in Fig. 2, the piston and snap ring are positioned diagonally in relation to the clutch plate axis. Therefore, the load is applied at a different position on each clutch plate, which produces a contact pressure distribution that causes uneven friction material wear.

Fig. 3 presents the results of a simulation of the contact pressure distribution according to the clutch piston position. The upper cross-sectional views in Fig. 3, show the inclination of the clutch plates at each

Fig. 3にクラッチピストン位置による面圧分布を解析した結果を示す。Fig. 3の上図(Piston Position)は各ピストンの押し位置におけるクラッチプレートの傾きを断面図で示している。①はピストンがプレートの内径側を押しており、②、③、④とピストンをプレートの外径側へ移動させた場合を示している。Fig. 3の下図(Pressure Pattern)は各ピストンの押し位置におけるスナプリング側とピストン側の2枚のプレート面圧分布を示している。

①のピストン内径側を押した場合はピストン側のプレートにかかる荷重が内径側に集中し、プレートが大きく傾いてしまう。②へとピストンを外径側に移動させるとプレート面圧とプレートの傾きは改善される。

一方、③、④のようにピストン位置を外径側に移動させ過ぎると、外径側のみに荷重が集中し、かつスナプリング側も外径保持となっているため、ハの字にプレートが開き、内径側には荷重がかからない。

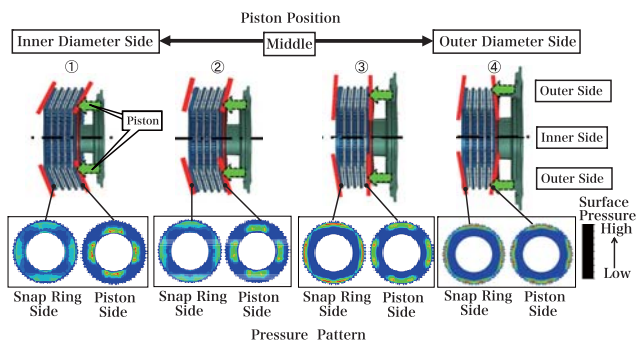


Fig.3 Piston position and pressure distribution

Fig. 4に各ピストンの押し位置におけるクラッチプレート4枚平均の面圧(上図)、およびクラッチプレート4枚での耐摩耗性、摩擦係数(下図)を示す。Fig. 4上図より①のピストン内径側押しのクラッチ面圧はプレート内径側が高い。ピストン押し位置が②、③、④とプレートの外径に移動するに従ってプレート内径側の面圧は低下するが、外径側の面圧は上昇していく。次第に内径側と外径側の面圧が逆転し、外径側の面圧が高くなる。以上より、面圧分布が最適となるピストン押し位置は内径側と外径側の面圧が同等になる②と③の間(Optimum Position)である。Fig. 4より、クラッチ面圧分布と同様に耐摩耗性、摩擦係数も②と③の間が最適位置であることがわかる。

以上の結果より、ピストン押し位置を最適化する

piston contact position where pressure is applied. At position ①, the piston is applying pressure to the inner diameter side of the clutch plates. At positions ②, ③ and ④, the piston moves to the outer diameter side of the plates. The lower diagrams of Fig.3, shows the contract pressure distribution patterns of two plates on the snap ring side and the piston side at each piston contact position.

At position ① where the piston applies pressure on the inner diameter side, the load applied to the plate on the piston side is concentrated on the inner diameter side, causing the plate to incline considerably. When the piston moves to position ② where it applies pressure to the outer diameter side, the pressure distribution on the plate and the plate inclination are improved. On the other hand, when the piston contact position moves too much to the outer diameter side as in positions ③ and ④, the load is concentrated only on the outer diameter side and the snap ring is also supported on the outer diameter side. As a result, the plates open in the shape of an inverted V and low load is applied to the inner diameter side.

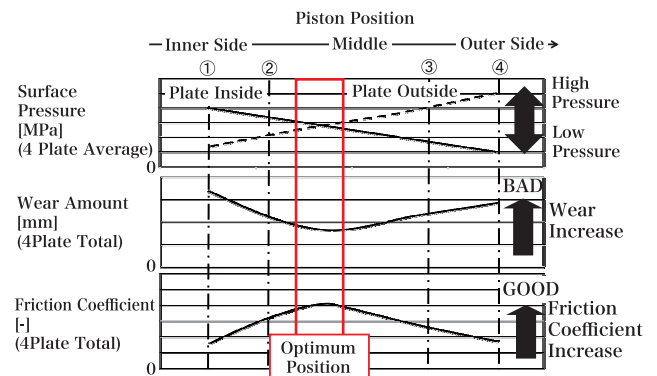


Fig.4 Piston position and various performance parameters

The top graph in Fig. 4 shows the average pressure distribution for four clutch plates according to the respective piston contact position. The middle and bottom graphs respectively show the average wear amount and the average friction coefficient for the four plates. It is seen in the top graph that the clutch pressure at position ① where the piston presses on the inner diameter side is high on the inner diameter side of the plates. As the piston contact position moves to the outer diameter side in positions ②, ③ and ④, the contact pressure decreases on the inner diameter side of the plates but continues to increase on the outer

ことで、8面のクラッチプレート面圧分布を適正化した。Fig. 5に最適ピストンの押し位置と耐久性向上結果を示す。

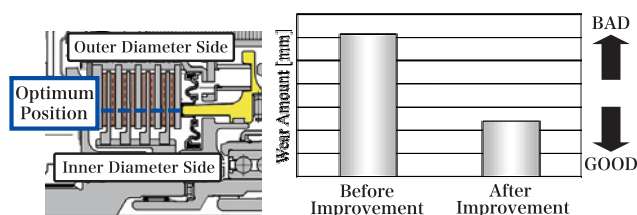


Fig.5 Comparison of wear before and after improvement of piston position

3.3. 引き摺りフリクションの低減

Fig. 6にプレート形状の改良による引き摺りフリクション低減の考え方を示す。ハイブリッド走行からEV走行への移行時に、CL1を開放する。CL1のプレート同士は引き離す機能がないため、プレート同士が接触し、引き摺りフリクションとなる (Fig.6-①)。

そこでCL1の摩擦材に放射状の溝を設けると、遠心ファンの効果で空気がクラッチプレートの内径側から外径側に流れる。この気流をプレート間に流し込みプレート同士を引き離すコンセプトとしたが、負圧が発生し、プレート同士が吸い付き、引き摺りフリクションが発生した (Fig. 6-②)。

摩擦材の放射状溝に加え、プレート内径側に空気の供給通路としての空気孔を設けることでプレート間に発生する負圧の低減を試みた (Fig. 6-③)。

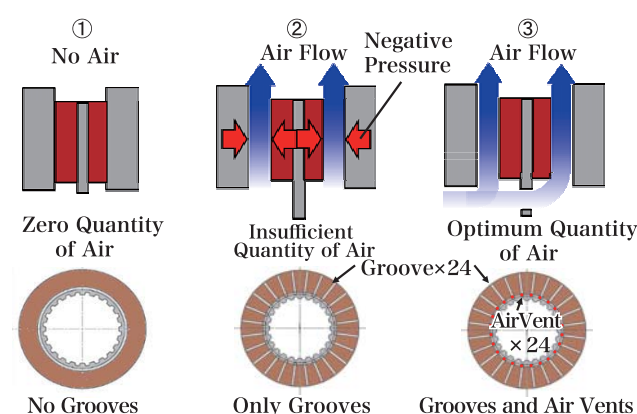


Fig.6 Clutch plate separation by air flow

摩擦材の溝で作り出す遠心方向の空気量は多すぎると供給できる空気量とのバランスが崩れ、空気の量が不足すると、負圧低減効果が減少し、引き摺りフリクションが発生する。

以上によりクラッチプレート形状 (摩擦材溝形状と

diameter side. Eventually, the contact pressure on the inner and outer diameter sides reverses and becomes higher on the outer diameter side. Based on these results, the optimum piston position showing the best contact pressure distribution is between positions ② and ③ where the pressure is equal between the inner and outer diameter sides. Like the clutch pressure distribution, the results in Fig. 4 also show that the optimum position for the wear amount and friction coefficient also comes between positions ② and ③.

The foregoing results were used to optimize the pressure distribution on the eight clutch facing surface by optimizing the piston contact position. Fig. 5 shows the improvement in durability obtained by optimizing the piston position.

3.3. Reduction of drag torque

Fig. 6 shows the ideas examined for reducing drag torque by improving the clutch plate geometry. CL1 is disengaged when switching from hybrid drive to EV drive. Because the plates of CL1 do not have any mechanism for keeping them apart, they come in contact at this time, which causes drag torque (Fig. 6-①).

To avoid that, radial grooves were provided in the friction material to create a centrifugal fan effect for inducing air flow from the inner diameter side to the outer diameter side of the clutch plates. This concept was conceived as a way of separating the plates by circulating an air stream between them. However, it was found that a vacuum occurred which pulled the plates together, thus causing drag torque (Fig. 6-②).

In addition to the radial grooves in the friction material, air vents were also provided as passages for supplying air to the inner diameter side of the plates in an attempt to reduce the vacuum generated between them (Fig. 6-③). It was observed that when too much centrifugal air flow was produced by the friction material grooves, it upset the balance with the quantity of air that could be supplied. When the quantity of air was insufficient, it weakened the effect on reducing the vacuum, resulting in the occurrence of drag torque.

Based on the foregoing results, a structure was devised for eliminating drag torque by optimizing the air flow balance by means of the clutch plate geometry, i.e., the friction material groove geometry and the air vents. Fig.7 shows the relationship

空気孔)による空気の流量バランスを適正化することで引き摺りフリクションを無くす構造を考案した。Fig. 7に摩擦材の溝数と引き摺りフリクションの関係、及び適正化したプレート形状の引き摺りフリクション測定結果を示す。

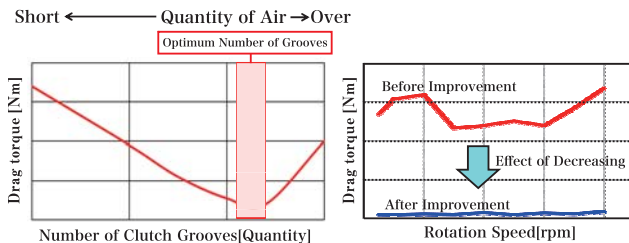


Fig.7 Number of clutch grooves and drag torque

3.4. 摩耗粉の堆積防止

CL1はモータに内蔵するため、閉鎖空間となっており、摩擦材の摩耗粉はMT単板クラッチと異なり、プレートの回転による遠心力で外周側へ排出することができず堆積してしまう。よってCL1締結開放機能が損なわれないように摩耗粉をCL1周辺から移動させる必要があった。

そこで、プレートが回転することで発生する空気の流れを活用し、摩耗粉を風力により押し出す構造を検討した。Fig. 8に空気の流れを示す。

CL1により発生する気流の経路は以下とした。

- (1) 遠心ファンの効果で気流がクラッチプレート外周側に送られCL1外径側の気圧が高まる。
- (2) CL1外径側の気圧が高まっているため、気圧の低い大気側へ空気が流れる。
- (3) CL1が発生する気流によりCL1内径側の空気が

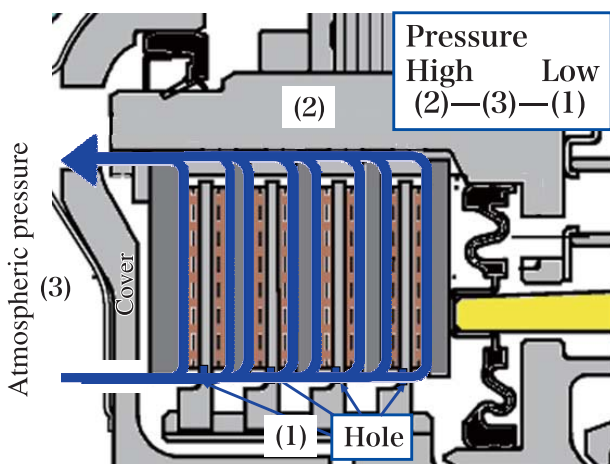


Fig.8 Air flow for wear powder evacuation

between the number of friction material grooves and drag torque as well as the drag torque level measured for the optimized plate geometry.

3.4. Prevention of wear powder buildup

Housing CL1 inside the motor creates a closed space in which wear powder from the friction materials can accumulate because it cannot be evacuated. This is different from the single-plate clutches of an ordinary manual transmission where the centrifugal force generated by plate rotation evacuates wear powder around the clutch periphery. Accordingly, it is necessary to evacuate such wear powder around the periphery of CL1 so that it does not hinder the clutch's engagement/disengagement performance.

Therefore, a study was made of a structure for pushing the wear powder out by the force of air motion using the air flow produced by plate rotation. Fig. 8 shows the air flow involved. The following path was designed for the air flow generated by CL1.

- (1) The centrifugal fan effect is used to circulate the air flow to the outer diameter side of the CL1 plates, thus raising the air pressure there.
- (2) Because the air pressure is higher on the outer diameter side of CL1, air flows outside the clutch where the atmospheric pressure is lower.
- (3) The air flow produced by CL1 circulates the air on the clutch's inner diameter side to its outer diameter side, thereby lowering the pressure on the inner diameter side so that air flows in from outside the clutch.

As a result, air flows in the order of (3)→(1)→(2)→(3). This air flow was used in designing CL1 so that wear powder from the friction materials is evacuated from the outer diameter side of the plates toward the atmospheric pressure on the outside.

A study of wear powder evacuation was conducted based on the concept above. It was observed that wear powder stuck to the inner circumference of the drum due to centrifugal force. It was found that wear powder was evacuated from around the plates to a dust collection area when the pushing force of the air flow generated by plate rotation was stronger than the resistance against powder movement, determined by the centrifugal force and friction coefficient, between the powder and the drum. A schematic diagram of this evacuation method is shown in Fig. 9.

外径側に送られてしまうため、内径側の気圧が低下、大気側から空気が流れる。

結果、(3)→(1)→(2)→(3)に空気が流れる。この空気の流れを用いてCL1の摩擦材から発生する摩耗粉をプレート外径側から大気圧方向へ移動させる設計とした。

以上の構想を基に摩耗粉排出検討を行った。発生した摩耗粉は遠心力によりドラム内周に張り付く。摩耗粉とドラム間の摺動抵抗(遠心力と摩擦係数より決まる)に対して、プレートが発生する気流の押力が勝っていれば摩耗粉をプレート周辺からダストエリアに移動できる。模式的に表したものをFig. 9に示す。

具体的な形状は流体解析により気流、圧力分布が最適になるように決定した(Fig. 10)。

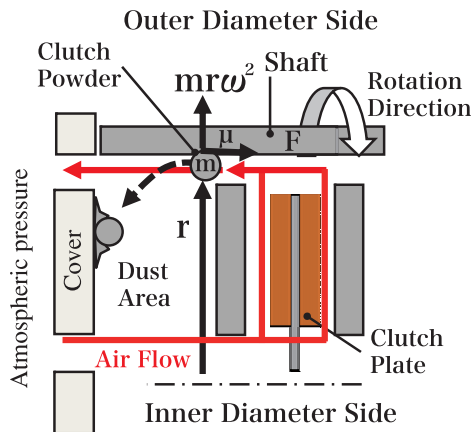


Fig.9 Schematic diagram of wear powder evacuation

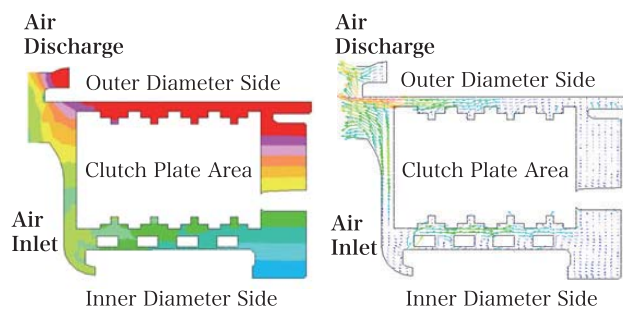


Fig.10 Results of pressure distribution and flow velocity analysis

Fig. 11にCL1内の空気の流れを、Fig. 12に耐久実験後のCL1内の摩耗粉堆積状態の比較結果を示す。改善後に摩耗粉が移動されプレートに摩耗粉が残っていないことがわかる。

The specific plate geometry for obtaining the optimum air flow and pressure distribution was determined by a flow simulation (Fig. 10).

Fig. 11 shows the air flow in CL1, and Fig. 12 compares the wear powder buildup in CL1 in durability tests before and after the improvement. After the improvement, it is seen that wear powder was evacuated and did not accumulate on the clutch plates.

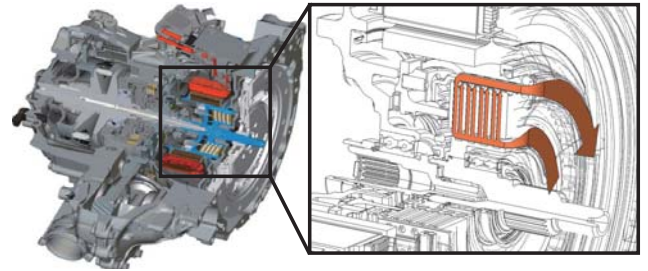


Fig.11 Air flow in clutch-1

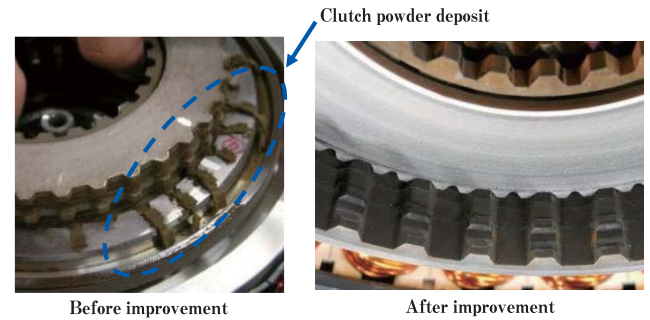


Fig.12 Effect of air flow on wear powder evacuation

4. Hydraulic Pressure Control System for CL1

4.1. Hydraulic pressure system overview

The hydraulic pressure control system consists of an oil pump that serves as the pressure source and control valves that regulate various pressure levels. Fig. 13 shows the overall configuration of the hydraulic pressure control circuit that is arranged hierarchically with the upstream being the pulley pressure system that uses high pressure and the downstream being the CL1 pressure system. The CL1 pressure is controlled by the CL1 control valve based on the controller signal, using the output pressure of a two-way linear solenoid valve.

4.2. Development aims for CL1 pressure control system

In developing the pressure control system for CL1, it was necessary to develop technologies for making the following improvements.

4. CL1油圧制御システム

4.1. 油圧システム概要

本油圧制御システムは、油圧源であるオイルポンプと、各種圧力を制御するコントロールバルブから構成されている。油圧制御回路の全体構成としては、使用油圧の高いプーリ圧系を上流、CL1圧系を下流とした階層配置をとっている。(Fig. 13)

CL1圧は、コントローラの信号を基に、2方リニアソレノイドバルブの出力圧により、CL1コントロールバルブにて制御されている。

4.2. CL1油圧制御開発の狙い

CL1油圧制御の開発には以下の改善技術に取り組む必要があった。

(1) CL1油圧オーバーシュート(以下サージと記す)の抑制

エンジン始動時のCL1締結時間は、通常の変速クラッチよりも速い応答性が求められる。この応答性目標を達成するために、CL1油圧の指令値を速く立ち上げる必要があるが、CL1ピストンストローク終了時に発生するCL1油圧のサージの抑制が課題となる。

(2) ライン圧との協調制御によるCL1油量収支安定化

CL1油圧回路は、高圧のプーリ圧系の下流に配置されているため、CL1油圧回路に安定した油圧を供給するには、上流のライン圧の設定に、油温やモータ回転数を考慮した最適化が必要となった。

本稿では、上記2点について取組んだ内容を述べる。

4.3. サージ圧発生抑制

4.3.1. CL1サージ圧発生メカニズム分析

油圧の立ち上がり傾きについては、下記簡易式で表すことができる。(検討簡易モデルをFig. 14に示す)

$$dP_{cl1}/dt = K/V * (Q_{out} - Q_{cl1}) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{out} = Q_{in} - Q_{drain} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{in} = C_d * A_{in} (X_{vi}) * (2 * (P_{in} - P_{cl1}) / \rho)^{1/2} \dots\dots (3)$$

$$Q_{drain} = C_d * A_{drain} (X_{vd}) * (2 * (P_{cl1}) / \rho)^{1/2} \dots\dots (4)$$

(1) Suppression of CL1 pressure overshoot (hereafter surge)

At engine start, CL1 must engage with a faster response characteristic than that of ordinary transmission clutches. In order to obtain the target response, the CL1 pressure command value must be raised quickly. However, controlling the CL1 pressure surge that occurs at the conclusion of CL1 piston travel was an issue that had to be addressed.

(2) Stabilization of CL1 flow rate balance through cooperative control with line pressure control

The hydraulic circuit of CL1 is positioned downstream of the high-pressure pulley pressure system. Accordingly, the upstream line pressure had to be optimally set, taking into account the fluid temperature and pump motor speed, in order to supply pressure to the CL1 hydraulic circuit stably.

The measures taken to deal with these two issues are described below.

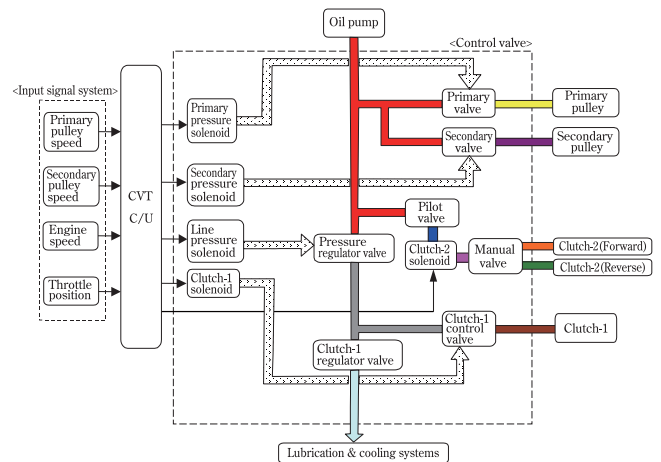


Fig.13 Hydraulic system

4.3. Suppression of pressure surges

4.3.1. Analysis of mechanism causing CL1 pressure surges

The pressure rise slope can be expressed with the following simple equations. The simple model used in the analysis is shown in Fig. 14.

$$dP_{cl1}/dt = K/V * (Q_{out} - Q_{cl1}) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{out} = Q_{in} - Q_{drain} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{in} = C_d * A_{in} (X_{vi}) * (2 * (P_{in} - P_{cl1}) / \rho)^{1/2} \dots\dots (3)$$

$$Q_{drain} = C_d * A_{drain} (X_{vd}) * (2 * (P_{cl1}) / \rho)^{1/2} \dots\dots (4)$$

P_{cl1} : CL1油圧
 P_{in} : 弁入力圧 (CL1レギュレータ圧)
 K : 体積弾性係数
 V : 油圧回路体積
 Q_{cl1} : CL1ピストンストローク流量
 Q_{in} : 弁入力流量
 Q_{out} : 弁出力流量
 Q_{drain} : 弁ドレン流量
 $A_{in}(X_{vi})$: 弁入力ポート開口面積
 $A_{drain}(X_{vd})$: 弁ドレンポート開口面積
 X_{vi} : 弁入力ポート開口幅
 X_{vd} : 弁ドレンポート開口幅
 X_p : CL1ピストンストローク量
 C_d : 流量係数
 ρ : ATF密度

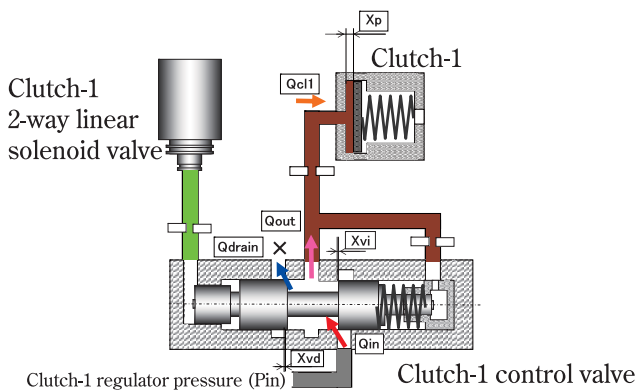


Fig.14 Clutch-1 control valve structure

上記式から、CL1ピストンストローク(X_p)が終了した際、CL1への供給流量が停止($Q_{cl1}=0$)し、CL1油圧立ち上がり勾配 dP_{cl1}/dt が、大きくなることがわかる。この過渡的な流量バランスの変化が、CL1圧サージ発生の要因となる。

更に、詳細のメカニズムを分析するために、CL1油圧をステップ指令させた時の、油圧応答性シミュレーションを実施した。CL1油圧サージのピークはCL1ピストン終了後の、CL1コントロールバルブへの流量(Q_{in})が停止するまでの時間の長さで決まっていることがわかる。(Fig. 15)

また、同条件での、実機確認結果と比較しても、CL1圧のサージは、シミュレーション結果と良く一致しておりメカニズムの推定を裏付けている。

P_{cl1} : CL1 pressure
 P_{in} : valve input pressure (CL1 regulator pressure)
 K : bulk elastic modulus
 V : hydraulic circuit volume
 Q_{cl1} : flow rate produced by CL1 piston travel
 Q_{in} : valve input flow rate
 Q_{out} : valve output flow rate
 Q_{drain} : valve drain flow rate
 $A_{in}(X_{vi})$: opening area of valve input port
 $A_{drain}(X_{vd})$: opening area of valve drain port
 X_{vi} : opening width of valve input port
 X_{vd} : opening width of valve drain port
 X_p : CL1 piston travel
 C_d : flow coefficient
 ρ : ATF density

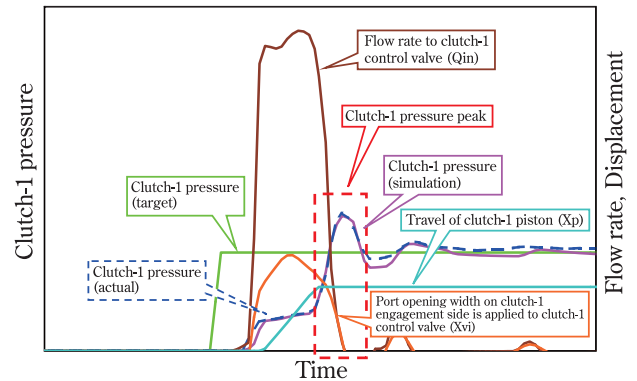


Fig.15 Estimated mechanism and actual test results

The equations above indicate that at the conclusion of CL1 piston travel (X_p), the flow rate supplied to CL1 is stopped ($Q_{cl1} = 0$) and the slope of the CL1 pressure rise (dP_{cl1}/dt) increases. This transient change in the flow rate balance causes the CL1 pressure surge.

In order to analyze this mechanism in more detail, a pressure response simulation was performed in which a step command was applied to the CL1 pressure. The results revealed that the CL1 pressure surge peak was determined by the length of time from the end of CL1 piston travel to the stopping of the flow rate (Q_{in}) to the CL1 control valve (Fig. 15).

A comparison was also made with the results of a verification test conducted with an actual unit under the same condition. The measured CL1 pressure surge agreed well with the simulation result, thereby substantiating the estimated mechanism.

4.3.2. バルブ開口面積特性の最適化

サージ圧発生を抑制するには、バルブの入力ポートを出来るだけ早く閉じ、 $Q_{in}=0$ とすると同時に、ドレンポートを早く開け、 $Q_{drain}>0$ とすることで、CL1油圧上昇勾配 dP_{cl1}/dt を小さくする必要がある。これを実現させるためにバルブの開口面積特性を変更し、少ないバルブストローク量で大きな開口面積を得ることで、弁の応答性向上を狙った。但し、バルブの開き始めに大きな開口面積変化を与えると、流量変化が大きく、CL1圧の安定性が悪化することが懸念されるため、シミュレーションにて最適な開口面積特性を検討した。Fig. 16にバルブの開口面積特性を変更した時の、バルブ開口量と開口面積の関係を示す。

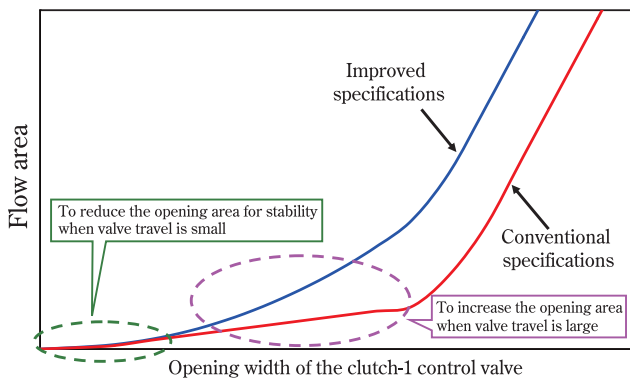


Fig.16 Opening area characteristics

CL1油圧シミュレーション結果及び、実機検証結果から、開口面積特性を変更したことにより、バルブ供給ポート部の必要開口ストロークを少なくすることができ、CL1ピストンストローク終了後の弁応答時間が短くなり、油圧のサージ発生を抑制できていることがわかる。(Fig. 17)

実車においても予測通りの結果が得られた。波形を以下に示す。(Fig. 18)

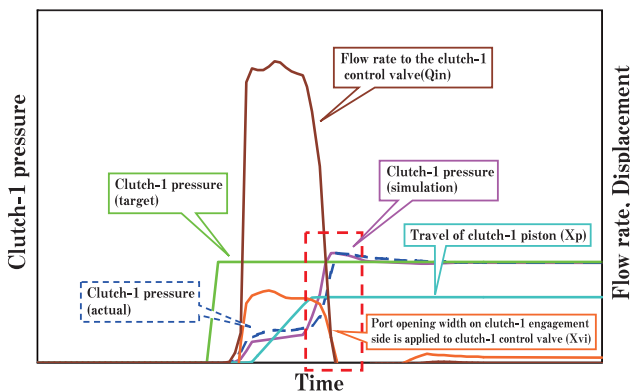


Fig.17 Effect of changing valve opening area characteristics

4.3.2. Optimization of valve opening area characteristics

In order to prevent pressure surges, it is necessary to reduce the slope of the CL1 pressure rise (dP_{cl1}/dt). That can be done by closing the valve input port as fast as possible to obtain $Q_{in} = 0$ and simultaneously opening the drain port quickly to make $Q_{drain} > 0$. To accomplish that, the valve opening area characteristics were changed so as to obtain a large opening area with a small amount of valve travel and thereby improve valve response. However, there was concern that a large change in the opening area as the valve began to open would cause the flow rate to change considerably and thus degrade CL1 pressure stability. Therefore, a simulation was conducted to investigate the optimum opening area characteristics. Fig. 16 shows the flow rate through the valve as a function of the opening area when the valve opening area characteristics were varied.

The results of the CL1 pressure simulation and a verification test conducted with an actual unit showed that the required opening travel in the valve supply port was reduced by changing the valve opening area characteristics. As a result, the response time after the conclusion of CL1 piston travel was shortened, making it possible to suppress pressure surges (Fig. 17).

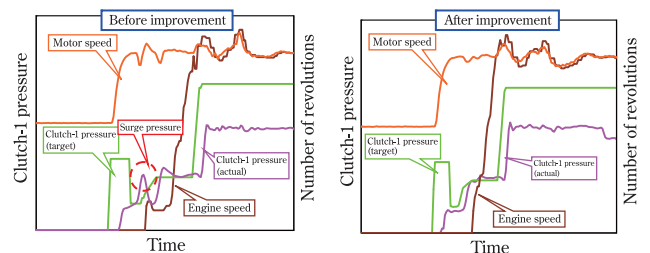


Fig.18 Clutch-1 pressure waveforms before and after improvement

The result expected from this improvement was also obtained in a test conducted with an actual vehicle. Fig. 18 compares the CL1 pressure waveforms before and after the improvement.

4.4. Improvement of stability of CL1 flow rate balance through cooperative control with line pressure control

There was concern that the effect of fluid consumption in the upstream circuit would make stable

4.4. ライン圧との協調制御によるCL1油量収支安定性の向上

CL1油圧回路は、プーリ圧系の下流にあるため、上流回路の油量消費の影響で安定した圧力制御が難しくなることが懸念される。そこで、CL1締結に必要な流量をあらかじめ求めておき、上流の圧力設定、入力回転数、油温などを考慮した協調制御を織り込むことで安定したCL1圧制御を実現することが出来た。

Fig. 19に各油温毎での、CL1必要流量からのライン圧設定値の成立領域の例を示す。

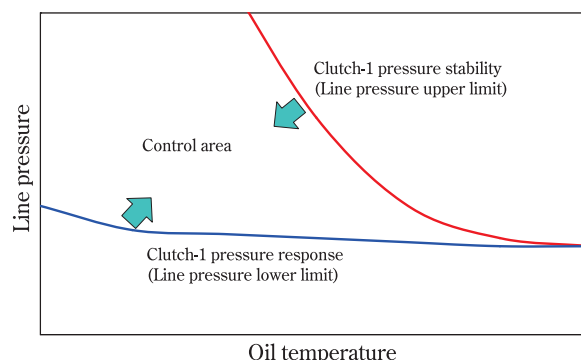


Fig.19 Region for setting line pressure

control of the CL1 pressure difficult owing to the fact that the CL1 hydraulic circuit is located downstream of the pulley pressure circuit. Therefore, the flow rate needed for engagement of CL1 was found in advance, and cooperative control was incorporated in the pressure control system that takes into account the upstream pressure setting, input speed, fluid temperature and other factors. This made it possible to achieve stable control of the CL1 pressure.

Fig.19 shows necessary line pressure control area for CL1 pressure stability at various oil temperature.

5. Conclusion

5. まとめ

- (1) クラッチプレート、摩擦材等の構成部品剛性とピストンの押し位置とのバランスにより、8面全ての摩擦面の接触面圧分布の適正化を行うことで、耐摩耗性および摩擦係数を確保できた。
- (2) CL1開放時の引き摺りフリクションはクラッチプレート形状（摩擦材溝形状と空気孔）を最適化し、CL1が回転することで遠心ポンプ効果による気流を発生させ、気流がプレート間を通過することで吸い付きを防止した。
- (3) CL1締結開放機能が損なわれないように摩擦材の摩耗粉を移動させるために、プレートが回転することで発生させた気流を活用し、空気の流れる通路をつくり出すことで、摩耗粉を押し出し、ダストエリアに移動し、CL1のモータ内蔵化を可能にした。
- (4) CL1コントロールバルブの開口面積特性を最適化することにより、CL1応答及び、CL1ピストンストローク終了時のサージを両立させることができた。
- (5) CL1必要流量に応じた、最適なライン圧の設定を行うことで、安定したCL1圧の制御を実現した。

- (1) The contact pressure distribution on all eight facing surfaces was optimized to secure the desired wear resistance and friction coefficient. That was accomplished through a suitable balance between the stiffness of the clutch components, including the clutch plates and friction materials, and the piston contact position.
- (2) Drag torque at the time CL1 disengages was reduced by optimizing the clutch plate geometry by means of the friction material groove geometry and air vents. The centrifugal fan effect created by CL1 plate rotation produces an air flow that circulates between the clutch plates to prevent them from pulling together.
- (3) Wear powder from the friction materials is evacuated by the air flow generated by plate rotation so as to prevent the powder from hindering the engagement/disengagement performance of CL1. Air flows through a created path to push the wear powder outside the clutch plates to a dust collection area. This made it possible to house CL1 inside the motor.

6. 参考文献

- (1) Osone Ttatsuya: Introduction to The HEV transmission for Infiniti M35h, Berlin, 2011, CTI-Car Training Institute, 2011, Volume2, p.191-204.
- (2) Hirofumi Tani, Masataka Osawa, Isao Ito, Itaru Miyata, Takahiro Akeda: Reduction of cranking noise during engine startup, Yokohama, 2012, Society of Automotive Engineers of Japan, Inc., No44-12, p. 15-20.
- (4) The opening area characteristics of the CL1 control valve were optimized to improve CL1 response while also preventing pressure surges from occurring at the end of CL1 piston travel.
- (5) The optimum line pressure was set to match the flow rate needed for CL1 engagement, thereby ensuring stable CL1 pressure control.

6. References

- (1) Osone Ttatsuya: Introduction to The HEV transmission for Infiniti M35h, Berlin, 2011, CTI-Car Training Institute, 2011, Volume2, p.191-204.
- (2) Hirofumi Tani, Masataka Osawa, Isao Ito, Itaru Miyata, Takahiro Akeda: Reduction of cranking noise during engine startup, Yokohama, 2012, Society of Automotive Engineers of Japan, Inc., No44-12, p. 15-20.

■ Authors ■



Yuuzou AKASAKA



Hiroki UEHARA



Tomoharu FUJII



Masumi FUJIKAWA



Yuji WATANABE

FFハイブリッド車用の発進要素の開発

Development of the Start-off Element for FWD Hybrid Vehicles

山本 毅*
Takeshi YAMAMOTO

杉村 晃*
Akira SUGIMURA

小辻 弘一***
Kouichi KOTSUJI

折田 崇一**
Shuichi ORITA

岩佐 大城***
Hiroki IWASA

早川 純平****
Junpei HAYAKAWA

内藤 忠司****
Tadashi NAITO

抄 録 日産自動車のFFハイブリッド車用トランスミッションとして開発されたJATCO CVT8 HYBRID(以下「CVT8 HYBRID」とする。)で設定している重要要素技術の1つである1モーター2クラッチ(以下「1M2CL」とする。)の発進用クラッチ2(以下「CL2」とする。)に開発した技術について紹介する。なお、本発進クラッチは日産自動車と共同で開発し、CL2ハードと潤滑冷却制御開発をジャトコで分担、CL2制御開発と潤滑冷却専用オイルポンプハード開発を、日産自動車で分担した。

Summary This article describes the technical features developed for clutch-2 (CL2) of the 1Motor 2Clutch (hereafter 1M2CL) system that is a key fundamental technology of the Jatco CVT8 HYBRID (hereafter CVT8 HYBRID) transmission created for Nissan's FWD hybrid vehicles. Developed jointly with Nissan Motor Co., Ltd., CL2 functions as the start-off clutch. JATCO was in charge of developing the CL2 hardware and the lubrication/cooling control system, and Nissan was responsible for developing the CL2 control system and a dedicated oil pump for the CL2 lubrication/cooling system.

1. はじめに

CVT8 HYBRIDは多くのハイブリッドパワートレインレイアウトの内、コンパクト性と低フリクションを兼ね備える1M2CLで基本パワートレインを構成した。この1M2CLハイブリッドシステムはトルクコンバーターを廃止しているため、代替の発進要素としてCL2を使う。このCL2は発進要素としての新たなクラッチを追加するのではなく、ベースCVTの前後進切替えクラッチを使用する。これにより、ユニット全長アップによる車両搭載性の低下や生産における追加投資の発生を抑えることに貢献した。しかし、CL2はベースが前後進切替えクラッチであるため、発進時にスリップ量をコントロールして使うWet Start Clutch(以下「WSC」とする。)としての機能を満足させるに際しては種々の課題がある。WSCとしての機能を満たすために、以下の様な技術開発を行った。

1. Introduction

The CVT8 HYBRID is configured around a 1M2CL powertrain system that achieves both a compact design and low friction among the many different types of hybrid powertrain layouts. Because this 1M2CL hybrid system discontinues the use of a torque converter, clutch-2 (hereafter CL2) is used as an alternative start-off element. The forward-reverse changeover clutch of the base CVT is used for CL2 instead of newly adding a clutch as the start-off element. As a result, this strategy helped to mitigate the decline in vehicle mountability due to the longer overall transmission length and to avoid any additional capital investment in production facilities. However, because CL2 is based on the forward-reverse changeover clutch, various issues had to be addressed to satisfy the functionality of this wet start-off clutch (hereafter WSC) that includes controlling the amount of clutch slipping during vehicle launch.

* 部品システム開発部
Hardware System Development Department

** 日産自動車株式会社 パワートレイン第四製品開発部 第二HEV製品開発グループ
Nissan Motor Co., Ltd. Powertrain Product Development Department No.4,
HEV Product Development Group No.2

*** 制御システム開発部
Control System Development Department

**** 実験部
Experiment Department

1. 潤滑冷却専用の電動オイルポンプによるCL2温度上昇の抑制とCL2構造の見直しによる冷却性の向上
2. 発進のためのCL2制御
3. CL2の温度予測制御
4. CL2の信頼性保証

以下、各々の技術について説明する。

2. 技術開発課題とその対応

2.1. 潤滑冷却専用の電動オイルポンプによるCL2温度上昇の抑制とCL2構造の見直しによる冷却性の向上

CVT8 HYBRIDは、CVT8と同じ車両への搭載を可能とする必要があり、生産効率をあげるためにもケースを共用化することで企画された。このため、CVT8 HYBRIDのCL2レイアウトは、CVT8と同じレイアウトの中で設計することとした。その結果、CL2の基本サイズは、CVT8の前後進切替クラッチとほぼ同サイズであり、コンパクトなクラッチサイズで発進の際のスリップによる発熱を吸収しながら駆動力を伝達しなければならない。この発熱によって摩擦接触表面が耐熱許容範囲を超えてしまうリスクがある。本開発では、CL2の温度上昇を抑えるために、潤滑冷却専用の電動オイルポンプを取付けた。また、潤滑冷却油を効率よく摩擦接触表面へ導くために摩擦材の冷却溝形状を最適化し、摩擦接触面がより

The following technical features were developed to satisfy the functional performance of a WSC.

1. Improvement of clutch cooling performance by revising the CL2 structure and by suppressing the CL2 temperature rise by adopting a dedicated electric-powered oil pump for lubricating/cooling the clutch
2. CL2 control procedure for vehicle launch
3. Technique for estimating/controlling the CL2 temperature
4. Assurance of CL2 reliability

Each of the technical features is explained in the following sections.

2. Technology Development Issues and Solutions

- 2.1. Improvement of clutch cooling performance by revising the CL2 structure and by suppressing the CL2 temperature rise by adopting a dedicated electric-powered oil pump for lubricating/cooling the clutch

The CVT8 HYBRID had to be mountable on the same vehicle models as the CVT8, and it was planned to use a common transmission case in order to increase production efficiency as well. Therefore, the CL2 layout for the CVT8 HYBRID was designed within the same layout as that of the CVT8. As a result, CL2 is nearly identical in basic size to the CVT8 forward-reverse changeover clutch. This compact clutch must be able to transmit drive torque for launching the vehicle while absorbing the heat generated by its

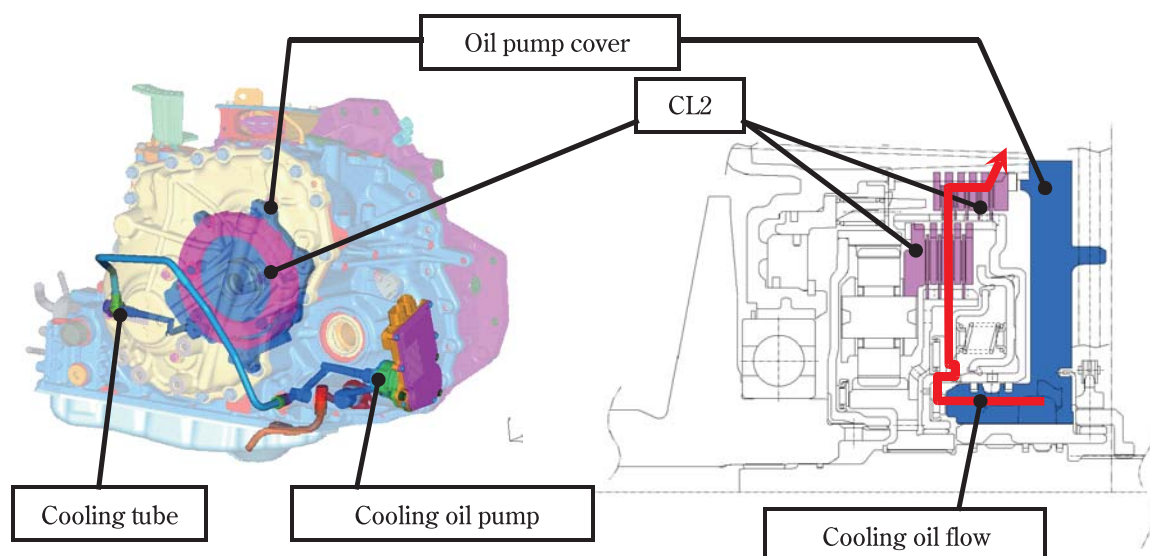


Fig.1 Cooling system for CL2

均一に発熱するように接触面圧の分布の最適化も実施した。

Fig. 1にCVTユニットへの潤滑冷却専用の電動オイルポンプの取付け状態と、CL2までの配管、CL2周辺の油の潤滑経路図を示す。CVT8と同様に、CVT8 HYBRIDは、Fig. 1右図に示すように前進用のクラッチとその外周に配置された後退用のブレーキで構成した。摩擦要素の引きずりによるフリクションは、駆動トルクを伝達している間に、フリクションとなる摩擦要素が1つしかないため、他のミッションと比較して有利な構造である。しかし、摩擦要素への潤滑油は2つの摩擦要素の間を同時に経由する。CVT8 HYBRIDにおいては、CL2の発進時の発熱による温度上昇を抑えるため、潤滑冷却専用の電動オイルポンプによりCL2の冷却油量を増やすので、この摩擦要素で発生する引きずりフリクションを抑制することも課題となる。このCL2の冷却とフリクションの抑制という背反する課題に対しては、潤滑冷却専用の電動オイルポンプによる潤滑冷却油供給のON-OFFをすることで、CL2の冷却と低フリクション化を実現することができた。

Fig. 2に摩擦材表面の形状を示す。摩擦材表面の接触面形状には、潤滑冷却専用の電動オイルポンプから供給された潤滑冷却油が、発熱している摩擦材の接触面に十分に行き渡るように、セグメントに貼った摩擦材の表面に、さらに、プレスワッフル溝を持たせる形状を採用した。又、この溝形状の採用により、潤滑冷却油の排出性も上がり、フリクションの低減にも寄与している。

slipping. There was the risk that this heat generation might cause the temperature of the friction contact surfaces to exceed the allowable range of heat resistance. In this development project, a dedicated electric-powered oil pump was adopted for lubricating/cooling CL2 so as to suppress its temperature rise. In addition, the geometry of the cooling oil grooves provided in the friction material surface was optimized to direct the lubricating/cooling oil efficiently to the friction contact surfaces. The contact pressure distribution was also optimized so that the friction contact surfaces would generate heat more evenly.

Fig. 1 shows the installation position of the dedicated electric-powered oil pump for supplying lubricating/cooling oil to the CVT unit. It also shows the piping to CL2 and the cooling oil flow passage around CL2. Similar to CVT8, the CVT8 HYBRID is configured with a forward clutch and a reverse brake positioned around it as shown in the right-side of Fig. 1. There is only one friction element in friction contact that produces drag torque while drive torque is being transmitted, which gives this structure an advantage compared with other transmissions. However, lubricating oil to the friction element passes between two friction elements simultaneously. The dedicated electric-powered oil pump adopted for the CVT8 HYBRID for CL2 lubrication/cooling increases the volume of cooling oil supplied to CL2 to suppress the temperature rise due to heat generation by the clutch when launching the vehicle. Consequently, suppressing the drag torque produced by this friction element was another issue that had to be addressed. To deal with

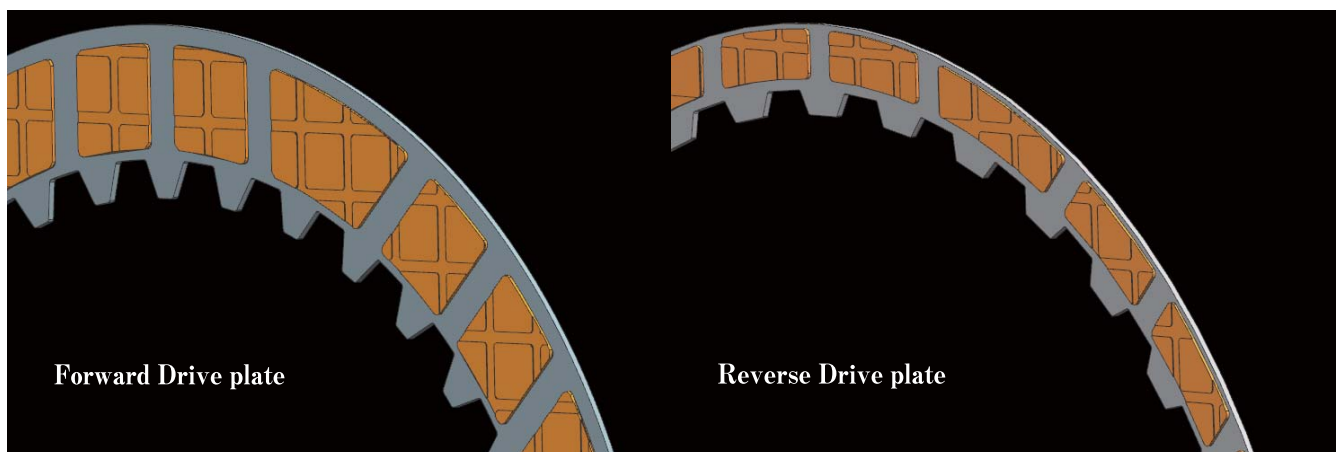


Fig.2 Structure of drive plates

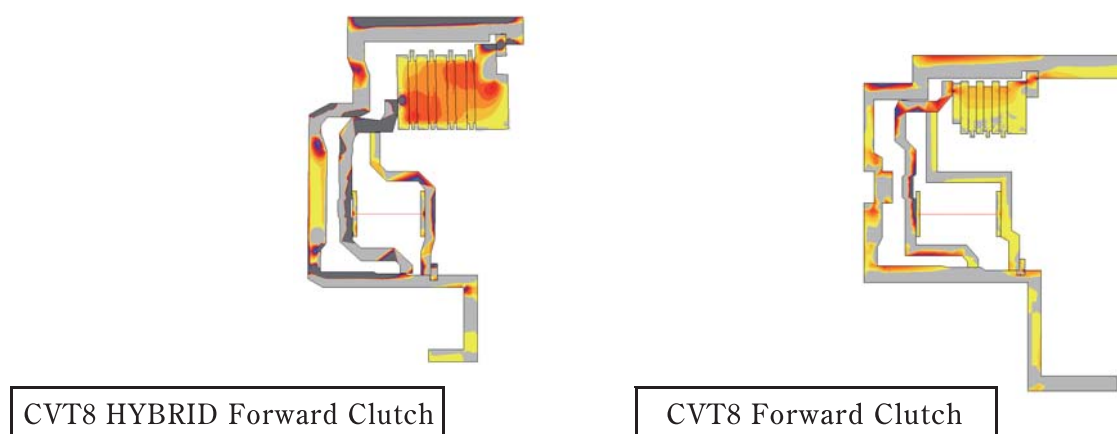


Fig.3 Comparison of pressure distribution on forward clutch

また、クラッチの発熱に対しては、より広い面積で均一に接触面圧を分布させることにより、温度上昇の抑制を実現できた。Fig. 3にCVT8とCVT8 HYBRIDのフォワードクラッチの接触面圧の面圧分布を対比したものを示す。CVT8 HYBRIDでは、CVT8のレイアウトを継承したが、クラッチに求められる制御応答性やWSCとしての機能を持たせるために、摩擦接触面の径方向の幅をできるだけ広げるとともに、クラッチを作動させるピストンからクラッチを支えるスナップリングまでの圧力分布が均一になるようなピストン形状を採用した。このことにより、ピストンの作動圧が低いところから高いところまで均一に接触する面圧となるような設計仕様とすることができた。

2.2. CL2発進制御

CL2でWSCの機能を実現する際の主要な発進制御の技術課題とその対応について説明する。

1. 発進直後の低速度域のトルクコントロール性の確保による運転性向上
2. アクセルペダル操作に対する駆動系ねじり共振を考慮したトルク伝達特性の最適化

1については、CL2締結時に発生する回転、およびトルク変動の抑制が重要であり、リチウムイオンバッテリーの低い内部抵抗による充放電の速さを活用して高応答のモータートルク制御を実現することにより解決した。さらに、モーターに流れる電流をモニターすることによるトルクセンサーを活用してクラッチトルク

these conflicting issues of CL2 cooling and drag torque suppression, the supply of lubricating/cooling oil by the dedicated electric-powered oil pump can be turned On-Off as needed. This control capability makes it possible to cool CL2 while also obtaining lower friction.

Fig. 2 shows the surface geometry of the friction materials. The friction materials are attached in segments and waffle grooves are also pressed into the surface. This contact surface geometry was adopted to ensure that the lubricating/cooling oil supplied from the dedicated electric-powered oil pump fully covers the entire contact surface of the friction materials where heat is generated. In addition, the adoption of this groove geometry also improves the evacuation of the lubricating/cooling oil, which contributes to reducing friction as well.

As another measure for dealing with heat generation by CL2, the contact pressure is distributed evenly over a wider area to suppress the temperature rise. Fig. 3 compares the contact pressure distribution on the forward clutch of the CVT8 and the CVT8 HYBRID. While the CVT8 HYBRID inherits the layout of the CVT8, the width of friction contact surface was widened radially as much as possible and the piston geometry adopted provides a uniform distribution of piston actuation pressure from the piston to the snap ring that supports the clutch. These measures were taken to obtain the control response required of the clutch and to give it WSC functionality. As a result, design specifications were developed for obtaining uniform contact pressure for piston actuation from low to high pressure levels.

容量学習を実現し精度を確保した。

2については、アクセル操作に対し、CL2トルク容量を急激に変化させると駆動力伝達系のねじりに起因する車両振動を抑制すべき課題がある。特に本FF HEVシステムの場合、CL2からタイヤまでのイナーシャが大きく、ねじり振動周波数が低いため、ドライバーが車両の前後Gを感じやすい。本開発の重点でもあった2の課題について、以下、2.2.1.で詳細を説明する。

2.2.1. ねじり振動モデルと車両の伝達特性

Fig. 4にパワートレインのシステム構成図を示す。今回、制御対象としているのはCL2からタイヤまでである。

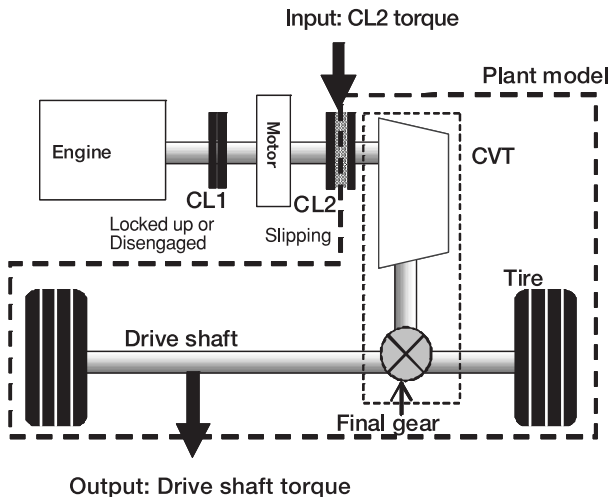


Fig.4 Powertrain system structure

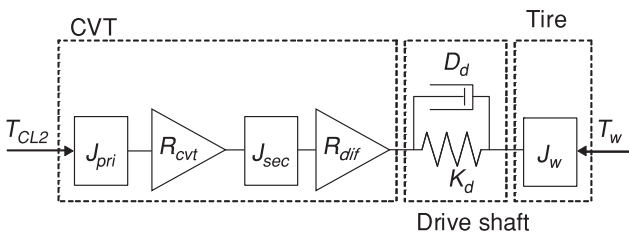


Fig.5 Powertrain model

車両振動はドライブシャフトがねじりバネとなる共振現象であり、一般に二次振動であるため、Fig. 5に示すようにバネ-マス-ダンパー系モデルで近似する。CL2の伝達トルクを入力として出力をドライブシャフト軸トルク(CL2軸換算)とした場合の伝達関数GP(s)は式(1)のように表せる。周波数特性は、Fig. 6に示すように共振特性を持つことがわかる。

2.2. CL2 control for vehicle launch

This section explains the principal technical issues involved in launch control when CL2 functions as a WSC as well as the measures adopted to address them.

1. Improvement of driveability by ensuring torque controllability in the low-speed range right after vehicle launch
2. Optimization of torque transfer characteristics just after pedal acceleration by taking into account torsional resonance characteristics of drive train system.

With regard to the first issue above, it is essential to suppress fluctuation of rotational speed and torque occurs when CL2 engages. This issue was solved through highly responsive motor torque control using the rapid charge/discharge characteristic of the lithium-ion battery due to its low internal resistance. Moreover, a torque sensor is used for monitoring the current supplied to the motor, thereby facilitating adaptive learning of the clutch torque capacity to ensue the desired control accuracy.

As for the second issue above, it is necessary to suppress vehicle vibration caused by the twisting of the drive shaft due to an abrupt change in CL2 torque capacity in relation to an accelerator pedal operation. FWD hybrid system in particular has large inertia from CL2 to the tires and the torsional vibration frequencies are low, so the driver is apt to perceive vehicle longitudinal acceleration (G). The measures taken to address this second issue, which was also a priority concern in this development project, are described in detail below.

2.2.1. Torsional vibration model and vehicle transfer characteristics

Fig. 4 shows the configuration of the powertrain system. The plant to be controlled extends from CL2 to the tires. The vehicle vibration of interest is a resonance phenomenon in which the drive shaft becomes a torsional spring. Because it usually occurs as a second-order vibration, it can be approximated using a spring-mass-damper model like that shown in Fig. 5. The transfer function GP(s) can be expressed as shown in equation (1) below where the torque transmitted by CL2 is the input and the drive shaft axial torque (equivalent torque on CL2 axis) is the

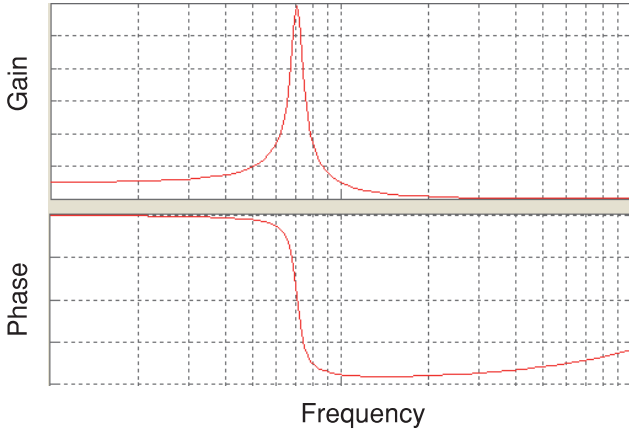


Fig.6 Frequency characteristics of power train

$$G_p(s) = \frac{T_{DS}}{T_{CL2}} = \frac{(2\pi f_p)^2}{s^2 + 2\zeta_p(2\pi f_p)s + (2\pi f_p)^2} \quad (1)$$

f_p : プラントモデルの固有振動周波数

ζ_p : プラントモデルの固有振動減衰係数

2.2.2. 制御設計

上記のように伝達関数が $G_p(s)$ である制御対象に対し、共振周波数付近を減衰させる補償器（インバースフィルタ）を設計する。規範応答を $G_c(s)$ とすると、インバースフィルタの式は式 (2) のようになる。Fig. 7 に $f_c = f_p$ として求めた周波数特性を示す。ここでは ζ_c の最適化が重要となる。運転シーンに応じて ζ_c を可変とすることにより、車両の状態、ドライバー操作に最適な駆動力応答と振動抑制を両立するように設定できるようにした。

$$\frac{G_c(s)}{G_p(s)} = \frac{s^2 + 2\zeta_p(2\pi f_p)s + (2\pi f_p)^2}{s^2 + 2\zeta_c(2\pi f_c)s + (2\pi f_c)^2} \quad (2)$$

2.2.3. シミュレーションによる効果確認

Fig. 8 にインバースフィルタの効果をシミュレーションで予測した結果を示す。インバースフィルタなしの場合に対し、ねじり振動を効果的に抑制できていることがわかる。実車においても、インバースフィルタの効果により応答性高く、振動の抑制された良好な発進性能を実現することができた。

output. As shown in Fig. 6, it is clear that the frequency characteristics have a resonance property.

$$G_p(s) = \frac{T_{DS}}{T_{CL2}} = \frac{(2\pi f_p)^2}{s^2 + 2\zeta_p(2\pi f_p)s + (2\pi f_p)^2} \quad (1)$$

f_p : natural vibration frequency of the plant model

ζ_p : damping coefficient of natural vibration of the plant model

2.2.2. Control system design

An inverse filter was designed to damp vibrations near the resonance frequency of the plant having the transfer function $G_p(s)$ as explained above. Letting $G_c(s)$ denote the nominal response, the inverse filter can be expressed as shown in equation (2) below. Fig. 7 shows the frequency characteristics found for $f_c = f_p$. Here, it is important to optimize ζ_c . By making ζ_c variable according to the driving situation, the control system was defined such that both the optimum drive torque response and vibration suppression can be obtained to match the vehicle state and the driver's operations.

$$\frac{G_c(s)}{G_p(s)} = \frac{s^2 + 2\zeta_p(2\pi f_p)s + (2\pi f_p)^2}{s^2 + 2\zeta_c(2\pi f_c)s + (2\pi f_c)^2} \quad (2)$$

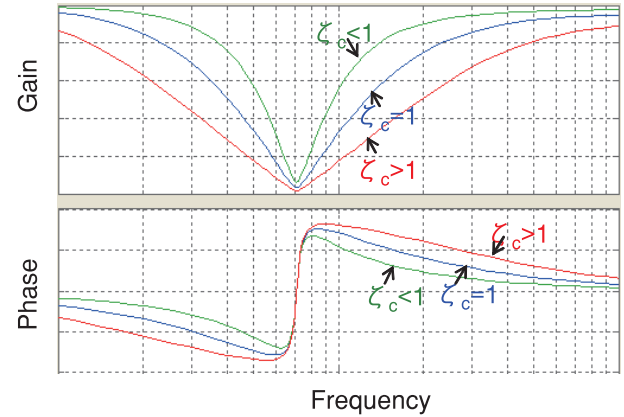


Fig.7 Frequency characteristics of inverse filter

2.2.3. Confirmation of inverse filter effect by simulation

Fig. 8 presents the results of a simulation conducted to estimate the effect of the inverse filter. Compared with the results obtained without the inverse filter, it is seen that the inverse filter effectively suppressed torsional vibration. In a vehicle test, it was also found that the inverse filter worked to

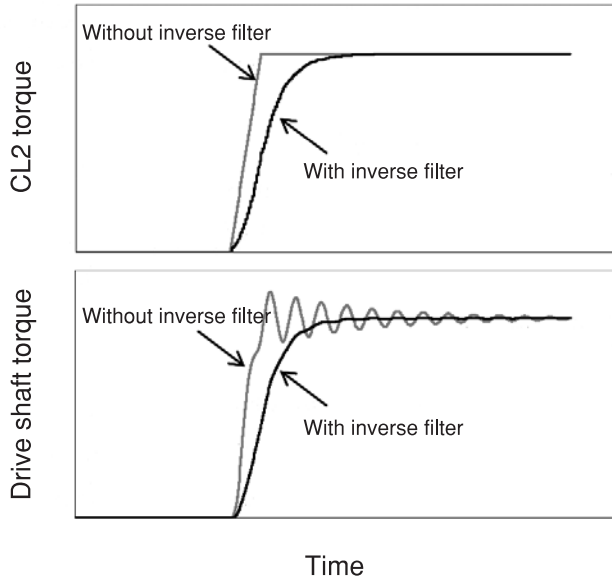


Fig.8 Results of simulation

2.3. CL2の温度予測制御

CVT8 HYBRIDは、MIDサイズのスUV車へも搭載されるが、そのようなSUV車ではトローイングも許容している。トローイング重量に起因して、CL2の発熱と到達する温度はトローイング無し条件と比較するとより高くなる。このような場合、CL2の摩擦接触表面の温度上昇を抑えておくことが重要課題となる。これを解決するために、CL2の発熱時の温度を把握して、CL2の潤滑冷却油量を増やすなどの制御を作動させることとした。この制御に対して最も重要なのは、CL2発熱時の温度を把握することにある。Fig. 9に温度演算の概要を示す。温度を把握する手段とし

provide good vehicle launch performance with fast response and suppression of vehicle vibration.

2.3. Prediction and control of CL2 temperature

The CVT8 HYBRID is also used on midsize SUVs that must allow towing capability. CL2 heat generation and the clutch temperature reached when towing a heavy load increase to higher levels compared with non-towing driving. Suppressing the temperature rise at the friction contact surface of CL2 is a critical issue in towing situations. The solution devised for this issue is to monitor the temperature due to CL2 heat generation and to activate a control for increasing the volume of lubricating/cooling oil supplied to CL2. The most important aspect of this control method is to ascertain the friction material temperature accurately during heat generation by CL2. Fig. 9 shows an outline of the temperature calculation procedure. The method adopted for determining the friction material temperature is to calculate it successively by the CVT-CU (Control Unit). The variables that are monitored and input into the equation are the input engine torque and motor torque, the rotational-speed difference of CL2 (i.e., rotational speed difference of the input shaft x the gear ratio), and the operating state of the vehicle and the dedicated electric-powered oil pump for lubricating/cooling the clutch.

In order to estimate the surface temperature of the CL2 friction materials, it is necessary to estimate the quantities of heat generated and radiated by CL2. The

$$\Delta T = \int \frac{Q_{in} - Q_{out}}{C} dt$$

ΔT : Temperature rise

C : Thermal capacity

Q_{in} : Calorific value

Q_{out} : Radiated heat

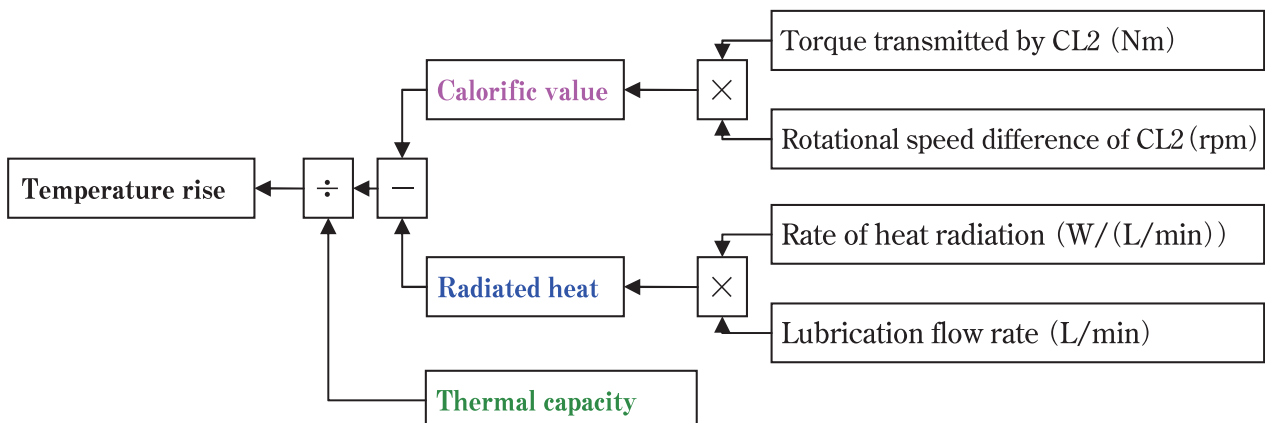


Fig.9 Outline of temperature calculation procedure

て、入力されるエンジンやモーターのトルク、CL2での差回転（入出力軸の回転差×変速比）、車両や潤滑冷却専用の電動オイルポンプの状態をモニターし、CVTCU内部で、逐次、演算する方式を採用した。

このCL2の摩擦面表面温度の推定においては、CL2での発熱量や放熱量の見積りが重要となる。発熱量はCL2のスリップ時の差回転と、その時に伝達されるトルクから演算する。差回転は、エンジンやモーター、CVT内部の各々のセンサーから出力された回転数の値を、リアルタイムに演算に使用している。エンジンやモーターのトルクについては、Fig. 10に示すような車両との通信システムを活用し、CANを通じて車両から入手した信号を使うこととした。

Fig. 11に温度予測と実測温度の比較を示す。温度の予測精度は、CL2の保護を適切に作動させるために必要な実測温度の±10%を達成することができた。

quantity of heat generated is calculated from the rotational speed difference at the time CL2 slips and the amount of torque being transmitted then. The rotational speed difference is calculated in real time using the rotational speeds output by various sensors for monitoring the engine, motor and internal parts of the CVT. The signals used for the engine torque and motor torque are obtained from the vehicle through the CAN network using the in-vehicle communication system as shown in Fig. 10.

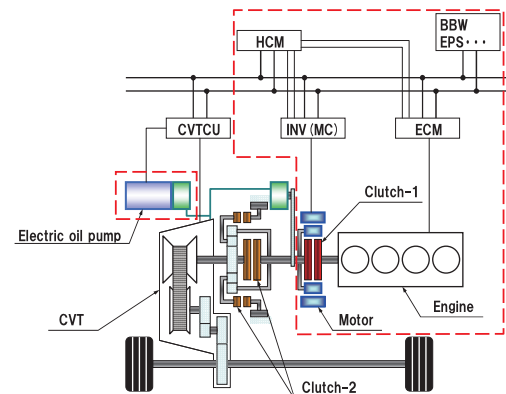


Fig.10 Configuration of control system

Fig. 11 compares the calculated and measured temperatures of the CL2 friction material. The temperature was estimated accurately to within $\pm 10\%$ of the measured temperature, which is the level of accuracy needed to ensure proper operation of the control method for protecting CL2.

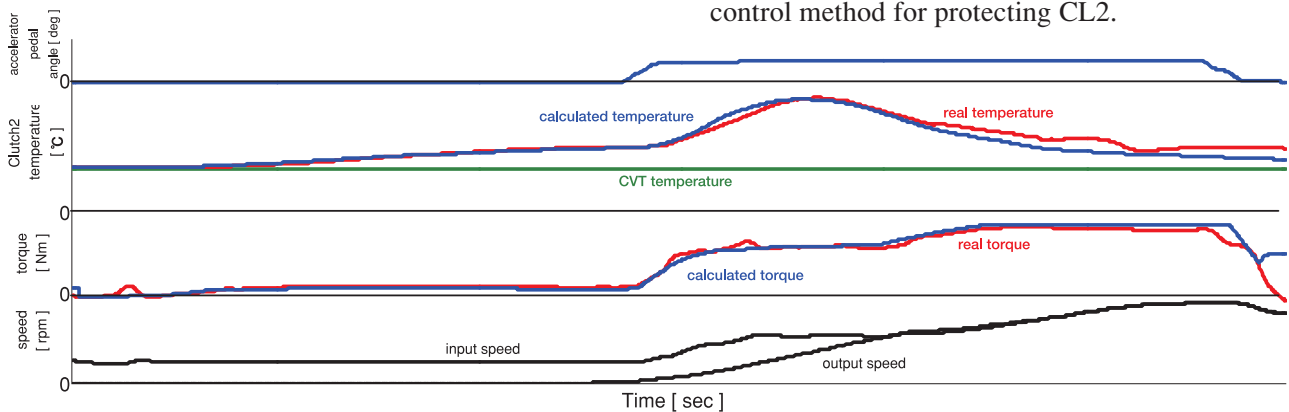


Fig.11 Difference between calculated and measured temperatures of CL2

2.4. CL2信頼性保証

CL2の信頼性保証について、耐熱寿命設計手法を用いた。Fig. 12に示すように摩擦表面の温度は、常温域、中温域、高温域の3つの領域に分けて考えている。まず、摩擦表面の温度が、その範囲内であれば性能保証が可能な常温域。次に、劣化に

2.4. Assurance of CL2 reliability

A heat resistance lifetime design method was used to ensure CL2 reliability. As shown in Fig. 12, the friction material surface temperature was considered in terms of three separate regions, namely, an ordinary temperature region, a medium temperature

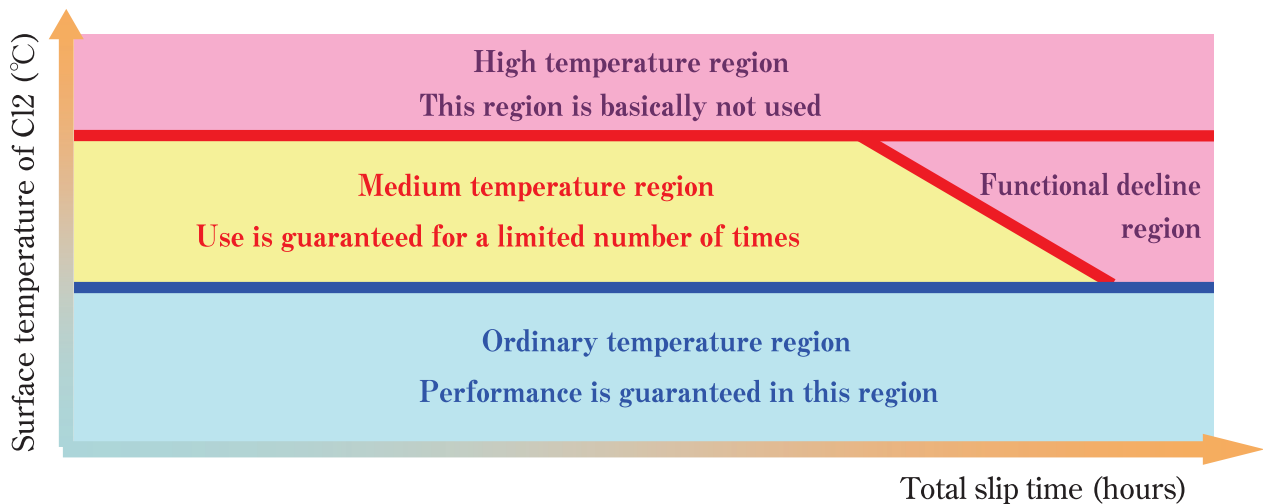


Fig.12 Temperature regions assumed for CL2

より寿命を消費するが、市場で使われる頻度がまれなので、市場の寿命を保証できる様に、使い方やその時のCL2の温度をコントロールして使用中温域。最後に、基本的に使用しない高温域の3つである。

最初の常用域では、市場の平均的な走行負荷を分析して、入力の大さを想定し、潤滑冷却専用の電動オイルポンプを駆動させることなく、CL2の熱容量とCVT8から流用したオイルポンプから供給される潤滑による冷却で常用域を維持するような仕様とした。しかし、運転のバラツキなどによっては、常用域の温度を超える場合があるため、ある温度をトリガーにして、潤滑冷却専用の電動オイルポンプを駆動させCL2を冷却することで、常に常用域で使えるようにCL2の温度をコントロールしている。また、後者の2つの領域においても、温度を逐次演算しながら、温度をコントロールするという思想は同じである。高温域に入るようなことは基本的に無いようにしているが、高温域に入る場合には、CL2の温度上昇を先読みし、車両側のシステムと連携しながら、駆動力調整等の保護をすることで発進不能とならないようにした。以上の様な、CL2の温度コントロール制御や保護制御を用いることで、CL2の信頼性を確保することができた。

region and a high temperature region. The first one is the ordinary temperature region in which performance is assured if the friction material surface temperature is within this range. The next one is the medium temperature range in which material life is expended due to degradation, but this region is used very infrequently in everyday driving. Therefore, the usage of CL2 and the CL2 temperature are controlled in this region so as to ensure the service life of friction materials in real-world driving. The final one is the high temperature region which is basically not used.

For the ordinary temperature region, the input level was assumed based on an analysis of average real-world driving loads. The CL2 specification was designed to support operation in the ordinary temperature region, taking into account the clutch's thermal capacity and the cooling performance obtainable with the lubrication supplied by the oil pump diverted from the CVT8, without operating the dedicated electric-powered oil pump for lubricating/cooling CL2. However, due to differences in driving styles and other factors, there are times when the temperature can exceed the ordinary temperature region. Therefore, a certain temperature level was defined as a trigger for activating the dedicated electric-powered oil pump to cool CL2 and thus control the CL2 temperature so that the clutch is always used in the ordinary temperature region. This same concept of controlling the temperature by calculating it successively was also applied to the other two temperature regions. The system is

3. まとめ

インバースフィルタの効果を活用して、応答性、および精度のよい発進制御を開発することができた。

CL2の面圧分布の改善と最適な摩擦材仕様の選択、および潤滑冷却専用の電動オイルポンプを活用して、CL2の温度制御が可能となり、CL2の信頼性確保に大きく貢献できた。また、電動オイルポンプのON-OFF制御によりフリクション低減を両立させることも実現できた。

Jatco CVT8 HYBRID車用の発進要素の開発に際しての、エンジン、車両、関係各位のご協力に感謝の意を表します。

basically designed such that the CL2 friction material temperature does not enter the high temperature region. In the event the temperature should reach the high temperature region, the CL2 temperature rise is detected in advance and a protective measure is applied, such as adjustment of the drive torque, through coordination with a vehicle system so as to avoid a condition where the vehicle could not be launched. The use of the temperature control procedure and protective control procedure described here make it possible to ensure CL2 reliability.

3. Conclusion

The effect obtained with an inverse filter was utilized in developing a vehicle launch control procedure that features good responsiveness and accuracy. Improvement of the contact pressure distribution of CL2, selection of the optimal friction material specifications, and the use of a dedicated electric-powered oil pump for lubricating/cooling purposes have made CL2 temperature control possible, which contributes significantly to ensuring CL2 reliability. In addition, the On-Off control capability of the electric-powered oil pump makes it possible to reduce friction at the same time.

At the end, would like to thank the engine and vehicle engineers for their invaluable cooperation in the development of the start-off element for Jatco CVT8 HYBRID-equipped vehicles.

4. 参考文献

4. References

- (1) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto,
Development of the Jatco CVT8 HYBRID, 12th
International CTI Symposium, December 2013,
Berlin.
- (2) Tatsuya Osone, Introduction to the HEV
transmission for Infiniti M35h, 10th International
CTI Symposium, December 2011, Berlin.
- (3) Shuichi Orita, Keisuke Kawai, Taichi Onoyama,
Development of a new FF hybrid system, 2013
JSAE Annual Congress (Spring).

- (1) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto,
Development of the Jatco CVT8 HYBRID, 12th
International CTI Symposium, December 2013,
Berlin.
- (2) Tatsuya Osone, Introduction to the HEV
transmission for Infiniti M35h, 10th International
CTI Symposium, December 2011, Berlin.
- (3) Shuichi Orita, Keisuke Kawai, Taichi Onoyama,
Development of a new FF hybrid system, 2013
JSAE Annual Congress (Spring).

■ Authors ■



Takeshi YAMAMOTO



Akira SUGIMURA



Kouichi KOTSUJI



Shuichi ORITA



Hiroki IWASA



Junpei HAYAKAWA



Tadashi NAITO

ハイブリッド車用トランスミッションのケース開発

Development of a Transmission Case for Hybrid Vehicles

間宮 秀行*
Hideyuki MAMIYA

松原 精二**
Seiji MATSUBARA

山本 和志**
Kazuyuki YAMAMOTO

田口 博美***
Hiromi TAGUCHI

抄 録 ハイブリッド車用CVT(CVT8 HYBRID)のトランスミッションケース(以下CASEとする)の開発主要課題および主要技術について紹介する。

なお、本CASEは日産自動車(株)と共同で開発し、モーター支持構造の開発を、日産自動車(株)で分担し、CASEモーター支持剛性の最適化開発をジャトコで分担した。

Summary This article describes the major issues involved in developing a transmission case (hereafter CASE) for the CVT used on hybrid vehicles (CVT8 HYBRID) and the principal technical measures devised for resolving them. This CASE was developed jointly with Nissan Motor Co., Ltd (hereafter Nissan). Nissan was in charge of developing the motor support structure and JATCO was responsible for developing and optimizing the case stiffness for supporting the electric motor.

1. はじめに

1. Introduction

一般的にCASEの機能としては以下が挙げられる。

- 車両への懸架
- 内部構成部品の支持
- 外からの耐衝撃性
- 呼吸機能を備えた密封性能(ブリーザ性能)
- 油圧伝達機能
- 放熱性
- 音と振動を抑えた静粛性

これらに対しアルミモノコック構造にて要求性能を満足すべくCAE(Computer Aided Engineering)を駆使して日々開発に取り組んでいるが、本稿では、CAEを活用して解決したハイブリッド車両の重要課題の一つである静粛性の確保とブリーザ性能確保のための技術について紹介する。

In general, the functions required of a transmission case including the following:

- Mountable to the vehicle
- Support for the transmission components inside
- Resistance against impacts from outside
- Hermetic sealing while fitted with a breather (breather performance)
- Fluid flow passage to transfer hydraulic pressure
- Heat radiation
- Quietness by suppressing noise and vibration

Vigorous efforts are consistently undertaken through effective use of computer-aided engineering (hereafter CAE) tools to satisfy the requirements of the aluminum monocoque case structure and provide the functions above. This article describes the technical measures developed through the use of CAE to secure quietness and breather performance, which were one of the technical issues of the CVT case for hybrid vehicles that were addressed in this project.

* JATCO Korea Engineering Corp. Technology Development Office No. 3

** 日産自動車株式会社 パワートレイン性能開発部
Nissan Motor Co., Ltd. Powertrain Performance Engineering Department

*** ジャトコエンジニアリング株式会社 箱物開発・レイアウト設計グループ
JATCO Engineering Corp. Unit Layout Group, Case Development Department

2. CVT8 HYBRID用CASEとしての課題

トルクコンバータをモーターに置き替える (Fig. 1) ことによる技術課題 (Fig. 2)としては、

- (1) CASEがモーターを支持するため、その駆動トルクの反力や取り付け応力、またお客さまが運転時に想定される上下、前後、左右などの使用環境からの外力に対してモーター重量を支持する剛性の確保と、モーターの振動が直接CASEに伝播することによる車両音振性能の悪化を抑制する低剛性化とをバランスさせる必要がある。
- (2) モーターがトランスミッション内部構造物に隣接することから、ブリーザ性能確保のための容積が減少し油吹きへの影響が懸念される。
- (3) トルクコンバータよりも全長が長くなるモーターを搭載するための、またモーターの電力を受け渡す端子用、モーター冷却用などの開口部が従来のCASEから大きくなりモノコック形状が大きく変化する。
- (4) モーターに内蔵された乾式多板クラッチを作動させるための、制御油圧用の油路機能を追加する。
- (5) トランスミッション内部に設けている車両発進用湿式多板クラッチのハード信頼性確保のために追加した冷却用電動オイルポンプの搭載と油路を配策する。

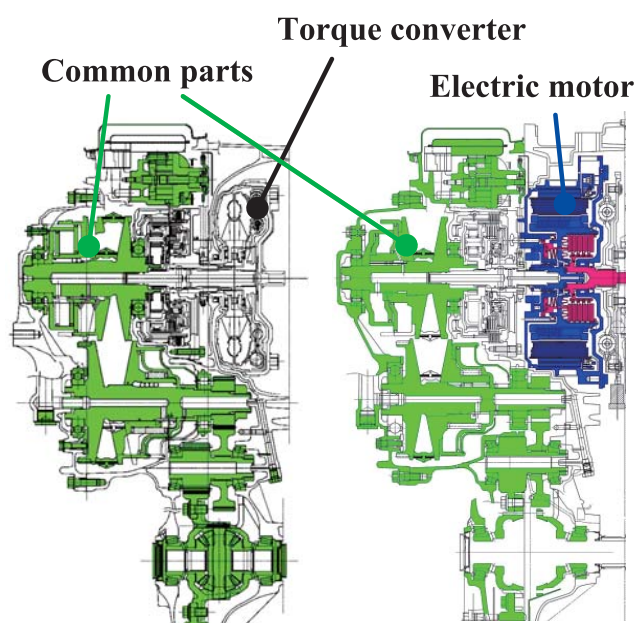


Fig.1 Comparison of conventional and hybrid transmissions

2. Issues of CVT CASE for CVT8 HYBRID

Replacing the torque converter with an electric motor (Fig. 1) raise following technical issues that had to be addressed (Fig. 2).

- (1) Because the CASE supports the motor, it must have sufficient stiffness against the reaction force of the motor drive torque, stress produced by attaching the motor, and vertical, longitudinal, lateral and other external forces from the usage environment that can be expected to occur during vehicle use by customers. Additionally, stiffness for supporting the motor weight must be balanced with the need for lower stiffness to suppress degradation of vehicle noise/vibration performance due to the direct transfer of motor vibrations to the CASE.
- (2) Because the motor is positioned adjacent to the internal structural components of the transmission, there was concern that the reduced cubic capacity for securing breather performance might affect oil droplet spray.
- (3) Mounting the motor increases the overall length of the CASE compared with the use of a torque converter. The case also needs larger openings than previously for the terminal supplying electricity to the motor and for motor cooling, among other purposes. These differences substantially change the monocoque case structure.
- (4) A fluid flow passage had to be added for the control pressure that actuates the dry multiplate clutch housed in the motor.
- (5) An electric oil pump was added for cooling the wet multiplate clutch provided in the transmission as the vehicle start-off element in order to ensure the clutch's hardware reliability. Space for mounting the pump and the cooling oil passage had to be secured.

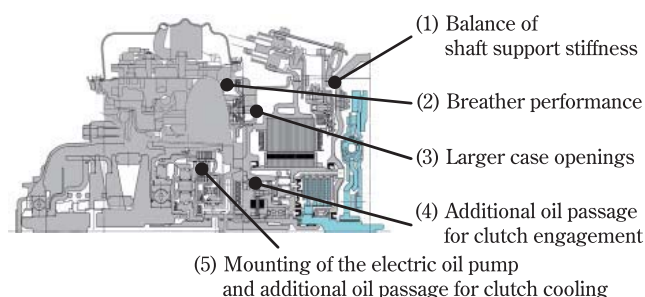


Fig.2 Challenges in developing hybrid transmission case

などに取り組んできた。本稿では特に開発の重要課題となった(1)モーターの支持構造革新による静粛性の確保課題、および(2)ブリーザ性能の確保課題を解決した技術について報告する。

3. CVT8 HYBRID用CASE開発における主要技術

3.1. モーターノイズ低減技術

3.1.1. CAE活用による放射音低減構造の明確化

モーターを有するCVT8 HYBRIDでは、電磁加振力が加振源となる高周波のモーターノイズが発生する。特にエンジン停止状態でのブレーキ協調回生時は、暗騒音が低い中でモーターが最大出力が発生するため、モーターノイズが聞こえやすい条件である。そのような条件下においても、お客さまの求める静粛性を実現するために、モーター構造の最適化を図る必要があり無限要素法による放射音解析の適用などによりモーターノイズのポテンシャルを大幅に向上させる構造を明確化した。

3.1.2. ノード点における低剛性支持構造の採用

モーターを内蔵しない、Jatco CVT8をベースに開発されたCVT8 HYBRIDは、全長方向に短いレイアウト要件を満足し、更に必要なモーター出力を確保するため、大径モーターを採用した。そのためCASEに直接締結するタイプでは、電磁加振力により励起された振動が直接CASEに伝わるため、高い静粛性に対するお客さまの要求を満足できない。そこでCVT8 HYBRID用システムでは、上記CAE解析にて見出された最適構造である、低剛性サポートプレートを紹介して締結する防振構造を開発した(Fig. 3)。

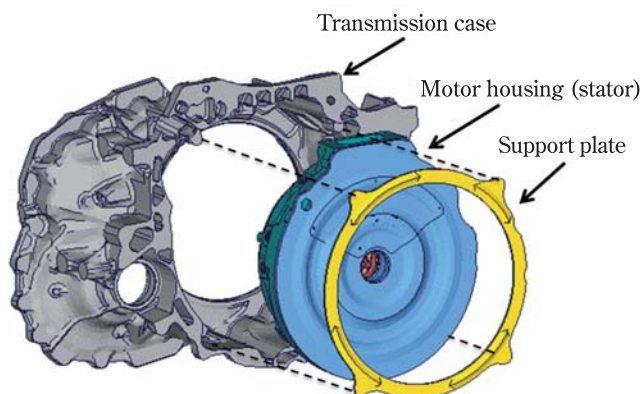


Fig.3 Floating motor mounting structure

The following sections describe the technical measures taken to ensure quietness by adopting an innovative motor support structure and to secure breather performance. These two issues in particular were key aspects that had to be resolved in the course of developing the transmission case.

3. Principal Technologies Involved in Developing the Transmission Case for CVT8 HYBRID

3.1. Motor noise reduction technology

3.1.1. Use of CAE to identify a structure for reducing radiated noise

The motor incorporated in a CVT8 HYBRID produces high-frequency noise caused by electromagnetic excitation force as the vibration source. Motor noise is especially apt to be heard during cooperative regenerative braking when the engine is stopped because the motor is generating its maximum output under a condition of low background noise. It was necessary to optimize the motor structure in order to obtain the quietness demanded by customers even under this operating condition. A radiated noise simulation was conducted using the infinite element method to identify a structure having the potential to reduce motor noise substantially.

3.1.2. Adoption of a low stiffness support structure at nodal points

CVT8 HYBRID developed based on Jatco CVT8 which does not have inbuilt motor, a large diameter motor was adopted to satisfy the layout requirement for a short overall length and also to secure the necessary motor output. Consequently, because the motor would be connected directly to the CASE, vibration induced by electromagnetic excitation force would be transferred directly to the case, making it difficult to satisfy customer demands for outstanding quietness. To avoid that, a low stiffness support structure was developed for this CVT8 HYBRID system to connect the motor to the case by means of a low stiffness support plate (Fig. 3). This optimal support structure was found in the CAE simulation mentioned above.

With the adoption of this anti-vibration structure,

この防振構造採用により、ステータを保持するモーターハウジングの肉厚は制限されるため、径方向の剛性は低くなる。それにより、モーターハウジングが径方向に膨張・収縮する構造系共振が1700Hz付近に発生する。モーターハウジングは完全な対称形状ではないため、ステータ径方向加振力により、この共振が励起され、CASEへ伝わる振動が増幅される。この共振モード域におけるモーターノイズ低減のため、ノード点支持構造を採用した。構造系共振には、振動が最小となる節が存在するが、FEM解析により節位置を特定し、その位置でサポートプレートにCASEに締結することにより、CASEへの振動伝達を低減している (Fig. 4)。

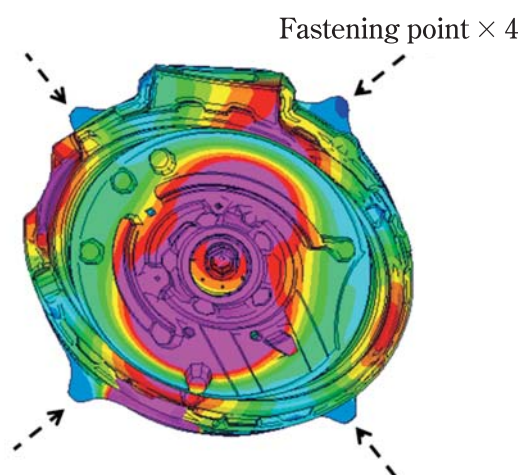


Fig.4 Nodal point support structure (displacement contour map of structural resonance mode)

この防振構造の効果を無限要素法による放射音解析により予測し、1200rpm以上のモーター実用領域において、モーターノイズ放射音を最大約14dB低減した (Fig. 5)。

また、モーター実用領域での更なるモーターノイズ低減を図るため、モーターハウジング振り共振の固有値設計を実施した。防振構造では、重量物であるモーターハウジング(ステータ)を低剛性構造のサポートプレートを介して保持するため、モーター実用領域に近い820Hzにモーターハウジング振り共振が発生する。この共振はステータ周方向加振力により励起され、CASEへ伝わる振動を増幅し、モーター実用領域である1200rpm以上においてもモーターノイズ放射音の悪化要因となる。モーターハウジング振り共振は、サポートプレート及びCASE上のサポー

radial stiffness was reduced because of the limitation on the plate thickness of the motor housing supporting the stator. As a result, structural resonance occurred around 1700Hz due to the radial expansion and contraction of the motor housing. This resonance was induced by excitation force in the stator radial direction because the shape of the motor housing is not completely symmetrical and it amplified the vibration transmitted to the CASE. A nodal point support structure was adopted to reduce motor noise in this resonance mode region. In the case of structural resonance, there are nodes where minimum vibration occurs. Nodal positions were identified by conducting an FEM simulation, and the motor was attached to the CASE at those positions by a support plate, thereby reducing the transmission of vibration to the CASE (Fig. 4).

The effect of this anti-vibration structure was predicted in a radiated noise simulation using the infinite element method. It was found that motor radiated noise was reduced by as much as approximately 14dB in the motor operating speed range above 1200rpm (Fig. 5).

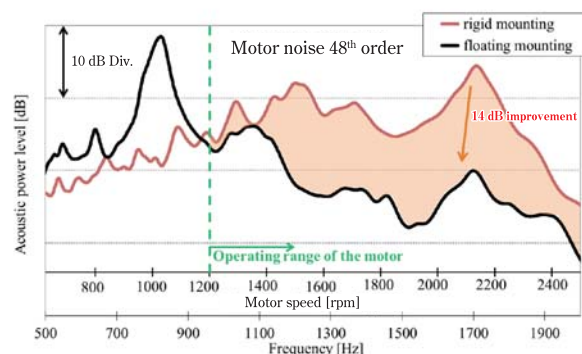


Fig.5 Effect of the floating motor mounting structure

As another measure for further reducing motor noise in the motor operating speed range, an eigenvalue design technique was applied to the torsional resonance of the motor housing. Because the heavy motor housing (stator) in the anti-vibration structure is supported by a low-stiffness support plate, it displayed torsional resonance at 820Hz near the actual usage of motor operating speed range. This resonance was induced by excitational force in the stator's circumferential direction and it amplified the vibration transmitted to the CASE. That also caused greater motor radiated noise in the motor operating

トプレートとの締結ボスがバネとなるモードである。サポートプレートはすでに低剛性構造としているため、より効果が見込まれるボスを低剛性化することで、モーターハウジング振り共振をモーター実用領域より離すことが可能となった。

3.1.3. モーター支持剛性の最適化

サポートプレートを締結するボスを低剛性化する上での主な検討課題としては、モーター重量を支持する為に必要な取り付け応力以外に、熱膨張係数の異なる鉄系材料であるモーターアセンブリとアルミニウム製のCASEとの熱応力があり、以下の様な種々の応力を検討した。

- モーター取付け応力
- 熱応力
- モーター駆動反力トルクに起因する応力
- 乾式クラッチの油圧による応力
- アンバランスによる応力
- 旋回時等の運転条件に応じて増加する応力

ここで解析の手法としては、まずは簡易計算にて、最も影響度の大きい因子であるモーター取付け応力と運転条件の応力から得た。

次いで、その重要因子2つの諸元を変化させながら最適仕様を選定した。その際には残る因子の影響も考慮しながら計算を進めた。

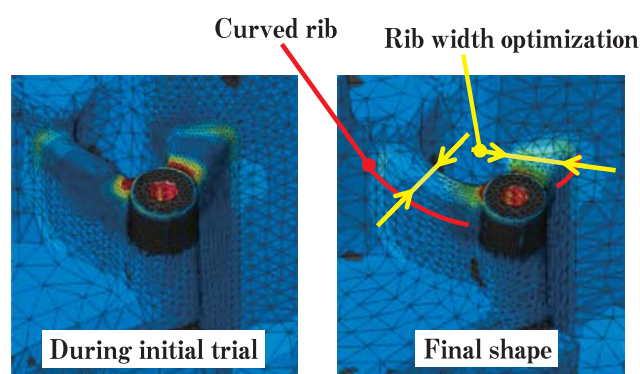


Fig.6 Example of rib shape optimization

Fig. 6にCAE解析結果の一例を示す。検討初期には入力に対し、リブの局部に応力が発生していたが、ボスとリブの接触面積を変更せずリブ幅を拡大かつ湾曲させることにより、周辺形状の応力が分散し応力低減効果を得られたことを確認できた。

その結果、モーターハウジング振り共振周波数

speed range above 1200rpm which is above the actual usage. The motor housing torsional resonance was a mode in which the support plate and the bosses on the CASE for fastening the plate became a spring. Because the support plate already had a low-stiffness structure, it was estimated that reducing the stiffness of the bosses would be more effective against noise. This measure made it possible to separate the motor housing torsional resonance from motor operating speed range in actual usage.

3.1.3. Optimization motor support stiffness

One of the major issues that had to be examined to reduce boss stiffness which fastens support plate was the level of motor mounting stress needed to support the motor weight. Another major issue was thermal stress between the aluminum case and the motor assembly made of steel having a different coefficient of thermal expansion. These issues were examined under various conditions like those noted below.

- Motor mounting stress
- Thermal stress
- Stress induced by reaction force to the motor drive torque
- Stress due to the hydraulic pressure of the dry multiplate clutch
- Stress induced by unbalance
- Increased stress corresponding to cornering and other driving conditions

As the first step in the simulation procedure, the motor mounting stress and the stress induced by driving conditions were found by a simple calculation. These stresses are the factors having the greatest degree of influence.

The specifications determining these two key factors were then varied in order to select the optimum specifications. The influence of the other remaining factors was also considered in the process of proceeding with the calculations.

Fig. 6 shows a typical example of the CAE simulation results. In the initial stage, stress developed locally in the rib in relation to the input force. The rib width was then expanded and the rib was curved without changing the area of contact between the bosses and the rib. The simulation results confirmed that these measures were effective in

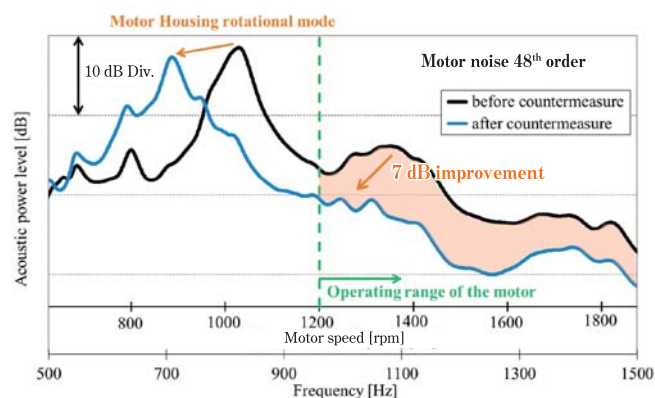


Fig.7 Improvement of motor housing torsional resonance mode

が約100Hz低下し、モーターノイズ放射音を更に最大約7dB低減することができた (Fig. 7)。

また、これらの解析結果を基に試作を行い、熱履歴・振動加振・実車性能確認を行った結果、いずれも良好な試験結果を得ることができ、手戻りのないスムーズな開発を進めることが出来た。

3.1.4. 放射面剛性設計によるモーターノイズの低減

CASEからのモーターノイズ放射音低減のため、CASEの面剛性を高めることで、放射音特性の改善を行った。本検討では、CASEを22分割し、各分割エリアからの放射音を予測することで、周波数ごとの放射音寄与率を算出した (Fig. 8)。その結果より、着目した周波数域において、効果的に放射音を低減できる部位を特定し、その部位に対してリブの最適化やケース肉厚増大による剛性改善を実施した。このように放射音解析技術を適用することで、効率よくモーターノイズ放射音の低減を実現することができた。

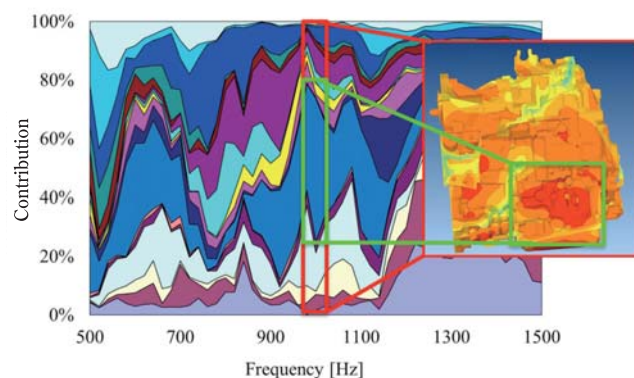


Fig.8 Contributions to motor radiated noise

reducing stress by dispersing the stress of the surrounding shapes.

As a result, the frequency of the motor housing torsional resonance was lowered by approximately 100Hz, making it possible to reduce motor radiated noise further by as much as approximately 7dB (Fig. 7).

A prototype case was then manufactured on the basis of the simulation results and tested to confirm its thermal history, excitation vibration characteristics and in-vehicle performance. Good results were obtained in every test, enabling the development process to proceed smoothly without any reworking of the design.

3.1.4. Motor noise reduction through stiffness design of radiating surfaces

The noise radiation characteristics of the CASE were improved by increasing its surface stiffness, which worked to reduce motor noise radiated from the case. In this investigation, the CASE was divided into 22 divisions and the noise radiated from each divided area was estimated. The results were used to calculate the respective contributions to radiated noise at each frequency (Fig. 8). As a result, the positions effective for reducing radiated noise were identified in the frequency region of interest. The rib geometry was optimized and the case thickness was increased to improve the stiffness of those positions. As described here, the application of this technique for simulating radiated noise made it possible to reduce motor radiated noise efficiently.

3.2. Assurance of breather performance

Fig.9 illustrates how oil drops are sprayed during operation of the transmission. A key issue is to eliminate any outside leakage through the breather of oil churned up by the rotation of the final gear in the transmission (Fig. 9-①)

In this development, to place motor in CASE, Jatco CVT8 which does not have motor in built, a small positioning guide was provided for the motor in the space where a gap formed in the conventional layout. That reduced the cubic capacity of the breather chamber, which could greatly affect breather performance. Because there was concern that it might cause a decline in breather performance, it was

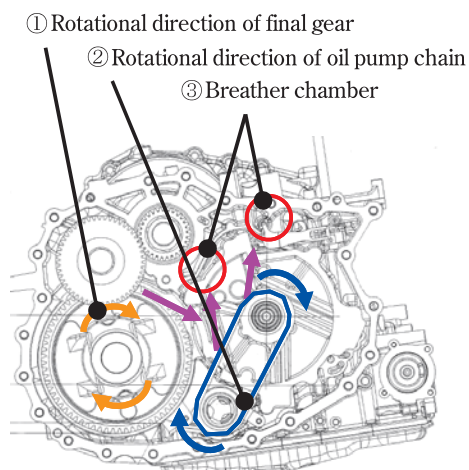


Fig.9 Mechanism of oil spray into breather chamber

3.2. ブリーザ性能確保について

Fig. 9にトランスミッション運転時のオイルの飛沫イメージを示す。トランスミッションにおいては、ファイナルギヤが回転する事 (Fig. 9-①) により掻き揚げられた油がブリーザを通じて外に漏れる事を無くすることが重要な課題である。

本開発において、モーターをCASE内に格納するにあたり、モーターを内蔵しない、Jatco CVT8ではレイアウト上隙間形状となっていた空間に、モーターとのインローを設定したため、ブリーザ性能への影響が大きいブリーザ室の容積が減少する事となった。これによりブリーザ性能の低下が懸念され、重要課題と位置付けた (Fig. 10)。

上記の重要課題に対して、粒子法による解析シミュレーションを活用し、モーターを内蔵しない、Jatco CVT8仕様との比較～改善仕様検討の為のパラメータスタディ～最終試作仕様の決定までをバーチャルで実施した。

Fig. 11に解析結果の一例を示す。モーターを内蔵しない、Jatco CVT8ではブリーザ室に粒子が停滞する現象が見られた。しかしハイブリッド初期形状では粒子の初期流速がモーターを内蔵しない、Jatco CVT8と比較して速く、またブリーザ室上部まで届く形状であった。対策の結果、粒子の挙動を防ぎモーターを内蔵しない、Jatco CVT8並みの性能を維持することができた。

上記粒子法解析により、ATFの飛沫状態をシミュレートし、ブリーザ性能関連仕様を、従来より短期間で決めることができた。

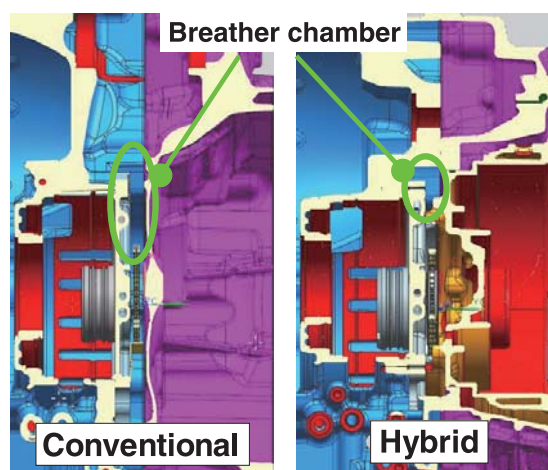


Fig.10 Comparison of breather chambers

regarded as a priority issue (Fig. 10).

To address this priority issue, a particle method was used to perform a virtual simulation analysis encompassing a comparison with the Jatco CVT8 specifications which does not have inbuilt motor, a parametric study for investigating improved specifications, and the determination of the final prototype specifications.

Fig.11 shows a typical example of the simulation analysis results. Jatco CVT8 which does not have inbuilt motor, it is seen that particles stagnated in the breather chamber. With the first hybrid case shape, the particle flow velocity was initially faster than that seen for the Jatco CVT8 which does not have inbuilt motor and the particles reached the top of the breather chamber. The countermeasure that was adopted prevented such particle behavior and breather performance equal to that of the Jatco CVT8 which does not have inbuilt motor was maintained.

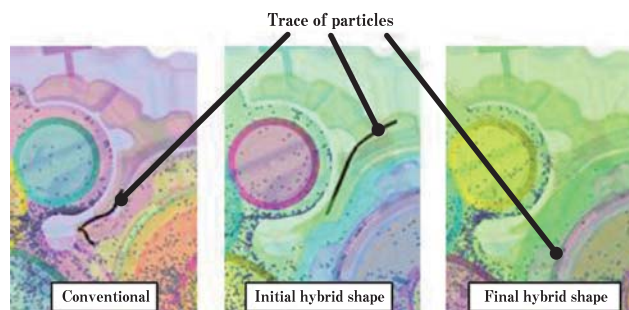


Fig.11 Oil spray simulation analysis results

By particle analysis method as mentioned above, ATF droplet condition simulation shorten the period for determining breather performance related specification compared with previous method.

4. まとめ

ハイブリッド車に期待される静かで快適な車室静粛性を提供するために、CASEから放射されるモーターノイズの低減に取り組んできた。開発の初期段階ではユニットの基本骨格となる防振構造の採用を決心し、さらに開発中期では放射音解析技術の活用により、効率の良い放射音特性改善を実施した。これにより、モーターのみの走行における静かな車室空間においても、お客さまの期待に応えうる静粛性を実現した。

また、CAEを活用することにより、ブリーザ性能確保の重要課題もスムーズに解決することができた。

本開発に多大なご協力を頂いた社内外の関係者各位に感謝の意を表します。

5. 参考文献

- 1) Yuuzou Akasaka, Tsuyoshi Aoyagi, Hiroki Uehara: Technology of Floating Mounting Structure of Motor be housed Dry Multiplate Clutch in for New Hybrid Vehicle, 2013 JSAE Annual Congress(Autumn)
- 2) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto: Development of the Jatco CVT8 HYBRID, 12th International CTI Symposium, December 2013, Berlin

4. Conclusion

Vigorous efforts were made to reduce motor noise coming from CASE in order to provide the quiet, comfortable cabin space expected of a hybrid vehicle. From the early stage of the development process, it was decided to adopt an anti-vibration structure as the basic framework of the transmission case. Moreover, during the development process, a radiated noise simulation method was used to improve noise radiation characteristics efficiently without rework. As a result, a level of quietness was achieved that will satisfy customer's expectations for a quiet cabin during motor-only driving.

In addition, CAE was applied to ensure breather performance, which was another priority issue that was resolved smoothly.

At the end, we would like to express appreciation to everyone inside and outside the company for their tremendous cooperation with the development of the transmission case.

5. Reference

- 1) Yuuzou Akasaka, Tsuyoshi Aoyagi, Hiroki Uehara: Technology of Floating Mounting Structure of Motor be housed Dry Multiplate Clutch in for New Hybrid Vehicle, 2013 JSAE Annual Congress(Autumn)
- 2) Fumihito Konagaya, Takeshi Yamamoto: Development of the Jatco CVT8 HYBRID, 12th International CTI Symposium, December 2013, Berlin

■ Authors ■



Hideyuki MAMIYA



Seiji MATSUBARA



Kazuyuki YAMAMOTO



Hiromi TAGUCHI

ハイブリッド車両の性能向上に貢献するCVTの技術紹介

Introducing CVT Technology Contributing in Enhancement of HEV Performance

水落 知幸*
Tomoyuki MIZUOCHI

山中 学**
Manabu YAMANAKA

今井 一貴***
Kazutaka IMAI

影山 雄三****
Yuuzou KAGEYAMA

抄 録 金属ベルトCVTは、1987年から自動車用に量産されており、多種のベルトCVTが生産されている。本稿では、コンベンショナルなCVTをベースに開発したハイブリッド車用CVTにおいて、燃費性能の向上を目的に開発した技術について紹介する。

Summary Various types of steel-belt CVTs have been produced since this kind of transmission went into mass production in 1987 for use on vehicles. This article describes the technical features developed to improve the fuel economy obtained with a CVT engineered for hybrid vehicle use on the basis of a conventional CVT.

1. はじめに

1. Introduction

ジャトコは、2013年7月にハイブリッド車用CVTの生産を開始した。本製品は、コンベンショナルなCVTをベースに1モーター2クラッチシステムを内蔵したものであり、PT部品の一部見直しなどを行い、380Nmクラスの車両に搭載された。本稿ではハイブリッド車用CVT搭載車の性能向上のために採用した技術について紹介する。

JATCO began producing a new CVT for hybrid vehicles in July 2013. Based on conventional CVT, this product incorporates a 1Motor2Clutch (hereafter 1M2CL) system. Some of the powertrain parts were redesigned, among other improvements this product is being adopted to 380Nm class vehicles. This article describes the technical features adopted to improve the performance of vehicles fitted with this hybrid-vehicle CVT.

2. 開発の狙い

2. Development Aims

ハイブリッド車用CVTは、以下の5項目を重点に開発を行った。

- ① トルク容量UPと高効率化の両立のためのプーリー剛性最適化
- ② 変速最適化
- ③ 充電状況に応じた最適変速
- ④ 減速エネルギー回生効率の向上
- ⑤ 自動エンジンブレーキ改良による回生効率向上

The CVT for hybrid vehicles was developed with emphasis put on the following five items.

- (1) Optimization of pulley stiffness to obtain both increased torque capacity and higher efficiency
- (2) Optimized shift control
- (3) Optimized shifting matching the battery state of charge (hereafter SOC)
- (4) Increased efficiency for regenerating energy during deceleration
- (5) Improvement of regeneration efficiency by improving automatic engine braking

* プロジェクト推進室
Project Promotion Office

** 制御システム開発部
Control System Development Department

*** 部品システム開発部
Hardware System Development Department

**** 日産自動車株式会社 パワートレイン性能開発部
Nissan Motor Co., Ltd. Powertrain Performance Engineering Department

3. 主な採用技術の詳細

3.1. プーリー剛性の最適化

トルクを伝達の際に、クランプ力およびチェーンの張力によってプーリーに変形が発生する。そのため、チェーンの引っ張り側と緩み側の張力差により、走行半径に違いが生じる。(Fig. 1)この走行半径の違いは高トルク、高回転の使用条件において顕著に大きくなる。

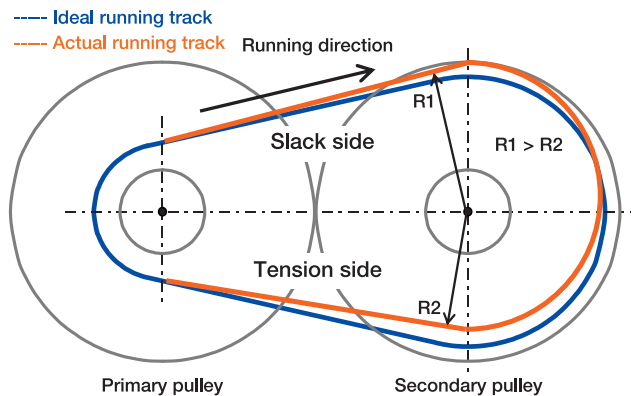


Fig.1 Difference in running radius

弊社CVTベルトの動力伝達解析経験からプーリー剛性、走行半径差とトルク容量に相関があることが分かっており、プーリー剛性の向上を実施した。(Fig. 2)

その結果、剛性UPプーリーでは、従来品と比べ20%トルク容量を向上できた。(Fig. 3)

また、剛性向上により、同じトルク容量を発生するために必要な推力を低下することが可能となった。これにより必要なプーリー油圧を低減でき、オイルポンプの駆動トルクの低減も実現できた。これらの変更により、2~7%のフリクション低減に貢献した。(Fig. 4)

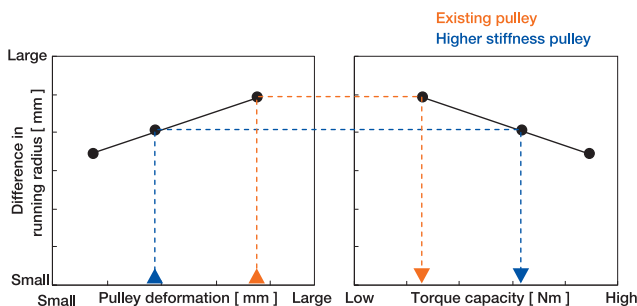


Fig. 2 Relation between pulley deformation, difference in running radius and torque capacity

3. Details of Principal Technical Features Adopted

3.1. Optimization of pulley stiffness

The clamping force and belt tension induce pulley deformation when transmitting torque. Consequently, the difference in tension levels between the tension and slack sides of the belt causes the running radius to differ (Fig.1). This running radius difference increases markedly under high-torque and high-speed operating conditions.

Our previous analyses of power transmission by the CVT belt have shown a correlation among pulley stiffness, running radius difference and torque capacity. Accordingly, it was decided to improve pulley stiffness (Fig. 2). As a result, it was found that stiffer pulleys improved torque capacity by 20% compared with existing pulleys (Fig. 3).

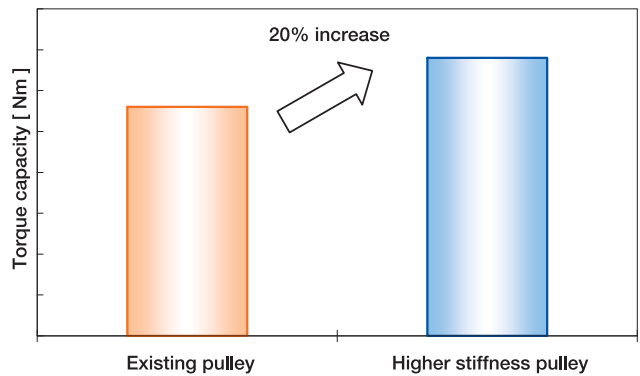


Fig.3 Contribution to torque capacity

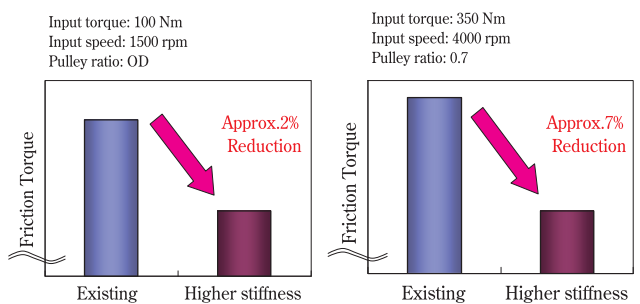


Fig.4 Effect of higher stiffness pulley

Additionally, increasing pulley stiffness made it possible to reduce the thrust force needed to attain the same level of torque capacity. As a result, required pulley hydraulic pressure was reduced that also enabled the drive torque of the oil pump to be reduced. These improvements contributed to friction reduction of 2-7% (Fig. 4).

3.2. 変速制御最適化

ハイブリッド車では、Powertrain Torque Demand 制御（以下「PTD」とする。）を採用し、エンジン（以下「ENG」とする。）、モーター（以下「MG」とする。）、CVTの統合制御を実現している。目標駆動力を決め、それに対するトルク、変速比の基本配分を決める。エネルギーマネジメント部は更に充電状態等も考慮し、ENG、MGトルクの制御、およびCVTの変速制御に対して最適動作点となる指令値を出力し、各ユニットはそれに従い動作する。また、アダプティブコントロール部がドライバーの志向に基づいて上記制御に対する補正要求を出力する。

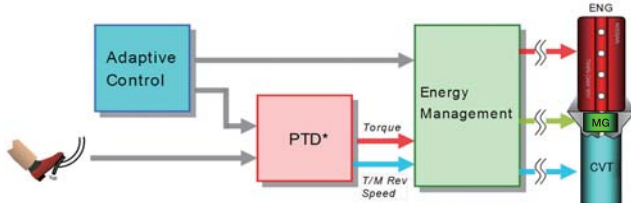


Fig.5 Hybrid control flow

3.3. 充電状況に応じた最適変速

充電状況（State of Charge 以下「SOC」とする。）に応じたCVT変速の最適化に取り組んだ。燃費の向上を狙ってENGが最適動作線上で動作するように変速制御を行う。例えば、ドライブ時にSOC回復のためにMGで発電する場合は、駆動力を一定に保ったまま、MG発電トルク分の補正を行い、且つENGトルクが最適動作線を辿るようにCVTを変速させることで、より少ない燃料でSOCを回復する事に貢献した。

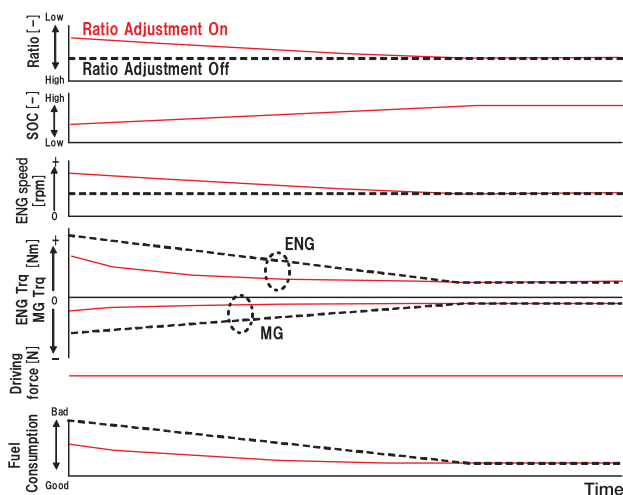


Fig.6 Optimized shift control (during low SOC)

3.2. Optimized shift control

Hybrid vehicles adopt a Powertrain Torque Demand (hereafter PTD) control system to achieve integrated control of the engine, Motor-Generator (hereafter MG) and CVT. The PTD control system determines the target drive torque and also determines power source torque target and CVT ratio target. The energy management module outputs a command value that becomes the optimum operating value for engine/MG torque control and CVT ratio control, taking into account the battery SOC and other parameters. Each of the units operates in accordance with the command value. In addition, the adaptive control module requests to compensate these control procedures based on the driver's intention.

3.3. Optimized shifting matching the battery SOC

An effort was made to optimize CVT shifting so as to match the battery SOC. For the purpose of improving fuel economy, shift control is performed so that the engine can trace its optimum operating condition. For example, when the MG is generating electricity to replenish SOC during driving, the torque consumed by the MG for power generation is compensated while keeping the drive torque at a constant level. Moreover, the CVT is shifted so that the engine torque traces the optimum operating condition, which contributes to replenishing the battery SOC while consuming less fuel.

3.4. Increased efficiency for regenerating energy during deceleration

When the driver depresses the brake pedal, braking force is allocated between the MG and the vehicle braking system based on the target deceleration G (gravity). This process is called Cooperative Regenerative Braking, the aim of which is to use the MG to regenerate electricity during deceleration.

The combined regeneration efficiency of the MG and inverter during energy regeneration is shown in Fig. 7. Electricity can be generated more efficiently by using the dark blue region. Fig. 8 shows CVT shift schedule on which MG efficiency characteristics are superimposed.

As shown in the figure, shifting the CVT raises the MG speed, resulting in better efficiency. This

3.4. 減速エネルギー回生効率の向上

ドライバーがブレーキを踏むと、目標減速GからMGと車両のブレーキにブレーキ力の配分が行われる。これを協調回生ブレーキと呼ぶ。協調回生ブレーキの狙いは、MGを使って減速中に電力を回収することである。

回生時のMGおよびインバーター（以下「INV」とする。）を合わせた回生効率はFig. 7のように表され、青色の濃い領域を使うことで、より効率の良い電力回収が可能となる。CVTの変速線に上記効率を重ねて表したものがFig. 8となる。

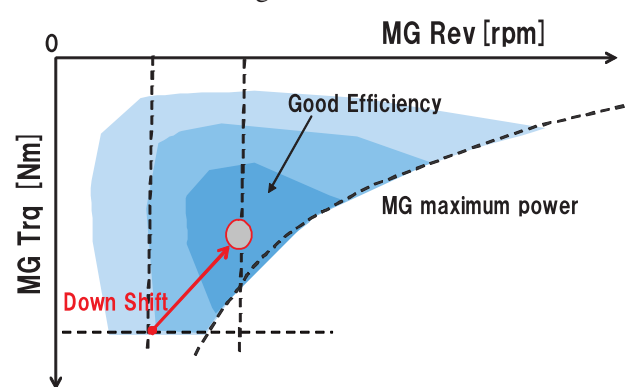


Fig. 7 MG efficiency on regeneration

図のように、CVT変速によりMG回転をあげることで、効率がよくなり、同じブレーキ力で回生できる電力を増やすことができる。協調回生ブレーキ時のMGへの目標出力はブレーキ踏力に応じて時々刻々変化するが、CVTの無段階変速により、MGを高効率な状態を維持する事が出来る。

3.5. 自動エンジンブレーキ制御による回生効率向上

コンベンショナルCVT車では、減速燃料カット中はENG単独で制動力を制御できないため、変速制御により制動力を制御していた。特に下り坂ではCVTによる滑らかな変速を用いた自動エンジンブレーキ制御が、CVTのメリットとなっていた。必要以上の増速を抑えるため、任意の制動力を実現するように変速制御していた（自動エンジンブレーキ制御）。（Fig. 9）

ハイブリッド車の場合は、MGの回生を利用することで、従来のCVT変速を活用した下り坂での制御と同等の滑らかな自動エンジンブレーキ制御を実現でき、同時に電力を回収し燃費性能の向上を図る事が可能となった。（Fig. 10）

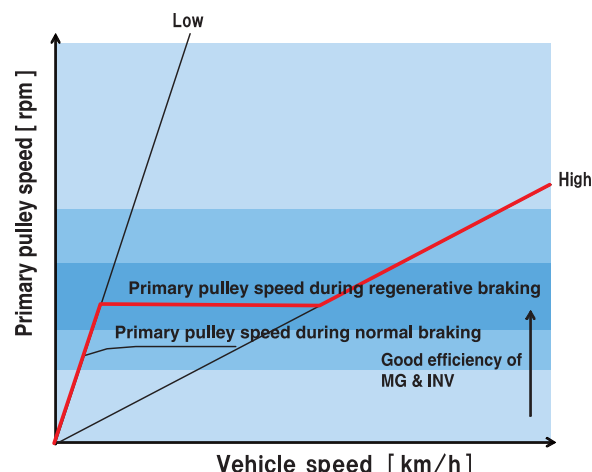


Fig. 8 CVT shift control during regenerative braking

increases the quantity of electricity that can be regenerated at the same level of braking force. The target MG output during cooperative regenerative braking varies according to brake pedal force applied by driver. The seamless shifting capability of the CVT enables the MG to maintain high operating efficiency.

3.5. Improvement of regeneration efficiency through automatic engine braking control

In a vehicle equipped with a conventional CVT, braking force cannot be controlled by the engine alone while the fuel supply is cut off during deceleration. For that reason, braking force has traditionally been managed by means of shift control. One advantage of a CVT especially on a downhill is automatic engine braking using the transmission's smooth shifting capability. Shift control (i.e., automatic engine braking control) is performed to achieve any arbitrary braking force, thereby suppressing any unnecessary increase in speed (Fig. 9).

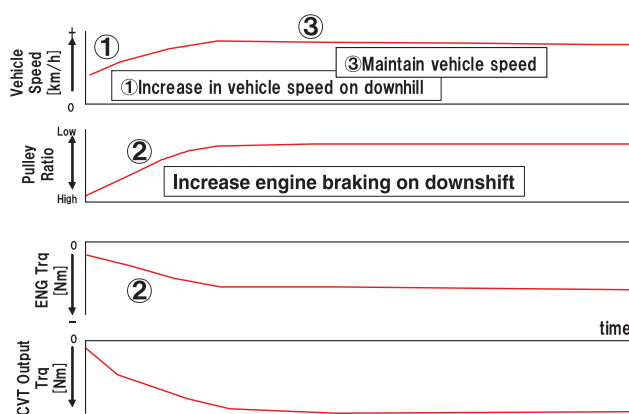


Fig. 9 Automatic engine braking control using CVT

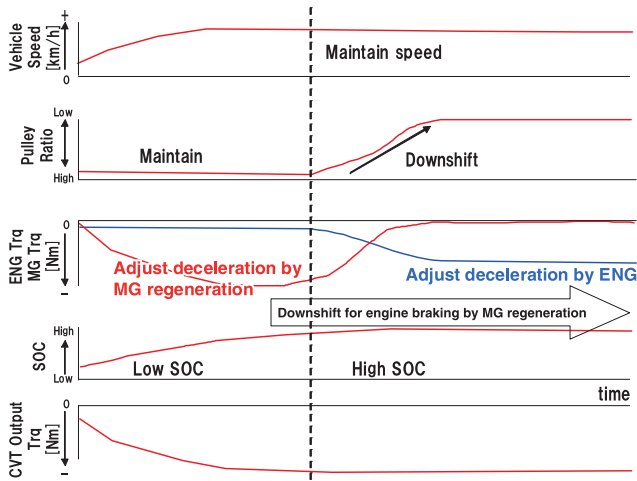


Fig.10 Automatic engine braking control using hybrid CVT

4. まとめ

今回開発されたハイブリッド車用CVTでは、前述の通りのハードウェア、ソフトウェア最適化により優れた燃費性能と運転性の達成に貢献することができた。

本開発にあたり社内外関係部署の多大なご支援を頂いたことに感謝の意を表します。

5. 参考文献

- (1) Development of High Torque Capacity Variator System for CVT, SAE 2014 World Congress & Exhibition, Paper number: 2014-01-1729, Hiromu Soya, Makoto Yoshida and Kazutaka Imai
- (2) Technical Innovations in 2-Pedal Transmissions Led by CVTs, The 5th TM Symposium China (TMC 2013), Shigeo Ishida

In a hybrid vehicle, energy regeneration by the MG achieves the same smooth automatic engine braking control as that conventionally accomplished by CVT shift control on downhill. Simultaneously, electricity can be regenerated to improve fuel economy (Fig. 10).

4. Conclusion

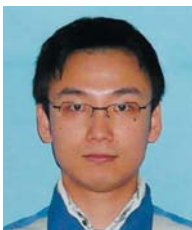
In developing this CVT for hybrid vehicles, both the hardware and software were optimized as described in this article, which contributed to achieve good fuel economy and driveability.

At the end, we would like to thank the departments involved both within and outside the company for their tremendous cooperation with the development of this CVT for hybrid vehicles.

5. Reference

- (1) Development of High Torque Capacity Variator System for CVT, SAE 2014 World Congress & Exhibition, Paper number: 2014-01-1729, Hiromu Soya, Makoto Yoshida and Kazutaka Imai
- (2) Technical Innovations in 2-Pedal Transmissions Led by CVTs, The 5th TM Symposium China (TMC 2013), Shigeo Ishida

■ Authors ■



Tomoyuki MIZUOCHI



Manabu YAMANAKA



Kazutaka IMAI



Yuuzou KAGEYAMA

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ハイブリッド車用トランスミッションの電動オイルポンプの開発

Development of an Electric Oil Pump for Hybrid Vehicle Transmission

佐野 幸洋*
Yukihiro SANO

石井 英樹*
Hideki ISHII

島倉 正樹*
Masaki SHIMAKURA

大曾根 竜也**
Tatsuya OSONE

抄 録 昨今の燃料の高騰，環境意識の高まりから，ハイブリッド車の注目が高まってきている．ジヤトコでは，日産自動車（株）（以下「日産」とする．）が開発した1モーター2クラッチシステムのFRハイブリッド車向けのATユニットを日産と共同で開発し，生産中である．

本稿は，前記ATユニットに取り付けられる電動オイルポンプ開発についてその課題と解決結果を紹介する．

Summary Hybrid vehicles have attracted growing interest in recent years owing to steep increases in fuel prices and rising environmental awareness. Nissan Motor Co., Ltd. (hereafter Nissan) and JATCO jointly developed hybrid RWD 7-speed automatic transmission (hereafter AT) and it has 1Motor 2Clutch (hereafter 1M2CL) system which is developed by Nissan. This is AT is being manufactured at JATCO.

This article describes the challenges involved in developing an electric oil pump that is attached to this AT and the solutions that were achieved to overcome them.

1. はじめに

1モーター2クラッチシステムトランスミッション（Fig. 1）では，エンジン＋モーターアシスト走行，モーター走行の駆動モードに加え，アイドルリングストップなどの走行シーンを実現させる必要がある．その為ATユニットの油圧供給システムとして，メカニカルオイルポンプ（以下，メカオイルポンプ）だけでなく，それを補う電動オイルポンプを追加するというコンセプトで開発を行った．

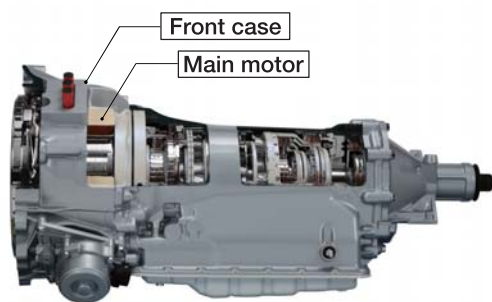


Fig.1 7-speed transmission for rear wheel drive hybrid vehicles

2. 構造

メカオイルポンプはコンベ車用ATポンプと同様の油圧発生供給装置であり，メインモーターが内装され

1. Introduction

The 1M2CL transmission (Fig. 1) must be able to accommodate various driving situations, including an engine drive mode with motor assist, a motor drive mode and an idling stop mode, among others. Therefore, the development concept formulated for the hydraulic pressure supply system for this AT was to add an electric oil pump to supplement the mechanical oil pump.

2. System Structure

The mechanical oil pump is the same as the AT pump used to generate and supply hydraulic pressure on conventional vehicles. It is laid out at the rear of the front case which houses the main motor and is directly connected to the input shaft for discharging hydraulic pressure (Fig. 2).

The electric oil pump is positioned at the bottom of the front case on the outside. It supplies hydraulic pressure to the AT by means of an intake pipe and a discharge passage (Fig. 3).

These two pumps must supply the hydraulic pressure according to the driving situation in order to

* 部品システム開発部
Hardware System Development Department

** 日産自動車株式会社 HEV製品開発部
NISSAN MOTOR CO., LTD. HEV Product Development

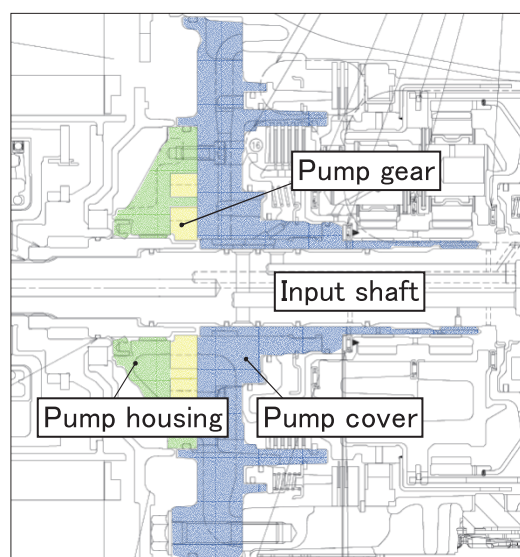


Fig.2 Main oil pump layout

ているフロントケースの後方にレイアウトされ、インプットシャフトに直結し、油圧が吐出される。(Fig. 2)

電動オイルポンプは、フロントケース下方外部にレイアウトされ、吸入パイプと吐出油路を介してATユニット内に油圧を供給する。(Fig. 3)

前記2つの油圧発生供給装置は、いずれもATユニット内の油圧を確保・維持するため、走行シーンに合わせてそれぞれの領域で分担しながら油圧を供給することが要求される。電動オイルポンプは、その特性から駆動電流を制御することにより自在に油圧の供給が可能である。その特性を活用してメカオイルポンプの出力低下を補う目的で使用される。

Fig. 4にメカオイルポンプと電動オイルポンプとを組み合わせた油圧供給回路構成を示す。

電動オイルポンプとメカオイルポンプは、オイルパンからストレーナーを介して吸入されたオートマチックフルード(以下「ATF」とする。)の圧力を高め、サブバルブへ供給する。サブバルブ内に供給されたATFは高い油圧側を開放、低い油圧側が閉じる方式の『フラップ弁』にて機械的に選択され、メインバルブへ供給される。

3. 電動オイルポンプの必要性と使われ方

電動オイルポンプが必要となる2つの走行シーンについて記述する。

第一の走行シーンは、エンジンとATユニットを切

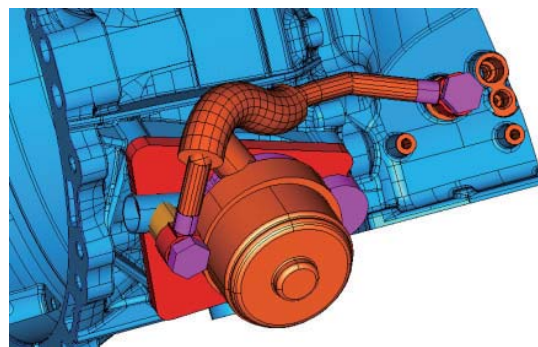


Fig.3 Electric oil pump

ensure and maintain hydraulic pressure inside the AT while sharing their respective role. Because of its operating characteristic, the electric oil pump can supply hydraulic pressure flexibly by controlling the drive current. That characteristic enables the pump to be used for supplementing output shortage of the mechanical oil pump.

Fig. 4 shows the configuration of the hydraulic pressure supply circuit that combines the mechanical and electric oil pumps. Electric oil pump and mechanical pump suck automatic transmission fluid (hereafter ATF) inside oil pan via an oil strainer, raise the ATF pressure and supply it to a sub-valve. The sub-valve contains a flapper valve that mechanically opens the high-pressure side and closes the low-pressure side so that the high pressure fluid is supplied to the main valve.

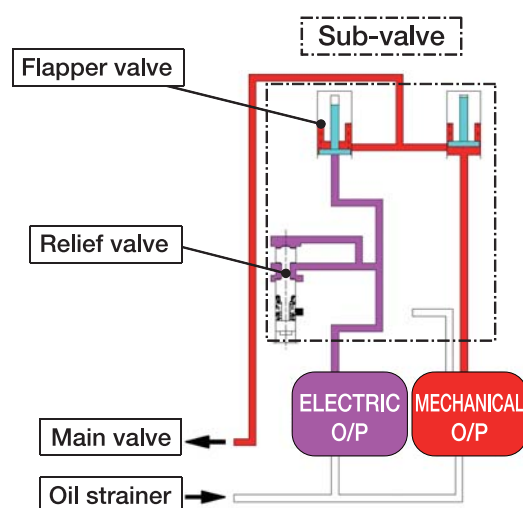


Fig.4 Hydraulic pressure supply circuit

3. Necessity and Usage of the Electric Oil Pump

This section describes two types of driving situations in which it is necessary to use the electric oil pump.

The first type of driving situation is, when clutch-1

り離すクラッチ（以下「CL1クラッチ」とする。）を開放する走行シーンである。CL1クラッチは、エンジンの出力軸とATユニットの駆動軸間にレイアウトされ、エンジントルクをATユニットに伝達、またはカットする役割を担っている。その構造は油圧を加えると切り離すクラッチであり、油圧がCL1クラッチに供給されていない状態では、締結状態にある。従ってエンジンとの切り離しが要求されるが無回転の為メカオイルポンプでは油圧供給が不可能なアイドルストップ、またはEV発進時には、電動オイルポンプがその油圧供給を実現し、CL1クラッチを開放する。この油圧供給状態はインプットシャフトが高回転になり、メカオイルポンプが十分な吐出量を確保されるまで継続する。（Fig. 5）

第二の走行シーンは、メカオイルポンプの高温時の油量補助である。走行中、インプットシャフトが低回転となる走行シーンが存在する。例えばアクセルペダルを離して減速中、高速ギア段に変速されているような走行シーンである。このような状況下では、メカオイルポンプの流量に電動オイルポンプの流量を合流させて、ATユニット発進クラッチや変速クラッチなど油圧を必要としているクラッチへ油圧を供給する。また、インプットシャフトが低回転ではなくともATユニット内の油温が上昇するとメカオイルポンプの供給油量が低下し、クラッチへの潤滑・冷却が不足するため、高油温では電動オイルポンプで補充する。（Fig. 6）

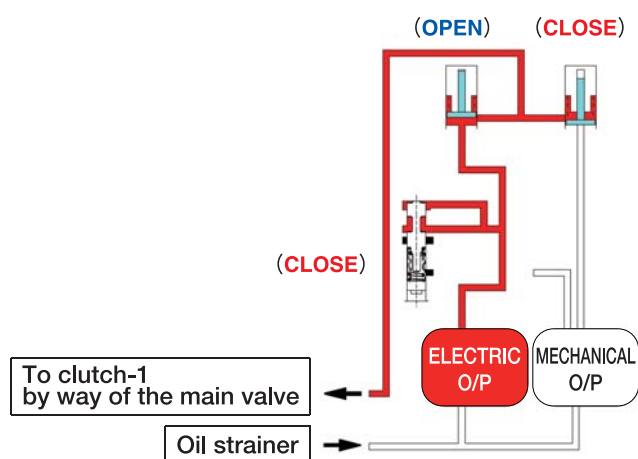


Fig.5 Disengaging clutch-1 during engine stop

(hereafter CL1) that decouples the engine and the AT is disengaged. CL1 is positioned between the engine output shaft and the AT drive shaft. It functions to transmit engine torque to the AT or intercept engine torque. CL1 structure is designed such that the clutch disengages when hydraulic pressure is applied and it is engaged when pressure is not supplied. Accordingly, the electric oil pump supplies hydraulic pressure to disengage CL1 when there is a demand for decoupling of the engine and the mechanical oil pump cannot provide the required pressure because it is not rotating. This type of situation includes idling stop and vehicle launch in the EV mode. This pressure supply continues until the input shaft reaches a high enough rotational speed so that the mechanical oil pump can supply sufficient discharge oil flow (Fig. 5).

The second type of driving situation involves providing an ATF supply assist when the mechanical pump is at a high temperature level. There are situations while driving when the input shaft is rotating at a low speed. For example, one such situation is when the driver releases leg from accelerator pedal to decelerate the vehicle and the transmission shifts to a higher gear range. In this situation, the flow rate from the electric oil pump is combined with that from the mechanical oil pump to provide hydraulic pressure to the clutches that require pressure, including the start-off clutch and shift clutches in the AT. In addition, even if the input shaft rotating speed is not low, the flow rate supplied from the mechanical oil pump decreases when ATF temperature rises. To prevent insufficient fluid flow for lubricating and cooling the clutches, the electric oil pump supplements fluid flow at high ATF temperatures.

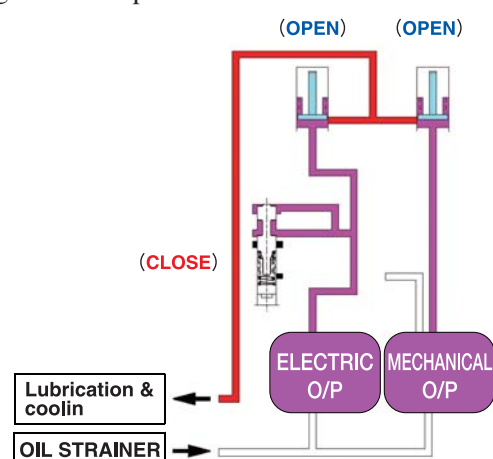


Fig.6 Fluid supply assist during high fluid temperature

4. 電動オイルポンプシステムのハード信頼性

電動オイルポンプの電流は、専用のインバーターとコントローラーで制御される。インバーター一体コントローラーを、3相ハーネスを介してトランクルーム内側に配置した。オイルポンプ本体との分離により、インバーター一体コントローラーを熱や水かかり等の環境的に有利となるように配慮した。(Fig. 7)

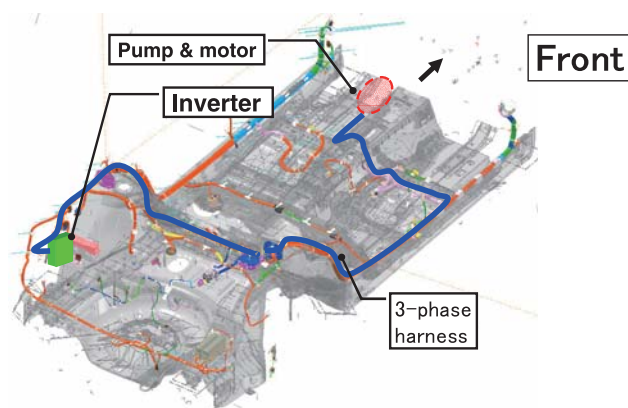


Fig.7 Electric oil pump & control system

ポンプ部は高吐出流量、低騒音、高効率であるクレセントレストロコイドポンプを採用した。(Fig. 8)

また、アイドリングストップ中の稼働が要求されることから、ノイズを十分に低くするために、歯数の次数成分の油圧脈動を抑える最適吐出ポート角を設定した。

モーター部は「表面磁石型同期モーター」(SPMモーター (Surface Permanent Magnet Motor))を採用している。特徴は、磁石のもつ強い磁気を効率的に利用でき、モータートルクの応答性が良く、制御性に優れていることである。(Fig. 9-a, -b,)



Fig.9-a Electric oil pump

4. Hardware Reliability of Electric Oil Pump

The current supplied to the electric oil pump is controlled by a dedicated inverter and controller. The integrated inverter-controller is located in the vehicle trunk and is connected to the oil pump motor via a 3-phase wiring harness (Fig. 7). This separation from the oil pump itself was done in consideration of the operating environment advantage of protecting the integrated inverter-controller from heat, water splashes and other harmful impact.

A crescent-less trochoid oil pump was adopted because of its high discharge rate, low noise and high efficiency (Fig. 8). Moreover, because the electric oil pump is required to operate during idling stop, the optimum discharge port angle was set for suppressing pressure pulsations induced by the order components of the number of gear teeth so as to keep the noise level sufficiently low.

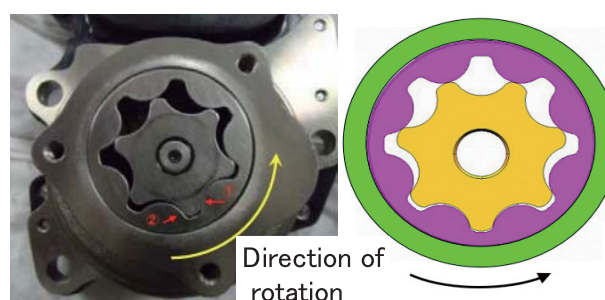


Fig.8 Crescent-less trochoid pump

A surface permanent magnet (hereafter SPM) synchronous motor was adopted to drive the pump. The motor is characterized by its good torque response and controllability because it can efficiently use the strong magnetism of the magnets (Fig. 9-a & 9-b).

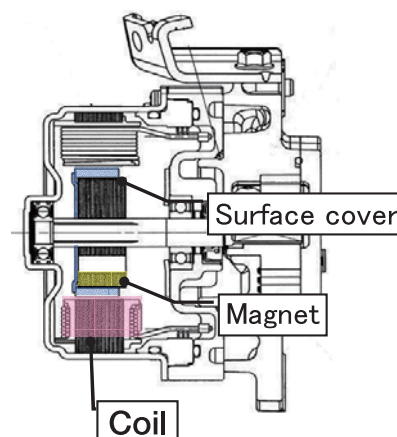


Fig.9-b Cross section of electric oil pump

更に、ロータマグネットの位置を検出するのにホール素子を用いずに、電源電流からモーター電流を推定し、モーター電流から直接位置情報を得る『センサーレス』とした。これにより位置センサーの追加コストを抑制できると共に、高温環境下での信頼性向上も実現している。モーターは、コギングトルクによる出力トルクの脈動によるポンプの歯打ち音ノイズが発生しないように、マグネット着磁にスキュー角を設けた。(Fig. 10-a,-b)

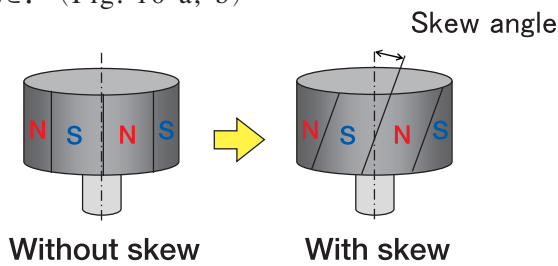


Fig.10-a Skew angle of permanent magnets

5. 電動オイルポンプシステムの作動信頼性確保

モーターの制御方法は「センサーレス 180度ベクトル制御」を採用した。センサーレス制御とは、センサー（エンコーダー、レゾルバまたは磁気センサー）を使用せずにコントローラーユニット内部で3相線から得られるモーター回転の逆起電圧を検出し、回転子位置（磁極位置）と速度を推定し、永久磁石モーターを制御する方式である。逆起電圧はモーター始動時、または低回転の場合、逆起電圧が低く、ローターマグネットの位置情報を検出できないため、『起動シーケンス制御』で強制転流電流により、ローターマグネットを同期回転させて逆起電圧が検出できる回転数まで上昇させてからセンサーレス制御に移行する。

180度ベクトル制御では、各相がオフ時間なしに行われており各スイッチは必ず上段または下段側のスイッチング素子がオンしている。Table 1に通電タイミングを示す。

Table 1 Power supply timing table of 180-degree vector control

	0°	60°	120°	180°	240°	300°	360°
Upper coil A							
Upper coil B							
Upper coil C							
Lower coil A							
Lower coil B							
Lower coil C							

A sensorless method that does not use a Hall element was adopted for detecting the rotor position. The motor current is estimated from the power source current and rotor position information is obtained directly from the motor current. This method avoids the cost of adding a position sensor and also improves reliability in the high-temperature operating environment. A skew angle is provided for magnetization of the magnets so as to prevent pump gear tooth striking noise due to output torque fluctuations generated by cogging torque in the motor (Fig. 10-a & 10-b).

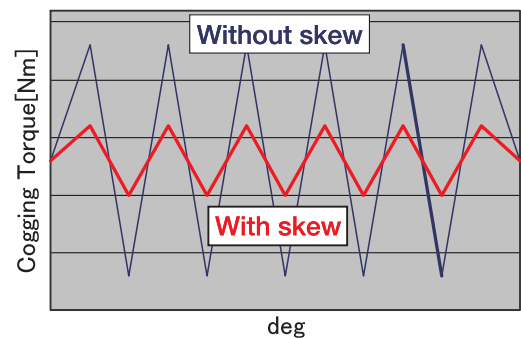


Fig.10-b Cogging torque reduction by the skew angle

5. Assurance of Operating Reliability of Electric Oil Pump System

The method adopted for controlling the motor is 180-degree sensorless vector control. As the name implies, this control method does not use any sensors such as an encoder, resolver or magnetic sensor. The counter electromotive voltage from rotating motor obtained with the 3-phase wiring inside the controller is detected, and the rotor position (magnet pole position) and speed are estimated to facilitate permanent magnet (hereafter PM) motor control. Because counter electromotive voltage is low when the motor is started and when it is operating at low speed, the rotor position cannot be detected. For that reason, startup sequence control was adopted to rotate the rotor magnets in synchronization by means of forced commutated current, and a transition to sensorless control is made once the speed is raised to a level where counter electromotive voltage can be detected.

180-degree vector control is performed without any Off-time for each phase. The upper or lower level switching elements of each switch is always On. Table 1

電動オイルポンプによって吐出される油圧値は車両の状態により要求が変動する。その要求変動に対応するため「トルク制御」を採用した。これにより油圧要求の変動に合わせた回転（油量）の調整が可能となり、安定した油圧が供給できることを意味する。

一方で、吐出側の構成部品の状態により、電動オイルポンプに加わる負荷が変動する。トルク制御はその目標がトルク（電流）であるため、負荷変動により、回転も同時に急変動した場合には、同期が失われて脱調する可能性がある。このように、トルク制御は、目標トルクに合わせて回転を自由に変動させ、効率よく安定した油圧を発生できる一面、負荷の急激な変動があると、回転数の急激な変動を引き起こすこととなり、それによりさらに負荷変動が大きくなる、という面をもつ。具体例を挙げるとセレクト時などのマニュアル弁操作、およびエンジン始動時に直結されているメカオイルポンプの急激な吐出変動、変速クラッチ、およびブレーキの油量変化等である。それらの急変化時の作動詳細をFig. 11に示す。

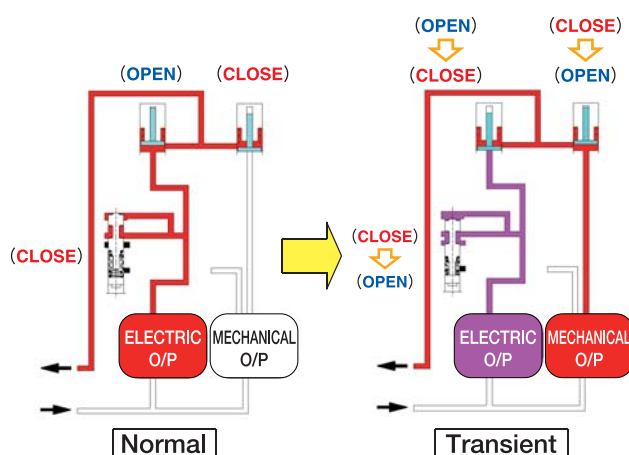


Fig.11 An example of sudden flow change during clutch shift

これらの過渡的な走行シーンにおいて、脱調を予防するために様々な制御を導入した。

● 起動シーケンス加速レート時間の導入

電動オイルポンプはフラップ弁、およびリリーフ弁が閉じている状態からのゼロ回転からの起動が必要であり、『リリーフ弁を開放させながら回転数を上昇させる』という条件からの起動を毎回行う。（Fig. 12）

shows the power supply timing for this control procedure.

The hydraulic pressure that the electric oil pump is required to discharge varies according to the vehicle situation. Torque control was adopted to deal with fluctuations in the demanded pressure. This control allows the pump motor speed (i.e., flow rate) to be adjusted to match such fluctuations, thus enabling a stable supply of hydraulic pressure.

On the other hand, the load applied to the electric oil pump varies according to the condition of the component parts on the discharge side. Because the object of torque control is to deal with torque (i.e., current), load variations can cause sudden simultaneous changes in the motor speed as well. In such cases, the motor may lose synchronism. This means that there are two aspects to torque control. One is that it can flexibly vary the motor speed to match the target torque, thereby enabling efficient generation of stable hydraulic pressure. The other aspect is that it can give rise to sharp changes in motor speed when the load varies suddenly, thus making the load change even bigger.

Specific examples include manual valve operation such as when the driver operate shift lever from neutral position to drive position, sudden variation in the discharge rate of the directly connected mechanical oil pump at the time of engine start, and changes in the fluid flow rate to the shift clutches and brakes. Fig. 11 shows the details of the system operation when such sudden changes occur. Various controls were adopted to prevent loss of motor synchronism in such transient driving situations.

● Introduction of startup sequence acceleration rate time

The electric oil pump must start up from a zero speed state with the flapper valve and relief valve closed. The pump is started every time from a condition of a rising speed while opening the relief valve (Fig. 12).

However, because of its no response characteristics, the relief valve does not open immediately in such a driving situation. As a result, a high fluid pressure condition develops in the electric oil pump because the ATF is rapidly pressurized at the moment the electric oil pump begins to operate. There was concern that the motor might lose synchronism by not being able to

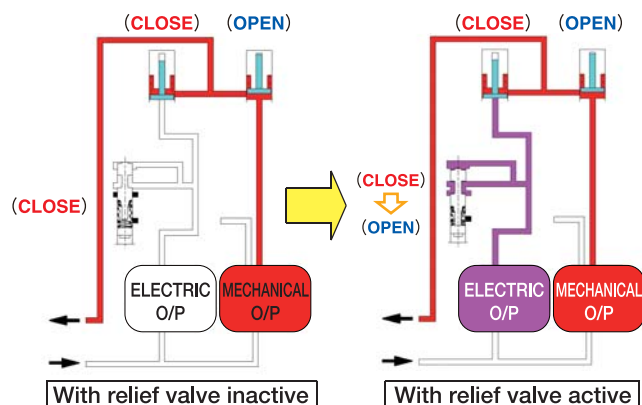


Fig.12 Electric oil pump startup scenario

上記走行シーンにおいて、リリーフ弁は不感帯を持っておりすぐには開放しないため、電動オイルポンプが回転開始すると同時に急激に加圧されたATFが電動オイルポンプ内部で高圧状態となり、起動シーケンス転流電流に対してローターマグネットによる駆動力の追従ができず脱調する懸念がある。本課題を解決する手段として、起動シーケンスパラメータの転流電流加速レートをATF油温毎の起動抵抗に合わせて設定する制御を採用した。(Fig. 13)

● 固定トルク制御の導入

電動オイルポンプは、「センサーレストルク制御」を導入しているため、起動シーケンスからセンサーレス運転への移行状態は、起動シーケンスで十分に誘起電圧が検出可能となった時点から実施される。よって、起動シーケンスでは、ロータリーマグネットを確実に追従させるため、通電電流を高め維持して出力する。しかし、センサーレスへの移行直後状態において、目標トルクに見合った電流に向かって電流が小さくなる。よって、起動シーケンスからセンサーレス制御の移行過渡期において、トルクが小さくなり脱調する懸念がある。本課題を解決する手段として、ある一定期間の不安定な領域の目標トルクを起動シーケンス同様ほぼMAXトルクとする制御を採用した。Fig. 14に解説図を示す。

follow the drive torque produced by the rotor magnets in relation to the commutated current in the startup sequence. As a method for resolving this issue, a control procedure was adopted that sets the commutated current acceleration rate, which is the startup sequence parameter, to match the startup resistance at each fluid temperature level (Fig. 13).

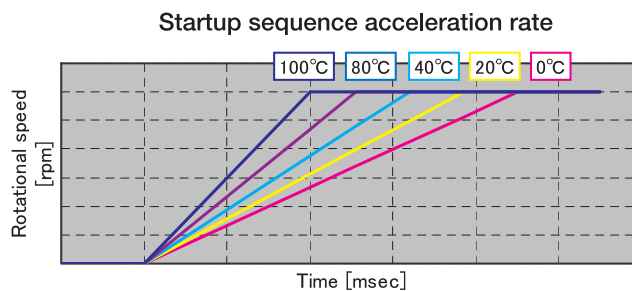


Fig.13 Startup sequence acceleration rate

● Introduction of fixed torque control

Because the electric oil pump adopts sensorless torque control, the transition from the startup sequence to sensorless operation is made from the time when the induced voltage can be fully detected in the startup sequence. Therefore, the applied current is maintained and output at a slightly higher level in the startup sequence in order to make the rotor magnets follow the current reliably. However, immediately after the transition to sensorless control, the current decreases toward the current level commensurate with the target torque. Accordingly, there was concern that the motor might lose synchronism because of the decline in torque in the transient period during the transition from the startup sequence to sensorless control. As a method for resolving this issue, a control procedure was adopted that keeps the target torque in this unstable region of a certain duration at nearly the maximum torque level

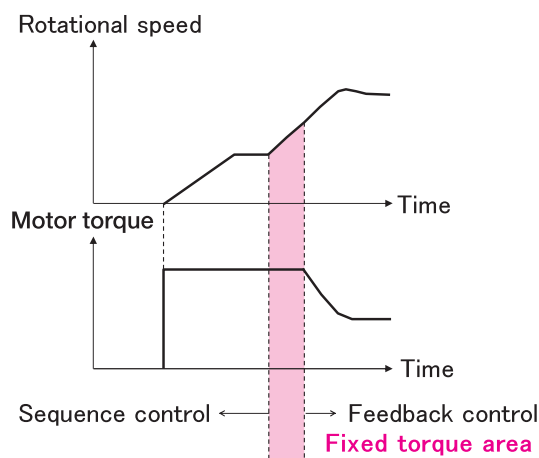


Fig.14 Fixed torque area

●回転変動抑制制御（レートリミッタ）の導入

本電動オイルポンプはトルク制御のため回転が負荷により変動するという特徴を持っている。従って、ニュートラルからDレンジにセレクトする等の過渡的な操作を行うと、瞬間的に著しく油圧が変動する可能性がある。このような走行シーンにおいて電動オイルポンプが過度に回転数を変化させないようにして、急激な負荷変動を抑制し、脱調を防止する制御を採用した。具体的にはFig. 15に示すようなレートリミッタを設定し、電動オイルポンプの急加減速を抑制している。

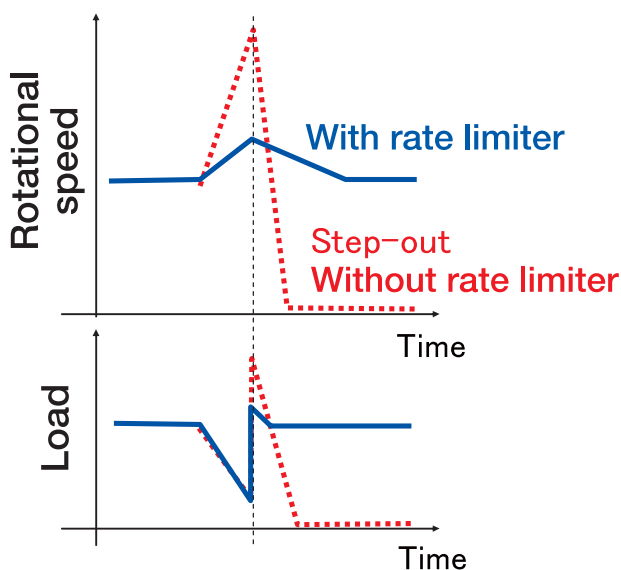


Fig.15 Effect of rate limiter

●電動オイルポンプ回転数最適化制御の導入

電動オイルポンプは、油温が変化すると、ポンプサイドクリアランスの変化や、ATF粘度の変化により、必要となる回転が変化する。回転が高すぎるとポンプノイズが課題となり、回転が低すぎると、油圧供給が安定しない。そこで本電動オイルポンプでは、Fig. 16に示すようなポンプ回転数の最適化制御を採用した。具体的には油温に応じた最適な回転数領域に入るような制御を実施している。

●暖機制御の導入

極低温からの車両起動時に電動オイルポンプが必要となるATF油温（EV走行が許可される油温）に到達したところで電動オイルポンプを駆動させる場合、今まで駆動していないポンプ吸入部の配管内部ATF

comparable to that of the startup sequence. The diagram in Fig. 14 explains this fixed torque control.

● Introduction of a rate limiter to suppress speed fluctuations

Because of the application of torque control, the electric oil pump is characterized by speed fluctuations due to load variation. Consequently, the hydraulic pressure could markedly vary momentarily when the driver executes a transient operation such as moving the shift lever from neutral to the drive range. A control procedure was adopted that keeps the operating speed of the electric oil pump from changing excessively in such driving situations, thereby suppressing sudden load changes and avoiding the loss of synchronism. Specifically, the rate limiter is defined as shown in Fig. 15 to suppress any sudden acceleration or deceleration of the electric oil pump.

● Introduction of optimal speed control of the electric oil pump

Fluid temperature variation causes the pump side clearance and ATF viscosity to change, which has the effect of changing the operating speed required of the electric oil pump. Too high speed produces a noise issue and too low speed results in an unstable supply of hydraulic pressure. To avoid that, an optimal speed control was adopted for the electric oil pump as shown in Fig. 16. Specifically, this control functions to keep the pump operating speed in the optimal range in relation to the fluid temperature.

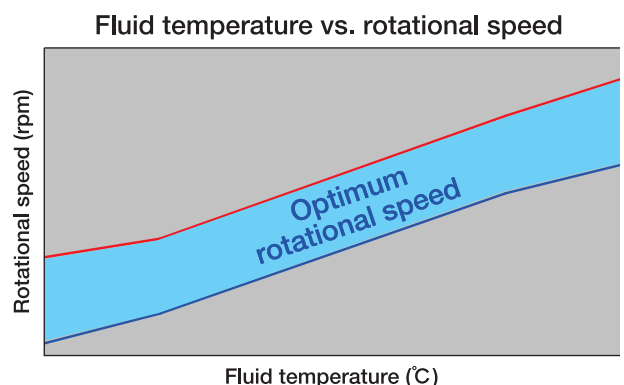


Fig.16 Optimal operating speed control

● Introduction of warm-up control

When the vehicle is started at a very low temperature, the electric oil pump begins to operate

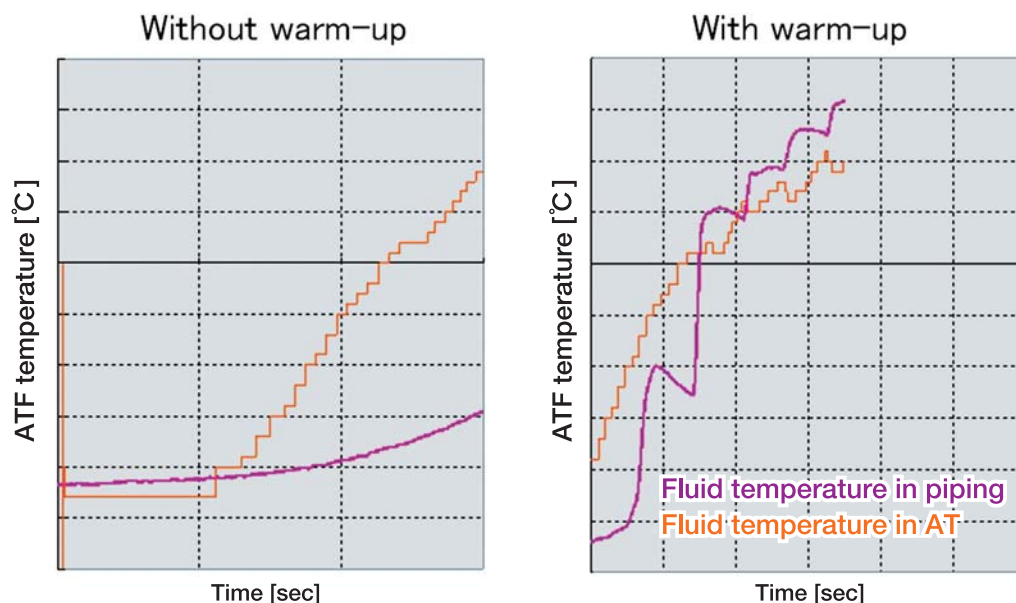


Fig.17 Warm-up test results

油温とユニット内部ATF油温との乖離が発生している為、ATFの粘度負荷が高く脱調してしまう懸念がある。本課題を解決する手段として、電動オイルポンプ作動要求が来る前に予め配管内のATFをATユニット内の暖められたATFと入れ替え、ATユニット内部と配管内部のATF油温を同等とする制御を採用した。Fig. 17に解説図を示す。

6. まとめ

ハイブリッド車において、EV走行においてもクラッチ油圧を保ち良好に油圧供給できる電動オイルポンプを開発することができた。

最後に本稿を記載するにあたり、ご協力いただいたジヤトコ関係部署の方々ならびに日産自動車株式会社、株式会社日立カーエンジニアリングに感謝の意を評したい。

once the ATF temperature reaches the level needed for pump operation, i.e., the fluid temperature at which EV driving is possible. At that time, the temperature of the unused ATF in the piping on the pump suction side is different from the temperature of the ATF in the transmission. There was concern that the higher load by high ATF viscosity might cause a loss of synchronism. As a method for resolving this issue, a warm-up control procedure was adopted that equalizes the temperatures of the ATF in the transmission and in the piping. That is accomplished by replacing the ATF in the piping with warmed-up ATF from transmission in advance before a request for electric oil pump operation is received. The diagrams in Fig. 17 explain this warm-up control procedure.

6. Conclusion

This article has described a new electric oil pump developed for hybrid vehicles to provide a stable supply of hydraulic pressure for maintaining the required clutch pressure levels even during EV driving.

At the end, we would take this as a opportunity to thank departments within and outside in the company for their tremendous cooperation with the development of this electric oil pump.

In addition, control method of this electric oil pump was developed jointly with Hitachi Car Engineering Co., Ltd.

7. 参考文献

- (1) 早崎 康市他4名
『1モータ2クラッチパラルフルハイブリッドシステムの開発』第61回自動車技術会賞
- (2) 松井 弘毅他4名
『1モータ2クラッチパラルフルハイブリッドシステムの正常進化』
自動車技術会学術講演前刷集
291-20135367(2013)
- (3) 土川 晴久他4名
『新パラルフルハイブリッドシステムの開発』
自動車技術会学術講演前刷集
419-20115373(2011)

7. References

- (1) Hayakawa Kouichi (1 Motor 2 Clutch parallel full hybrid system development) 61st J-SAE Awards (in Japanese)
- (2) Matsui Hiroki (1 Motor 2 Clutch parallel full hybrid system normal evolution) J-SAE before printing collection 291-20135367(2013) (in Japanese)
- (3) Tsuchikawa Haruhisa (New parallel hybrid system development) -SAE before printing collection 419-20115373(2011) (in Japanese)

■ Authors ■



Yukihiro SANO



Hideki ISHII



Masaki SHIMAKURA



Tatsuya OSONE

コンベ車用CVTとHEV用CVT混流組立ラインの紹介

Introducing the Model Mix Assembly Line for Conventional CVT and HEV CVT

兼田 幸史*
Yukihito KANEDA

鈴木 優*
Masaru SUZUKI

秋山 智宏*
Tomohiro AKIYAMA

岡 良行**
Yoshiyuki OKA

長江 大輔***
Daisuke NAGAE

抄 録 ジヤトコは従来からのENG車(以下「コンベ」
する。)用CVT生産ラインを、ハイブリッド車(以下
「HEV」とする。)用CVTを混流して生産出来る組立
ラインへの改造を行ない、2013年07月に量産を開
始した。本組立ラインでは、各自動車メーカーの車両
に搭載される中大型CVTを生産しており、生産台
数の変動や将来の機種増加にも柔軟に対応すると
共に高品質を確保している。

本稿では混流組立ラインの概要と工程設計の考
え方を紹介する。

Summary JATCO modified the production line
used so far for conventional CVTs into an assembly
line for also producing CVT hybrid electric vehicles
(hereafter HEV). Mass production was started on this
model mix assembly line in July 2013. This assembly
line builds medium and large capacity CVTs for use
on the vehicles of various automakers. It can flexibly
accommodate production volume fluctuations and
future additions of other transmission models as well
as ensuring high product quality. This article presents
an overview of this model mix assembly line and the
concepts incorporated in the process design.

1. はじめに

新世代FF車中大容量用CVTとして開発された
Jatco CVT8(以下「CVT8」とする。)は、従来からの
コンベ用と併せてHEV用がラインナップされる事とな
った。これに対応するため、既存の八木工場CVT組
立ラインを改造し、同一ラインで従来機種である中容
量CVT(以下「JF011E」とする。)と併せてHEVを含
むCVT8を効率的に生産可能とする混流組立ライン
への改造を行った。

コンベ用の既存設備を可能な限り活用した上で、
HEV専用工程は独立化させる事で、投資や工数の
抑制と生産変動へのフレキシビリティ向上に努めた。

1. Introduction

The Jatco CVT8 (hereafter CVT8) was developed
as a new generation medium and large-capacity CVT
for use on FWD vehicles, giving JATCO a product
lineup combining existing conventional CVT with
CVTs for hybrid electric vehicle (hereafter HEV
CVT) application. In order to produce, the existing
CVT assembly line at the Yagi Plant was modified
into a model mix assembly line that facilitates
efficient production of the conventional JF011E
medium-capacity CVT, conventional CVT8 and
CVT8 HEV on the same line.

The processes specific to HEV CVT were established
independently while making the maximum possible use
of the existing facilities of the conventional CVT line.
In this way, every effort was made to hold down capital
investment and manpower requirements and also to
improve flexibility for accommodating production
volume fluctuations.

* 組立技術課
Assembly Process Engineering Section

*** ユニット実験部
Experiment Department

** 八木・京都工場技術課
Yagi & Kyoto Plant Engineering Section

2. ライン概要

2. Line Overview

2.1. 概要

所在地 : 八木工場
 量産開始時期: 2013年07月
 能力 : 43,000台/月
 上記にはHEV4,000台/月を含む
 面積 : 5,400m²
 自動化率 : 36%
 生産機種数 : JF011Eコンベ 6機種
 CVT8コンベ 4機種
 CVT8 HEV 2機種

2.1. Profile

Location : Yagi Plant
 Production start date : July 2013
 Capacity : 43,000 units/month including
 4,000 HEV/month
 Area : 5,400 m²
 Automation rate : 36%
 Number of models produced:
 Conventional JF011E: 6 models
 Conventional CVT8: 4 models
 CVT8 HEV: 2 models

2.2. プロセスフロー

Fig. 1にHEV混流化改造後の本組立ラインの工程の流れを示す。既存ラインの構成を踏襲した上で、以下に該当する工程についてはコンベ共用とせず、専用化した。

- HEV専用工程で有り、且つ1工程当たりの必要工数が高い工程
- コンベとの共用化に対する投資が高額であり、且つ専用化する事に因る投資削減効果が得られる工程

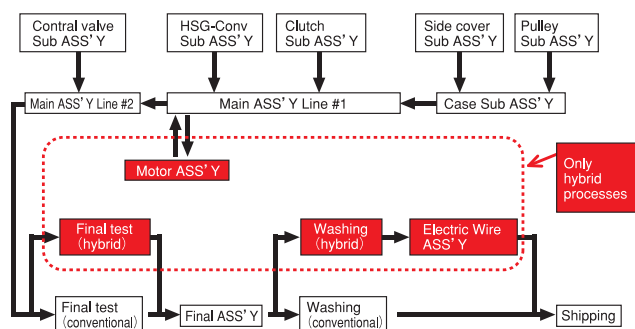


Fig.1 Flow of CVT assembly process

3. ライン特徴

以下にHEV混流生産に於ける特徴点を紹介する。

3.1. コンベ共用工程

生産前サイクル活動に於いて、コンベとHEVの部品及び組付方法の共用化を高める事に因り、工程の約80%をコンベとHEVで共用化した。更に既存の

2.2. Process flow

Fig. 1 shows the flow of operations of assembly line after being converted it for model mix production of conventional CVT and HEV CVT. Based on the configuration of the existing line, the following processes were established exclusively for HEV CVT without sharing them with conventional CVT.

- Processes which are specific for HEV CVT and required large manpower per process.
- Processes required large capital investment if facilities were common for conventional CVT and HEV CVT and investment reduction benefit can be obtained by establishing exclusive production facility.

3. Line Features

This section describes the features of model mix production of conventional CVT and HEV CVT.

3.1. Shared processes with conventional CVT

In the simultaneous activities carried out prior to the production start, efforts were made to commonalize parts and installation methods between conventional CVT and HEV CVT. As a result, approximately 80% of the processes are shared in common by the two types of CVTs. In addition, existing island-like operations were incorporated into the main line processes to increase the degrees of freedom for organizing work according to production volume fluctuations. As a result, this made it possible to suppress capital investment and manpower requirements.

島工程をメイン工程に取り込む等、生産台数変動に伴う作業編成の自由度を高めた。これに伴い、投資・工数の大幅な抑制を達成出来た。

3.2. モーター組付工程

3.2.1. モーター組付工程全般

モーター組付に於いては当社の7速HEV用TM(以下「JR712E」とする。)用組立ライン形態を踏襲し、独立した専用工程とした。(Fig. 2)

工程の柔軟性を高めるために汎用設備を用いた手作業中心のラインとし、サイマル活動の作業検証結果に基づく各工程での作業高さ最適化に因り作業性の向上を図った。

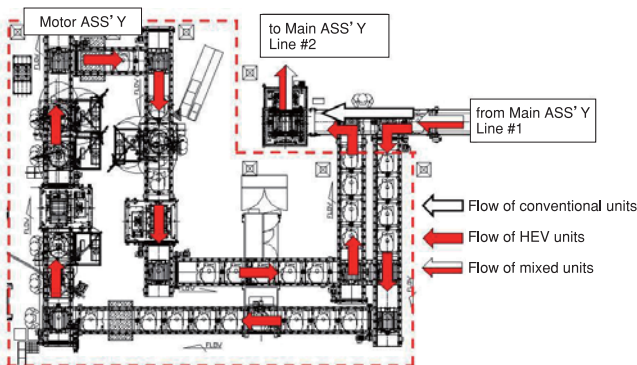


Fig.2 Motor assembly line

3.2.2. コンベとの混流生産対応

モーター組付工程の設置場所については、ユニットの構造や組立工程のユニット姿勢等を総合的に考慮した結果、メイン前半工程とメイン後半工程の間に設置する事とした。組立ラインの途中にHEV専用工程を設置する事に伴い、本工程の前後で生産順序が変わってしまう事に対応するため、HEV生産ロットを等間隔に分割させ、2ロット遅れで再合流させる仕組みとした。これによりコンベ共用部とモーター組付工程の能力差を解消する事が出来た。(Fig. 3)

3.3. ファイナルテスターの開発

3.3.1. モーター駆動用汎用インバーターの開発

ファイナルテスターに於いて最適な条件でモーターを駆動させるための汎用インバーターを、Mywayプラス(株)と協同開発した。これに因り特性の異なるモーターを有するHEVを混流生産する事を可能とした。

3.2. Motor assembly line

3.2.1. Overall motor assembly line

An independent line exclusively for motor assembly was established based on configuration of the assembly line for JATCO's JR712E 7-speed automatic transmission for RWD HEV (Fig. 2). The line was designed around manual operations using general-purpose equipment in order to enhance process flexibility. Working ease was improved by optimizing the job volume in each operation based on the results of a workability investigation conducted through simultaneous activity by development and production engineers.

3.2.2. Facilitating common production of conventional CVT and HEV CVT

The motor assembly line was positioned between the first and second halves of the main line based on the results of a comprehensive consideration of the transmission structure and the condition of the unit during assembly operations. The positioning of this HEV CVT specific process in the middle of the main assembly lines causes the order of production to change at that process. To deal with that situation, the HEV CVT production lots are divided at an equal spacing and rejoined with the conventional CVT again with a two-lot delay. This arrangement eliminates any difference in capacity between the processes shared with the conventional CVT and the motor assembly line (Fig. 3).

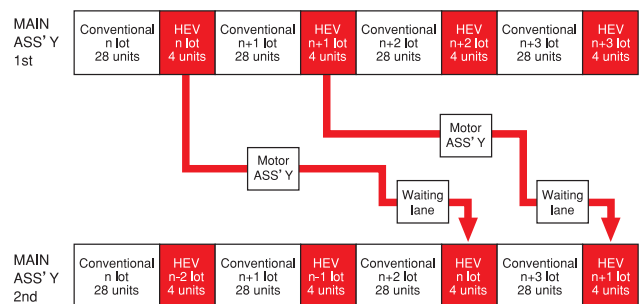


Fig.3 Flow of motor assembly process

3.3. Development of a final tester

3.3.1. Development of a general-purpose inverter for driving the motor

A general-purpose inverter was developed jointly with Myway Plus Corporation for driving the motor under optimal conditions in the final tester. This inverter facilitates made possible common production of HEV CVT with different motor characteristics.

3.3.2. 強電ハーネスの治具化

モーターへ電力供給する強電ハーネスは、搭載車両毎に長さや形状が異なり、今後の汎用性に課題となる事が事前検討で判明した。そこでファイナルテスターで用いる強電ハーネスを治具化してファイナルテスターの直前直後で着脱し、出荷用の強電ハーネスは、本組立ラインの最終工程に設定した。

これに伴い強電ハーネスを取り付けた状態での工程を最小限とする事で、共用組立工程での干渉と作業性悪化を極小化する事が出来た。(Fig. 4)

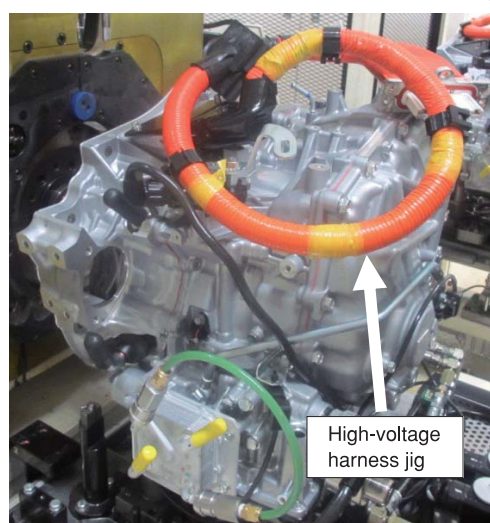


Fig.4 High-voltage harness jig

3.3.3. コンベ用既存設備との構造共用化

本計画に於いてはHEVファイナルテスターの改良に伴うコンベ生産への影響を回避するためにHEV専用設備としたが、将来のコンベとHEVの設備共用化や設備の転用改造等を見越し、入出力伝達機構は既存コンベ用ファイナルテスターを踏襲した。

尚、従来は別設備としていたファイナルテスターとギアノイズテスターを統合したマルチテスターとする事で、汎用インバーター等の投資抑制と共に搬入出動作削減に伴うテスト時間削減を実現する事が出来た。(Fig. 5)

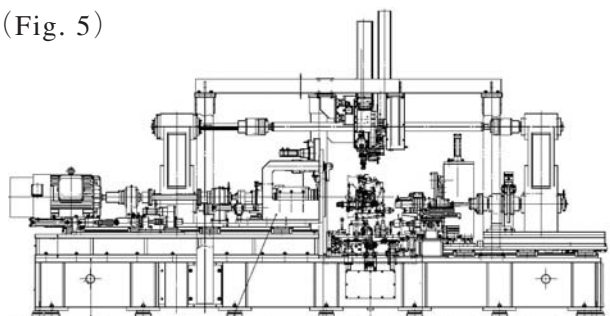


Fig.5 The appearance of the final tester

3.3.2. Creation of high-voltage cable jig

The length and shape of the high-voltage cable that supplies electricity to the motor differ depending on the vehicle model. Issues mentioned above about various applications in future were clarified in an advance study. Therefore, a jig was created for the high-voltage cable used in the final tester. This cable is attachable & detachable just before and after the final tester. The high-voltage harness for shipment is installed in the final process of the assembly line.

As a result, this minimizes the operations in which work is done with the high-voltage cable fixed on transmission, thereby reducing as much as possible any interference with and deterioration of workability in the shared assembly processes (Fig. 4).

3.3.3. Sharing of structures with existing facilities for conventional CVT

Dedicated HEV CVT facilities were adopted in this project to avoid any influence on the production of conventional CVT in connection with the improvement of the final tester for accommodating HEV CVT. However, the mechanisms for transmitting inputs/outputs were based on the existing final tester for conventional CVT with an eye toward the future sharing of facilities between conventional CVT and HEV CVT, or remodeling of facilities for diverted use and other possibilities.

A multi-tester was developed that integrates the final tester and the gear noise tester, which previously were separate facilities. This held down capital investment in the general-purpose inverter and other equipment. It also worked to shorten the testing time by reducing the work involved in carrying in and out CVT before and after testing (Fig. 5).

3.4. HEV CVT exterior washing process

A washing machine was newly installed for cleaning the exterior of HEV CVT because the motor and other electric components are in an exposed condition on HEV CVT. This washing machine is based on the structure of the washer adopted on the assembly line of the JATCO's JR712E 7-speed automatic transmission for RWD HEV, which has the same basic configuration, except that the electric components do not go inside the machine. One notable feature is that a replaceable water-

3.4. ユニット外観洗浄工程

ユニット外観洗浄に於いては、CVT8 HEVはユニット単体状態ではモータ等の電装部品が露出する構造となっているため、同様の構造を持つJR712E用組立ラインで採用した電装部品を洗浄機本体に入れない構造を踏襲した洗浄機を新設した。尚、今後のバリエーション拡大に対応するため、遮水板は交換可能な構造とした。(Fig. 6)

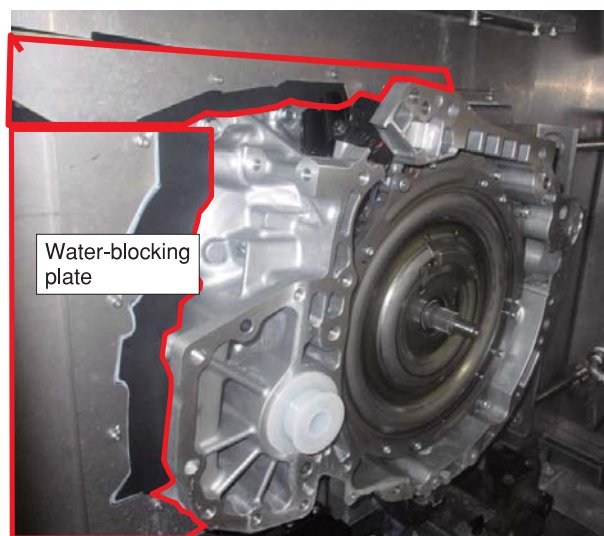


Fig.6 The appearance of the washing machine

4. 終わりに

本稿では既存CVT組立ラインに対するHEV混流生産について、ライン概要と工程設計について紹介した。本ラインを立ち上げる事が出来たのは、直接生産に携わる方々に留まらず、設備メーカー・開発・実験・試作・品質保証といった関係諸氏に御協力頂いた事に他ならない。この場を借りて感謝の意を表したい。

今後、HEVとコンベの混流化はより必要性を増す事になると予想されるため、更なる技術開発を進める必要がある。又、八木工場CVT組立ラインに留まらず、他ラインへの展開や更なる発展を期待する。

blocking plate was adopted in order to accommodate expansion of CVT variations in the future (Fig. 6).

4. Conclusion

This article has described how the existing CVT assembly line was modified to facilitate model mix production with CVT for HEV application. An overview of the line was presented along with describing the process design. Start of this model mix assembly line was made possible by the tremendous cooperation received from many people. This included not only persons directly involved in production but also from equipment manufacturers and people in the company's product development, testing, prototyping and quality assurance departments. We would like to take this opportunity to thank everyone involved.

It is expected that the need for model mix production of conventional CVT and HEV CVT will increase in the future, making it necessary to proceed with further technological development activities. It is envisioned that model mix production will not stop with CVT assembly line as Yagi plant but will be extended to other lines along with undertaking further development efforts.

5. 参考文献

土屋伸介, 永澤泰介, 池田淳一, 斉藤寿, 高橋潤:
CVT1&CVT3混流組立ラインの紹介, JATCO
Technical Review, No.5, pp.60-64, (2004)(in Japanese)

5. Reference

Shinsuke TSUCHIYA, Taisuke NAGASAWA,
Junichi IKEDA, Hisashi SATO and Jun
TAKAHASHI, Overview of the CVT1 and CVT3
Mixed Assembly Line, JATCO Technical Review,
No. 5, pp. 60-64 (2004) (in Japanese).

■ Authors ■



Yukihiro KANEDA



Masaru SUZUKI



Tomohiro AKIYAMA



Yoshiyuki OKA



Daisuke NAGAE

Jatco CVT8 HYBRID生産のためのフレキシブルライン紹介

Introducing the Flexible Assembly Line for Jatco CVT8 HYBRID Production

赤井 智之*
Tomoyuki AKAI

斎藤 寿*
Hisashi SAITOU

高橋 潤***
Jun TAKAHASHI

馬田 亮一*
Ryouichi UMADA

長江 大輔**
Daisuke NAGAE

抄 録 ジヤトコでは、'12年1月に八木工場に、Jatco CVT8(以下「CVT8」とする。)の組立を行うラインを新設した。本ラインでは、アルティマ、パスファインダー、セレナなど日産自動車(株)向け車両に搭載する上記CVT8を生産しており、さらに、Jatco MEXICO(以下「JMEX」とする。)にライン移管して、Jatco CVT8 HYBRID(以下「CVT8 HYBRID」とする。)を生産するためにフレキシブル性と立上げの容易性を追求している。

本稿では、このフレキシブル組立ラインの概要と工程設計について紹介する。

Summary In January 2012, JATCO installed a new assembly line at the Yagi Plant for producing the Jatco CVT8 (hereafter CVT8). This line produces the CVT8 adopted to Altima, Pathfinder, Serena and other models of Nissan Motor Co., Ltd. Flexibility and ease of launching were also pursued for transferring the line to JATCO Mexico (hereafter JMEX) for producing the Jatco CVT8 HYBRID (hereafter CVT8 HYBRID). This article presents an overview of this flexible assembly line and describes the process design.

1. はじめに

本ラインは、CVT8系の中でも、新規採用したチェーン式ユニットを、開発と生産が一体となった生産準備を行いながら品質改善を実施するために、日本で立上げ、その後海外サイトへ移管を行うこととした。

また、将来の海外でのCVT8 HYBRIDの生産を念頭において工程設計をしており、工程設計段階で未確定仕様が多くのCVT8 HYBRID生産のためにフレキシブル性を考慮した組立ラインを実現した。

さらに、ラインレイアウトも海外工場への設置も考慮し、海外への移設を容易にした。

1. Introduction

Among the CVT8 series units, the product development and manufacturing departments worked closely together to prepare this line for producing a unit featuring a newly adopted chain. It was decided to launch production in Japan first in order to implement quality improvements and then transfer the line to the JMEX plant later.

The process design was developed with consideration about future production of the CVT8 HYBRID at overseas plants. Flexibility was embodied in the assembly line for producing the CVT8 HYBRID because many of its specifications were still undecided at the stage of developing the process design.

Installation of the assembly line at overseas plants was considered as well as line layout was planned to get it transferred overseas easily.

* ユニット技術部
Production Engineering Department

*** ジヤトコメキシコ
JATCO MEXICO S.A DE C.V

** ユニット実験部
Experiment Department

2. ライン概要

2. Line Overview

2.1. 概要

所在地 : 八木工場 ⇒ JMEX
 量産開始時期 : 2012年01月(八木)
 2013年09月(JMEX)
 能力 : 12,000台/月
 面積 : 800 m²
 自動化率 : 12%
 生産機種数 : CVT8 2機種
 CVT8 HYBRID 2機種

2.1. Profile

Location : First Yagi Plant
 And transferred to JMEX
 Production launch dates : January 2012 (Yagi)
 September 2013 (JMEX)
 Capacity : 12,000 units/month
 Area : 800 m²
 Automation rate : 12%
 Number of models produced : CVT8: 2 models
 CVT8 HYBRID: 2 models

2.2. プロセスフロー

Fig. 1にユニット組立ラインの流れを示す。各サブラインで組立てられたサブASSYは、それぞれメインライン#1～#3へ供給されてメインASSYを行い、その後、ファイナルテストを経て出荷する。

2.2. Process flow

Fig. 1 shows the flow of the unit assembly process. The sub-assemblies built on each of the sub-lines are supplied to main lines #1 to #3 for the main assembly operations. Fully assembled units go through the final test line and are then ready for shipment.

2.3. レイアウト

メインラインは、組付部品数およびそのバリエーションが多い。そのため、専用のマーシャリングコンベアを設置し、KIT供給を行うことで、フレキシブル性の追求と部品供給エリアの最適化、及びレイアウトの成立性を図った。

また、レイアウトはJMEXへの設置時の制約から、縦: 50m×幅: 16mの約800m²に入るようにレイアウトプランを行った。

一方、CASEサブ・HSGサブなどのサブラインではワーク搬送のためのワークベース(以下「W/B」とす

2.3. Layout

There are many parts and part variations installed on the main lines. For that reason, a dedicated marshalling conveyor was adopted and parts are supplied in kits. These steps were taken to pursue flexibility, optimize the parts supply area and also ensure the feasibility of the line layout.

The line layout was planned to fit in an area of approximately 800 m², measuring 50 m long x 16 m wide, in consideration of the installation space constraints at JMEX.

The installation floor space needed for the case

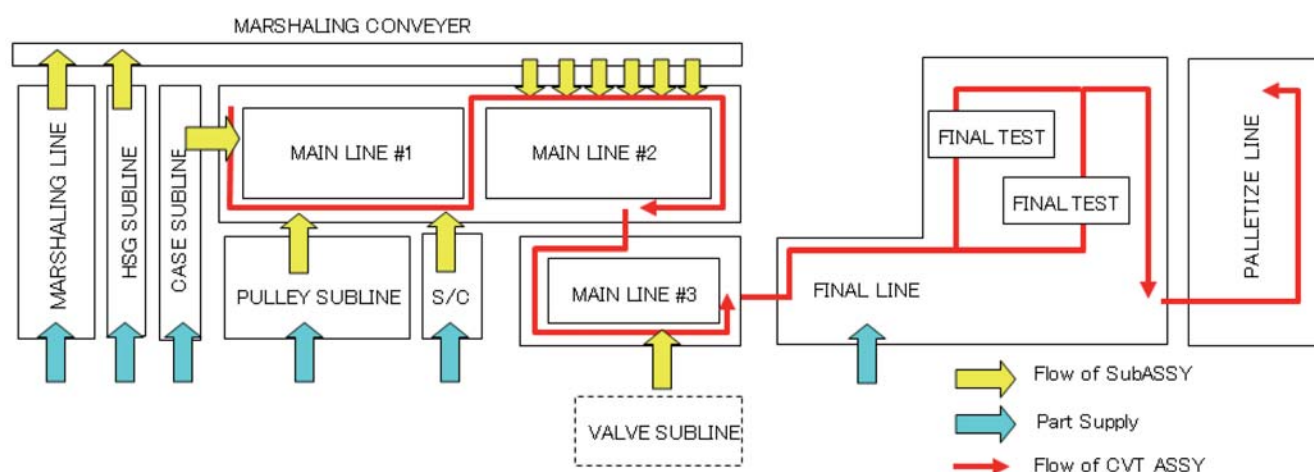


Fig.1 Flow of CVT assembly

る。)を使わないことで搬送設備を排除し、設置面積の縮小を図った。これにより、同じ八木工場に設置しているCVT8組立ラインに比べて単位生産量あたりの設置面積を約30%削減させ、JMEXのエリア内に設置可能となった。

3. ラインの特徴

以下に、特にフレキシブル性追求及び面積縮小のために実施した内容について説明する。

3.1. メインラインのフレキシブル性追求

メインラインは様々なユニットの組立を想定し、汎用性を考慮した。そのため、従来メインラインに設置することが多い専用の圧入機、専用の計測機をCASEサブやHSGサブに設置して、メインラインにはロボットを使用した自動組立装置、または手作業工程のみとした。

これにより、将来大幅な改造が必要な新機種が設定された場合でも、メインラインの影響を最小限にするようにした。

3.2. 締付工程の汎用工程化

締付工程は、フレキシブル性確保のために位置検出機構付ハンドナットランナー使用による手作業工程を前提とした。全自動設備は、下記の場合のみとした。

- ・締付本数が多く、その位置バリエーションも多い場合（ロボットによる締付）
- ・締付トルクが高い場合

これらにより、同時に投資削減と面積縮小も実現している。（Fig. 2～Fig. 4参照）

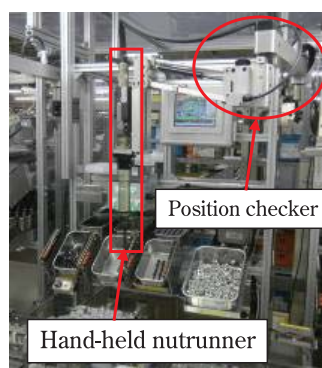


Fig.2 Hand-held nutrunner with position checker



Fig.3 Guidance for tightening order



Fig.4 Automatic tightening machine using NC

sub-line, housing sub-line and other sub-lines, on the other hand, was reduced by eliminating conveyors as a result of not using work bases (hereafter W/B) for transferring parts. As a result, the installation floor space per unit production volume was reduced by approximately 30% compared with that of the same CVT8 assembly line installed at Yagi Plant. That footprint reduction made it possible to install the line in the available area at JMEX.

3. Line Features

The following sections explain in particular the measures taken to pursue flexibility and reduce the line footprint.

3.1. Pursuit of main line flexibility

Multi utility was considered into the main lines buildup because it was envisioned that they would assemble various types of CVT. For that reason, dedicated press-fitting machines and special-purpose measuring instruments, which previously have often been installed on the main assembly lines, are installed on the case and housing sub-lines. The main lines consist only of automated assembly equipment using robots and manual operations.

In this way, even if new CVT models requiring major changes are assigned to the main lines in the future, their impact on the main assembly lines will be minimized.

3.2. Adoption of flexible tightening processes

Tightening processes are premised on manual operations using hand-held nut runners with a position detection function in order to ensure flexibility. All-automatic equipment is used only in the following situations.

3.3. KIT供給の活用

組付部品数およびその部品種が多いメインラインについては、KIT供給*を推進した。

特にメインライン#2への供給は、サブASSY部品(HSG&ギヤ)も含めて専用の搬送コンベアとW/B&トレーを設けることで、部品供給シュートをなくし、面積縮小と将来の部品増に対するフレキシブル性を確保した。同時に部品取出しの最適位置化も実現している。(Fig. 5～8参照)

また、バリエーション違いによる異品組付や欠品防止のため、KIT供給時に画像による異品・欠品チェックを実施している。(Fig. 9参照)

*KIT供給 工程に部品供給シュートを設置しないで、1台分の部品をセットで供給すること。



Fig.5 W/B for kitting parts



Fig.6 W/B for kitting parts



Fig.7 Kitting tray ①



Fig.8 Kitting tray ②



Fig.9 Pokayoke by image processing system

- In cases where many places must be tightened and there are many position variations (tightening by robots)

- In cases involving high tightening torque

At the same time, this approach also reduces capital investment and the necessary floor area (Fig. 2-Fig. 4).

3.3. Use of a kitting supply system

The use of a kitting supply system was pursued for the main lines where many parts and part varieties are installed. With this system, the parts for one CVT are all supplied in a kit, rather than using parts feeder chutes.

For main line #2 in particular, parts are supplied via dedicated conveyors and work-bases and trays, including for sub-assembled parts such as housings and cases. This eliminated the use of parts feeder chutes, which reduced the required floor area and also secured flexibility for handling larger volumes of parts in the future. In addition, it also optimizes the positions for picking up parts (Fig. 5-Fig. 8).

When the kits are supplied, an image of the parts is shown on a nearby screen to check for incorrect or missing parts (Fig. 9). This prevents installation of wrong parts due to model variation differences as well as failure to install parts.

3.4. サブラインの面積削減

サブラインについては、設備自体のコンパクト化を狙い、W/Bを廃止した。また、レイアウトの柔軟性を持たせるため、搬送コンベアも廃止し、サブラインの面積削減も実現できた。これによって、将来の専用機追加のためのスペースをも確保できた。(Fig. 10参照)

比較的重量があるCASEやHSGの供給については、W/B廃止によるハンドリング作業を軽減するために、からくりによる供給を行っている。(Fig. 11～12参照)

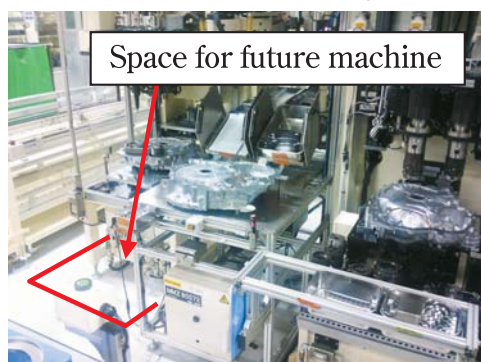


Fig.10 Housing sub-line without W/B

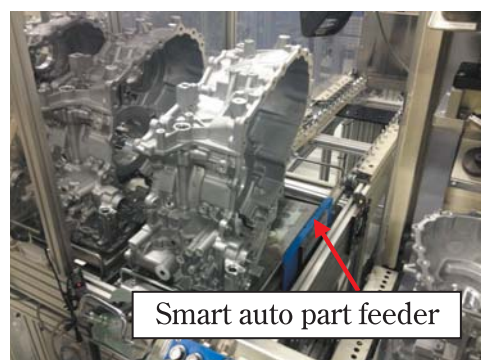


Fig.11 Smart auto part feeder ①

3.5. 新システムの導入 *

サブラインのW/B廃止に伴い、従来から使用していたW/B毎に設置されたメモリ(IDキャリア)による生産指示が困難になるため、新システムを導入した。

近年、急速に採用が拡大されている無線LAN技術を用いて、生産設備に対して直接、生産指示を行うこととした。この際、もっとも懸念される部品のトレーサビリティについては、部品に刻印されているシリアルNOを読み取り、部品と部品の生産記録を1対1で管理することで確保した。

また、従来、IDキャリアで収集していた組立品質情報も、無線LANを利用したタイムリーな収集方式に置き換える事ができた。(Fig. 13参照)

*「IDを使わない生産指示システム」…特許出願中

3.4. Reduction of sub-line floor area

Work-bases were discontinued on the sub-lines with the aim of making the equipment itself more compact. Conveyors were also eliminated to give the layout flexibility, thereby reducing the floor space of the sub-lines as well. As a result, space was also secured for adding special-purpose machines in the future (Fig. 10).

Smart auto part feeders are used to supply cases and housings in order to lighten the workload of handling these relatively heavy parts on account of having discontinued the use of work-bases (Fig. 11-Fig. 12).

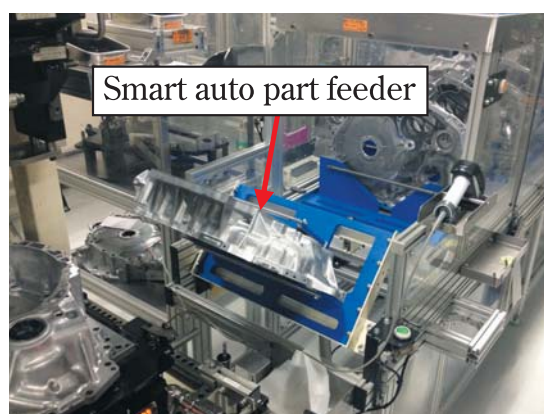


Fig.12 Smart auto part feeder ②

3.5. Implementation of a new production system that does not use ID carriers (patent pending) ①

Previously, production orders were conveyed via a memory device (ID carrier) attached to each work-base. Because work-bases were discontinued on the sub-lines, that practice was no longer possible, so a new system was implemented.

Wireless LAN technology, which has been rapidly and widely adopted in recent years, is now used to transmit production orders directly to the production equipment. The LAN system reads the serial number stamped on each part to ensure one to one management of the production records between individual parts. This ensures traceability of parts, which is one of the issues of greatest concern when transmitting production orders.

The previous method of collecting assembly quality data via ID carriers was also replaced by the new system that provides timely collection of data using the wireless LAN (Fig. 13).

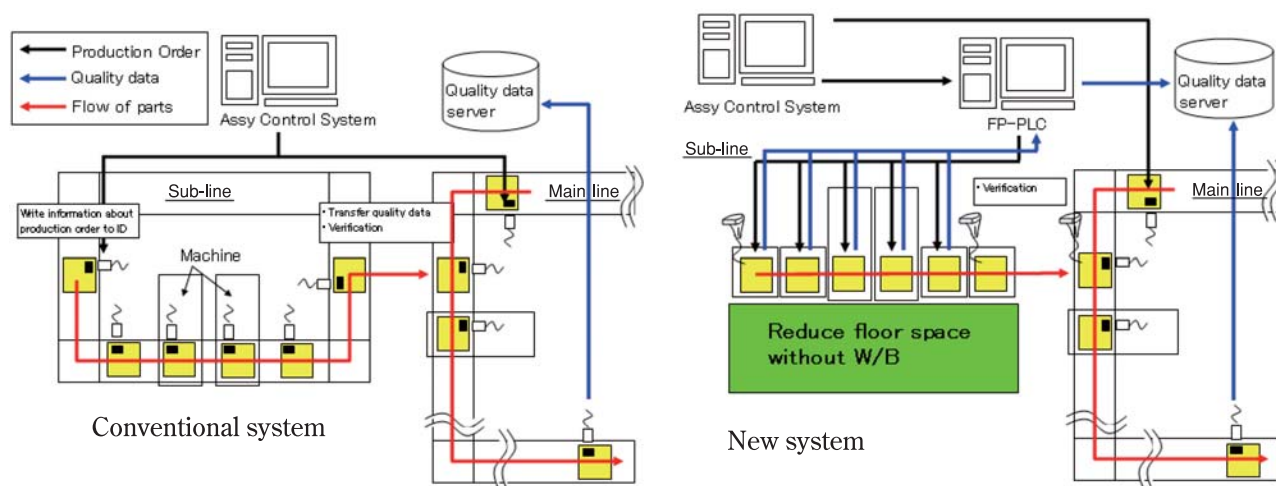


Fig.13 Comparison of new and previous systems

3.6. 新システムの導入

従来、手作業ラインには固定式の組立指示用端末を設置しており、この端末から作業者に対して組立指示情報の表示とピッキングセンサーなどへの部品指示を行っている。本ラインでは、上述の無線LAN技術とタブレット端末を利用することで、手作業ラインにおいて下記を実現した。(Fig. 14~15参照)

- ・生産量が変動した場合や新規ユニットが追加された場合に、自由に工程を移動できる。
- ・タブレットに市販品を使用することで、大幅なコストの削減



Fig.14 Fixed location (Current system)

また、生産ラインにおいては、定期的に組立の管理項目のチェックを行うが、万が一、これらの管理項目に変化があった場合は、いつから傾向が変わっているかを上述の組立システムで確認する必要がある。従来は、ラインサイドにあるサーバーまで行って確認を行っていたが、本ラインでは、この端末を使っ

3.6. Implementation of a new system ②

Fixed monitors for displaying production orders were previously installed on manual work lines. These monitors displayed assembly work information for the line workers and sent instructions to the picking center for selecting the right parts. The use of the wireless LAN technology and tablet PC has achieved the following benefits on manual lines (Fig. 14 & 15).



Fig.15 Flexible location (New system)

- Processes can be flexibly moved whenever production volumes fluctuate or new models are added to the production model.
- Large cost reductions are achieved by using off the shelf tablet PC.

On production lines, periodic checks are made of certain assembly quality control parameters. In the event that a change has occurred in a quality control parameter, it is necessary to confirm when the change first occurred in the CVT assembly line. Previously,

て、その場で確認が行えるようにして、迅速な処置を可能とした。(Fig. 16参照)

同様に、組立のための指示書(標準作業書)をこのタブレット端末に格納しておくことで、いつでもどこでも作業者が作業内容の確認を行えるようにしている。(Fig. 17参照)



Fig.16 Quality data on tablet PC

4. まとめ

本ラインはCVT8工程設計時からCVT8 HYBRIDの生産を考慮しており、メインラインでのCVT8 HYBRID専用工程をなくしている。これにより、CVT8生産時とCVT8 HYBRID生産時の工数差(必要人員の差)の影響が最小になるようにした。

さらに、CVT8 HYBRIDの固有生産技術については、先行する八木工場のCVT8 HYBRID組立ラインと同一とすること、及び、3章で紹介した以下のフレキシブル性の追及により、JMEXでのスムーズな立上げを狙った。

本ラインの特徴をまとめると、

1. メインラインのフレキシブル性追求
2. サブラインのフレキシブル性追求と面積の縮小
3. 締付工程の汎用工程化
4. KIT供給の活用
5. タブレットを使ったフレキシブルな生産システムとなる。

今後は、今回開発できたフレキシブルな生産方式をグローバルに展開・拡大していきたい。

that was done by going to the server installed alongside the line. However, on this flexible line a change can be confirmed on the spot using a tablet PC, making it possible to take corrective action promptly (Fig. 16).

Similarly, assembly work instructions (standard operation sheets) are also stored in tablet PC, enabling workers to confirm work details anywhere and anytime (Fig. 17).



Fig.17 Operation sheets on tablet PC

4. Summary

Production of the CVT8 HYBRID was considered into this flexible line from the stage of the CVT8 process design, and the dedicated processes for the CVT8 HYBRID were eliminated from the main lines. As a result, the impact of differences in manpower requirements between CVT8 production and CVT8 HYBRID production has been minimized.

Moreover, the production engineering specific to the CVT8 HYBRID at JMEX was the same as that for the CVT8 HYBRID assembly line already in operation at the Yagi Plant. Further, the pursuit of flexibility as noted below and described in section 3 was intended to ensure a smooth launch at JMEX. The main features of this flexible line are summarized below.

1. Pursuit of main line flexibility
2. Pursuit of sub-line flexibility and reduction of their floor area
3. Adoption of flexible tightening processes
4. Use of a kitting supply system
5. Development of a flexible production system using tablet PC

In the future, we want to deploy and expand this newly developed flexible production system on a global scale.

5. 終わりに

本稿ではJMEXでのCVT8 HYBRID生産を念頭においた新規組立ラインについて、ライン概要と工程設計、特にフレキシブル性の追及と面積縮小について紹介した。

本ラインを立ち上げるに当たって、多大な協力を頂いた設備メーカー各位、及び社内関係各位に、感謝の意を表します。

6. 参考文献

土屋伸介, 永澤泰介, 池田淳一, 斎藤寿, 高橋潤: CVT1 & CVT3混流組立ラインの紹介, JATCO Technical Review, No. 5, pp. 60-64, (2004) (in Japanese).

5. Conclusion

This article has described the new assembly line developed for the Jatco CVT8 HYBRID, taking into account production of this unit at JMEX. An overview of the line and the process design was presented, focusing in particular on the pursuit of flexibility and the reduction of the line footprint.

At the end, we would like to thank the equipment manufacturers and everyone involved inside and outside the company for their invaluable cooperation concerning the launching of the new line.

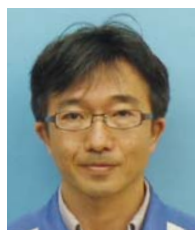
6. Reference

Shinsuke TSUCHIYA, Taisuke NAGASAWA, Junichi IKEDA, Hisashi SATO and Jun TAKAHASHI, Overview of the CVT1 and CVT3 Mixed Assembly Line, JATCO Technical Review, No. 5, pp. 60-64 (2004) (in Japanese).

■ Authors ■



Tomoyuki AKAI



Hisashi SAITOU



Jun TAKAHASHI



Ryouichi UMADA



Daisuke NAGAE

日産自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介

Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Nissan FWD Minivehicles

2013年6月に発売された、日産が企画から関わった初の軽自動車となる「DAYZ(デイズ)」、DAYZハイウェイスター」に当社副変速機付CVT JF015Eが搭載されました。DAYZは日産自動車、三菱自動車、NMKVの三社協業での企画・開発第一弾モデルで、「軽ハイトワゴンNo.1の低燃費」を主な特徴のひとつとしています。

停車前アイドリングストップ機能を採用し、かつ低フリクション化したJF015Eは、国内燃費モード(JC08)で、クラストップの低燃費29.2km/Lの燃費性能実現に貢献し、日産のエコカーラインナップ「PURE DRIVE」の1モデルとしてCO₂排出量の削減に寄与しています。

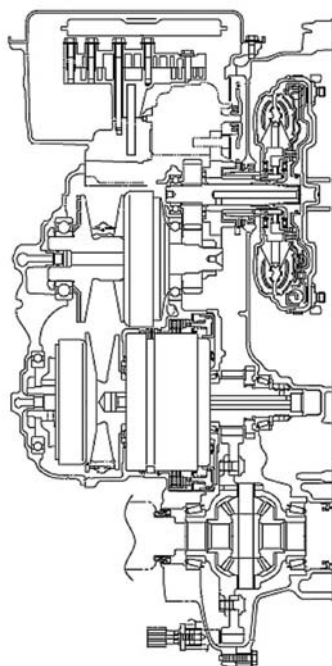


Fig.1 Main cross-sectional view

JATCO's JF015E CVT, featuring an auxiliary transmission, is adopted on the DAYZ and DAYZ Highway Star minivehicles released by Nissan Motor Co., Ltd. in June 2013. The DAYZ is the first minivehicle for which Nissan was involved in the planning from the very beginning. It is the first minivehicle model to be planned and developed through three-company collaboration by Nissan, Mitsubishi Motors Corp. and NMKV Co., Ltd. One of its major features is class-leading fuel economy among tall minivehicle wagons.

The JF015E incorporates an idling stop function that is activated before the vehicle comes to a stop and achieves low friction levels. These characteristics contribute to the DAYZ's best-in-class fuel economy of 29.2 km/L under Japan's JC08 test mode. The DAYZ contributes to reducing CO₂ emissions as one model in Nissan's Pure Drive lineup of eco-cars.

Table 1 Specifications of JF015E

Torque capacity	98 Nm
Control system	Electronic
Torque converter size	UUF 185 mm dia.
Pulley ratios	Low: 2.2 High: 0.55
Ratio coverage	7.3
Final gear ratio	3.757
No. of selector positions	5
Overall length	346 mm
Weight (wet)	65 kg

■ Typical models fitted with the JF015E CVT ■



DAYZ



DAYZ Highway Star

三菱自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介

Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Mitsubishi Motors FWD Minivehicles

2013年6月に発売された、三菱自動車のトールワゴンタイプ軽自動車「新型eKワゴン、eKカスタム」に当社副変速機付CVT JF015Eが搭載されました。3代目となる今回の新型車は日産自動車と三菱自動車の合弁会社である(株)NMKVの企画・開発第一弾モデルとなる軽自動車で、「優れた燃費性能」を主な特徴のひとつとしています。

停車前アイドリングストップ機能を採用し、かつ低フリクション化したJF015Eは、国内燃費モード(JC08)で、軽トールワゴンクラストップの低燃費29.2km/Lの燃費性能実現に貢献し、全車エコカー減税(免税)対象となることで好調な販売に寄与することができました。

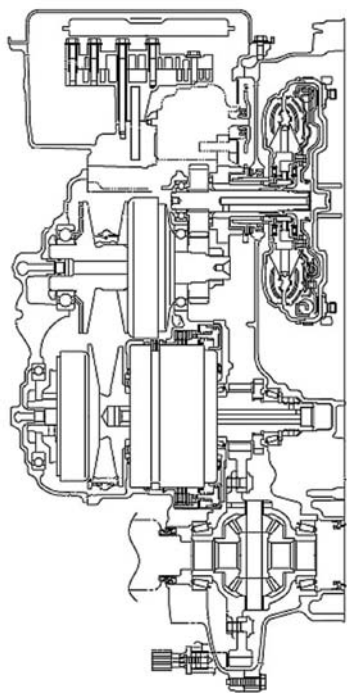


Fig.1 Main cross-sectional view

JATCO's JF015E CVT, featuring an auxiliary transmission, is adopted on the new ek Wagon and eK Custom that Mitsubishi Motors Corporation put on the market in June 2013 as tall minivehicle wagons. This new model is the third generation in the eK Wagon series and is the first minivehicle to be planned and developed by NMVK Co., Ltd., a joint venture between Nissan Motor Co., Ltd. and Mitsubishi Motors. One of the major features of this new model is its outstanding fuel economy.

The JF015E adopts an idling stop function that is activated before the vehicle comes to a stop and achieves low friction levels. These characteristics contribute to the attainment of class-leading fuel economy of 29.2 km/L among tall minivehicle wagons under Japan's JC08 test mode. The fact that all models in the lineup qualify for an eco-car tax reduction or exemption is one reason behind their brisk sales.

Table 1 Specifications of JF015E

Torque capacity	98 Nm
Control system	Electronic
Torque converter size	UUF 185 mm dia.
Pulley ratios	Low: 2.2 High: 0.55
Ratio coverage	7.3
Final gear ratio	3.757
No. of selector positions	5
Overall length	346 mm
Weight (wet)	65 kg

■ Typical models fitted with the JF015E CVT ■



eK Wagon



eK Custom

FF車用4速AT アフトワズ社向け JF414Eの紹介

Introducing the JF414E FWD 4-Speed AT for AvtoVAZ

2010年8月に日産自動車(株)の中国向けマーチに搭載されたFF4速AT, JF414Eは, その後新興国, 及び北米向けに拡大採用されています。

ロシアの自動車メーカーであるアフトワズ社より2012年9月発売のLada・Grantaに続き2013年7月にはLada・Kalinaに搭載され, 発売が開始されました。

コストの最適化, 軽量コンパクト, 機能・耐久信頼性を実現したJF414Eで, お客様の要求する性能を満足することができ, 好評を得ております。

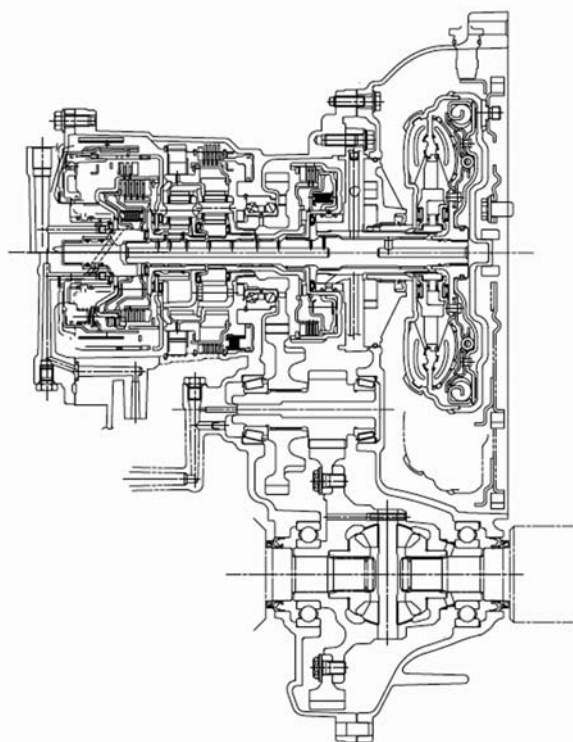


Fig.1 Main cross-sectional view

The JF414E FWD 4-speed AT is adopted on the March model released in August 2010 by Nissan Motor Co., Ltd. for the Chinese market. Since then, its application has been expanded to other models marketed in emerging economies and North America. The JF414E was adopted on the new Lada Granta released by the Russian automaker AvtoVAZ in Russia in September 2012. Subsequently, it was also mounted on the Lada Kalina that went on sale in Russia in July 2013.

The JF414E features an optimal cost, a lightweight and compact design, and excellent functionality, durability and reliability, thereby satisfying customers' performance requirements and earning a fine reputation in the market.

Table 1 Specifications of JF414E

Torque capacity		150 Nm
Control system		Electronic
Torque converter size		205 mm dia.
Gear ratios	1st	2.861
	2nd	1.562
	3rd	1.000
	4th	0.697
	Rev.	2.310
Ratio coverage		4.1
Final gear ratio		4.081
No. of selector positions		6 (P, R, N, D,2,1)
Overall length		344.2 mm
Center distance between engine and differential		183 mm
Weight (wet)		63 kg

■ Typical model fitted with the JF414E AT ■



Lada Kalina

FF車用4速AT 吉利汽車(GEELY)社向け JF414Eの紹介

Introducing the JF414E FWD 4-Speed AT for Geely

2010年8月に日産自動車(株)の中国向けマーチに搭載されたFF4速AT, JF414Eは, その後新興国, 及び北米向けに拡大採用されています。

2013年12月には, 中国の自動車メーカーである吉利汽車(GEELY)社の新型・金剛(Next Generation King Kong)に搭載され, 発売が開始されました。

コストの最適化, 軽量コンパクト, 機能・耐久信頼性を実現したJF414Eで, お客様の要求する性能を満足することができ, 好評を得ております。

The JF414E FWD 4-speed AT is adopted on the March model released by Nissan Motor Co., Ltd. for the Chinese market in August 2010. Its application has since been expanded to other models marketed in emerging economies and North America. The JF414E was adopted on the Next Generation of the King Kong that the Chinese automaker Geely Automobile Holdings Limited put on the market in December 2013.

Featuring an optimal cost, a lightweight and compact design, and high levels of functionality, durability and reliability, the JF414E fully satisfies customers' performance requirements and enjoys an excellent market reputation.

Table 1 Specifications of JF414E

Torque capacity		150 Nm
Control system		Electronic
Torque converter size		205 mm dia.
Gear ratios	1st	2.861
	2nd	1.562
	3rd	1.000
	4th	0.697
	Rev.	2.310
Ratio coverage		4.1
Final gear ratio		4.081
No. of selector positions		6 (P, R, N, D,2,1)
Overall length		344.2 mm
Center distance between engine and differential		183 mm
Weight (wet)		63 kg

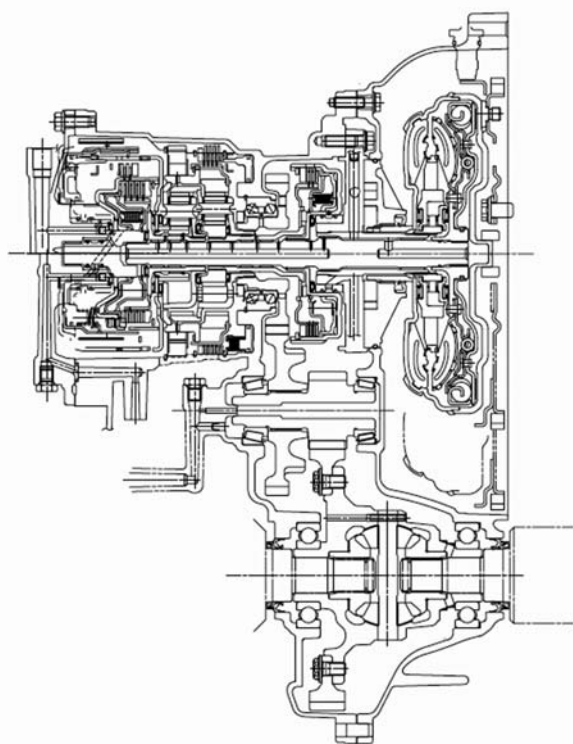


Fig.1 Main cross-sectional view

■ Typical model fitted with the JF414E AT ■



King Kong

スズキ自動車向け軽用 FF車用CVT JF015Eの紹介

Introducing the JF015E Jatco CVT7 for Suzuki FWD Minivehicles

2009年9月に発売のスズキ株式会社のパレットに搭載されたJF015Eは、従来のベルト式無段変速機＋遊星歯車を用いた副変速機構を備えた独自の機構を採用することで世界一の変速比幅を実現し、レスポンスの良い発進、加速性能を確保しつつ、高速走行時の静粛性向上及び低燃費を実現して、お客様に好評を得ております。

2013年12月には、最小限の変更で電動ポンプレスを採用し大幅なコストダウンと発進性能の両立を実現し、スズキ株式会社のハスラーに搭載されました。今後はさらに、他の軽自動車にも順次採用される予定です。

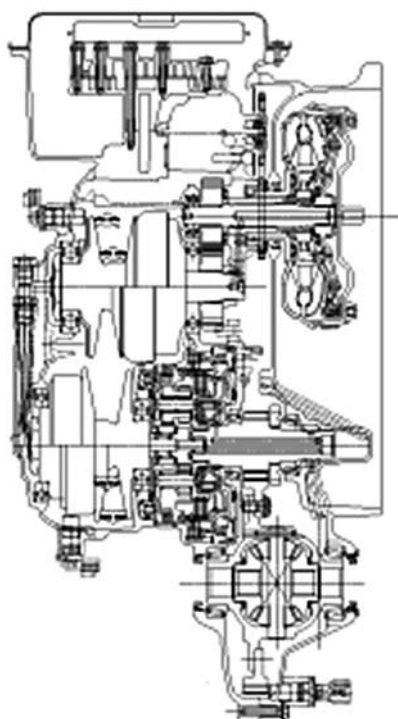


Fig.1 Main cross-sectional view

The JF015E CVT was adopted on the Palette minivehicle released by Suzuki Motor Corporation in September 2009 and features a unique structure that combines a conventional belt-and-pulley CVT with a planetary auxiliary transmission. This structure achieves the world's widest ratio coverage for enhanced quietness in high-speed driving and better fuel economy, while also providing fast vehicle launch response and excellent acceleration performance. All of these performance attributes are highly popular with customers.

In December 2013, a specification without an electric oil pump was adopted while making minimal changes to the original unit, thereby achieving both a substantial cost reduction and good vehicle launch performance. This JF015E version is adopted on the new Suzuki Hustler minivehicle released recently. It is planned to steadily expand its application to other minivehicle models in the future.

Table 1 Specifications of JF015E

Torque capacity	100 Nm
Control system	Electronic
Torque converter size	UUF 185 mm dia.
Counter gear ratio	1.178
Pulley ratios	2.200-0.550
Ratio coverage	7.3
Auxiliary transmission gear ratios	1st Fwd: 1.821
	2nd Fwd: 1.000
	Rev: 1.714
Final gear ratio	3.882
No. of selector positions	5
Overall length	343 mm
Weight (wet)	62.5 kg

■ Typical model fitted with the JF015E CVT ■



Hustler

日産自動車向け ディーゼルエンジン車用 JF017Eの紹介

Introducing the JF017E Jatco CVT8 for Nissan Diesel Engine Vehicle

日産自動車のキャッシュカイとエクストレイルにJatco CVT8が搭載され、2014年2月に欧州で販売されました。

欧州市場でニーズの高いディーゼルエンジン用として開発したJatco CVT8は特徴である低フリクションやワイドレシオカバレッジにより欧州の厳しい燃費およびCO₂規制を満足しつつ、マニュアルトランスミッションのシェアが高い欧州市場でお客様の運転性ニーズにこたえるべくT/Cの流体特性の改良を行い、ロックアップ領域の拡大することで運転性能を向上させ、お客様の好評を得ております。

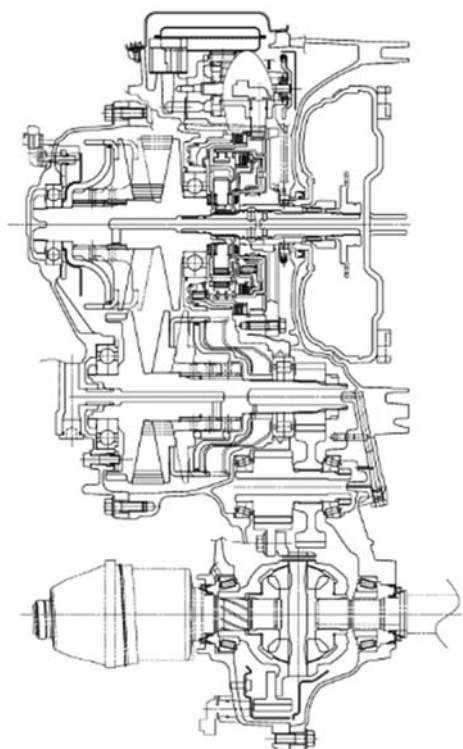


Fig.1 Main cross-sectional view

The Jatco CVT8 is adopted on the Qashqai and the X-Trail that Nissan Motor Co., Ltd. launched in Europe in February 2014.

The Jatco CVT8 is developed for diesel engines which are in strong demands in the European market. Featuring low friction and wide ratio coverage, the Jatco CVT8 helps these models comply with Europe's stringent fuel economy and CO₂ emission regulations. Additionally, the hydrodynamic performance of the torque converter was improved and the lock-up region was further expanded to provide improved driveability. These improvements enable the Jatco CVT8 to deliver the driveability preferred by customers in the European market where manual transmissions have a high market share. As a result, the Jatco CVT8 is highly evaluated by customers.

Table 1 Specifications of Jatco CVT8

Torque capacity	320 Nm
Control system	Electronic
Torque converter size	236 mm dia.
Pulley ratio	2.413-0.383
Ratio coverage	6.3
Final gear ratio	5.577
No. of selector positions	6 (P, R, N, D, Ds, M)
Overall length	383.0 mm
Weight (wet)	104.5 kg

■ Typical models fitted with the Jatco JF017E CVT ■



Qashqai



X-Trail

日産自動車向け NV200 New York Taxi車用 JF016Eの紹介

Introducing the JF016E Jatco CVT8 for Nissan NV200 New York Taxi

日産自動車のNV200ニューヨークタクシーにJatco CVT8が搭載され、2013年11月に発売されました。

ニューヨークタクシー用として開発したJatco CVT8は、高い燃費性能と動力性能を両立させ、CVTならではの快適な乗り心地により、お客さまに好評を得ております。

タクシー特有の長距離走行に対応した耐久性を確保しており、乗客のみならずタクシー会社様にも配慮した環境型のCVTとなっております。

The Jatco CVT8 is adopted on the NV200 New York Taxi that Nissan Motor Co., Ltd. launched in November 2013.

Developed for New York Taxi, the Jatco CVT8 achieves high levels of both fuel economy and vehicle dynamic performance and provides the smooth, comfortable ride that distinctly characterizes a CVT. It enjoys immense popularity with customers. Durability has been assured for the long-distance driving typical of taxis. This environmentally friendly CVT has been designed and engineered with both taxi riders and taxi companies in mind.

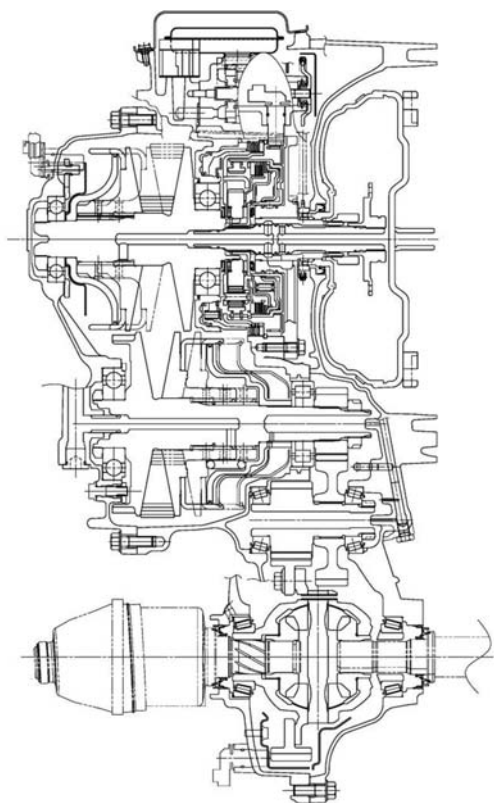


Fig.1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of Jatco CVT8

Torque capacity	210 Nm
Control system	Electronic
Torque converter size	236 mm dia.
Pulley ratio	2.631-0.378
Ratio coverage	7.0
Reverse gear ratio	0.745
Final gear ratio	4.828
Overall length	362.9 mm
Weight	90.5 kg

■ Typical model fitted with the JF016E CVT ■



NV200 New York Taxi

GM Korea社向け 小型車用 FF車用 CVT7 JF015Eの紹介

Introducing the JF015E Jatco CVT7 for GM Korea FWD Minivehicles

2013年5月にJATCO製CVT7は、韓国GM社の新型車「SPARK-S」に搭載され発売されました。前モデル(当社4速AT)に比べ、発進加速、静寂性、燃費での大幅な改善をしました。

韓国GMの「SPARK-S」はJATCO製CVT7による大幅な燃費向上などにより、韓国市場での好調を得ています。

また、同車両は北米GMでは「Chevrolet SPARK」として販売され、北米向けには北米のドライバーの好みに沿った加速感などを採用し、燃費性能と共に好評を得ています。

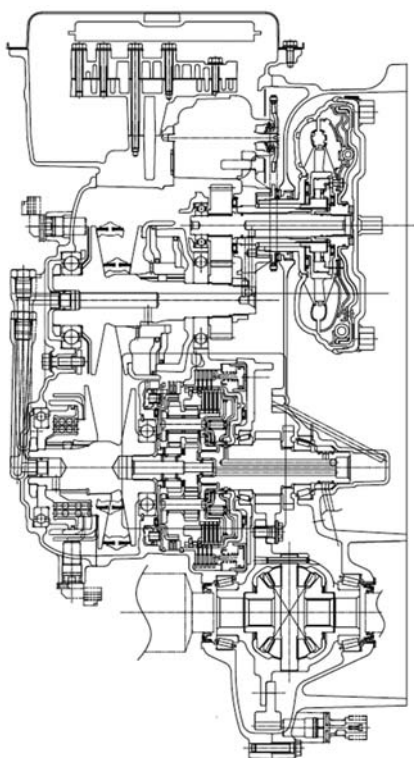


Fig.1 Main cross-sectional view

The Jatco CVT7 is adopted on the new Spark-S minivehicle that GM Korea launched in May 2013. Jatco CVT7 is substantially improved in acceleration performance, quietness and fuel economy compared with the previous model (JATCO 4-speed AT). GM Korea's Spark-S with the Jatco CVT7 achieves better fuel economy, among other improvements, it has been selling well in the South Korean market.

The same model is sold in North America as the Chevrolet Spark. The Spark for the North American market has been tuned to provide the acceleration feel preferred by drivers there and its good fuel economy, are the reasons for its popularity.

Table 1 Specifications of JF015E

Torque capacity			120 Nm
Control system			Electronic
Torque converter size			185 mm dia.
Gear ratios	Pulley ratio	Forward	2.200-0.550
		Reverse	2.2
	Auxiliary transmission	1st Gear	1.821
		2nd Gear	1
		Reverse	1.714
	Counter gear ratio		0.967
	Final gear ratio		3.882
Ratio coverage			7.3
No. of selector positions			5 (P, R, N, D, L)
Overall length			344.34 mm
Center distance between engine and differential			172 mm
Weight (wet)			64 kg

■ Typical model fitted with the JF015E CVT ■



Spark-S

ジヤトコ 一年間のトピックス

Highlights of the Past Year

1. QCサークル「サンツアー・サークル」が『地区長賞』を受賞

1月18日、富士市交流プラザQCサークル東海支部静岡地区新春大会（東部会場）で、ジヤトコエンジニアリング（株）から出場した、第二実験グループの「サンツアー・サークル」が、【モーターNO.3 実験納期遅れ撲滅による効率向上】をテーマに製造部門として最高位の賞である『地区長賞』を受賞した。

目標を「納期遅れゼロ」と設定し意欲的にチャレンジしていること、データに基づくきめ細かな要因解析をしていること、有形・無形効果、金額数値や実験精度・品質の向上まできちんと捉えていること等、チームワークのとれたプロ集団であることを強く印象付け出来たことが受賞の要因となった。



2. General Motors Supplier of the Year Winner/GMサプライヤー・オブ・ザ・イヤー・受賞

3月13日、「2012年GMサプライヤー・オブ・ザ・イヤー」を受賞した。

この賞はGMの世界中のおよそ18,500のサプライヤーのわずか1パーセント未満の会社が受賞する名誉ある賞で、革新的な技術、優れた品質、タイムリーなクライシス・マネージメント、競争力のある全社最適型コスト解決法などが評価された。

1. SunTour QC Circle wins Area General Manager's Award

The Sun Tour QC Circle in Experiment Group No. 2 of JATCO Engineering Ltd. won the Area General Manager's Award, the top prize in the Manufacturing Division, at the New Year's Competition in the Shizuoka area sponsored by the QC Circle Tokai Chapter. The theme of their activity was "improving efficiency by eliminating motor delivery delays for test No. 3." This Tokai event was held at the Fuji City Exchange Plaza on January 18.

One reason cited for the award was the strong impression imparted by this QC Circle as being a highly professional group with close teamwork. Specifically, the Sun Tour Circle vigorously undertook the challenge of attaining their ambitious goal of "zero delivery delays." They conducted detailed factor analyses based on actual data and accurately identified tangible and intangible effects, monetary values and even improvements in experimental accuracy and quality.

2. Winner of General Motors Supplier of the Year Award

JATCO received a 2012 Supplier of the Year award from General Motors on March 13. This award is given to less than one percent of GM's approximately 18,500 suppliers around the world. Among other



3. 平成25年度文部科学大臣表彰 創意工夫功労者賞受賞

4月18日、FR A/T工場 型製作課課員が「平成25年度文部科学大臣表彰創意工夫功労者賞」を受賞した。

この賞は、工場等の現場における創意工夫によって、作業能率の向上、製品の品質の向上、コストの削減、公害・災害の防止等の技術の改善向上に貢献した人に贈られるもの。



4. 中国でのJatco CVT8生産を開始

4月、中国の生産子会社であるジャトコ(広州)自動変速機有限公司(以下ジャトコ広州)でJatco CVT8の現地生産を開始した。

中国での自動車市場は拡大を続けており、燃費向上に寄与するCVTが占める比率も年々増加している。ジャトコ広州は2009年に中型車用CVTの生産を開始、2011年には小型車用の副変速機付CVT「Jatco CVT7」、このたびさらに燃費を約10%以上向上させた、最新型CVTである「Jatco CVT8」の生産を開始し、東風日産の「Teana」に搭載を開始した。



things, the winners are recognized for delivering innovative technology, superior quality, timely crisis management and competitive total-enterprise cost solutions.

3. Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology Commendation for Originality and Ingenuity in Fiscal 2013

The employees of the Die Making Section of a plant producing ATs for FWD vehicles were awarded a Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology Commendation for Originality and Ingenuity on April 18. This award is given to persons who have contributed to improving work efficiency, enhancing product quality, reducing costs and making technical improvements for preventing pollution/disasters through their originality and ingenuity in the workplace, including factories.

4. Start of Jatco CVT8 Production in China

JATCO Guangzhou Automatic Transmission Ltd. (hereafter JATCO Guangzhou), JATCO's manufacturing arm in China, started local production of the Jatco CVT8 in April. As the vehicle market in China has continued to expand, every year an increasingly larger percentage of vehicles are being fitted with a CVT that contributes to improved fuel economy. JATCO Guangzhou began production of a CVT for midsize vehicles in 2009 and started producing the Jatco CVT7 with an auxiliary gearbox for small vehicles in 2011. JATCO Guangzhou has now launched production of the Jatco CVT8, JATCO's newest CVT model that further improves vehicle fuel economy by approximately 10%. The Jatco CVT8 is mounted on Dongfeng Nissan's Teana model.

JATCO Guangzhou's cumulative CVT production volume reached one million units on April 15. The company currently has an annual production capacity of approximately 900,000 units. It also has application engineering capabilities for applying CVTs to local vehicle models.

4月15日にはCVTの中国での累計生産100万台を達成、現在年間約90万台の生産能力と現地での適用開発の機能を有している。

5.公益社団法人自動車技術会による第63回自動車技術会賞を受賞

4月24日、弊社社員が公益社団法人自動車技術会が選定する第63回自動車技術会賞の技術貢献賞を受賞した。自動車技術会賞は、1951年に自動車工学および自動車技術の向上発展の奨励を目的に設けられ、自動車技術における多大な貢献・功績を認められた個人に贈られるものである。

今回の受賞は、ATの燃費向上技術、ベルトCVTの設計基礎技術確立に対する貢献等、AT/CVTの進歩発展に貢献したことが認められたことによる



6. 人とクルマのテクノロジー展に出典

5月22日～24日の3日間、パシフィコ横浜 展示ホールで開催の自動車技術展「人とくるまのテクノロジー展 2013」に出展した。ブースでは、「トランスミッションで地球のCO₂削減」をテーマに、世界初の副変速機付CVT「Jatco CVT7」、中・大型FF車用「Jatco CVT8」やそのハイブリッド車対応モデル「Jatco CVT8 HYBRID」など、CVTの優れた環境性能を紹介し、さらに、FR7速ATをベースとしたハイブリッド車用トランスミッション、FR7速AT、新興国向けのFF4速ATなどのステップATの展示もおこなった。

5. Recipient of 63rd JSAE Technology Contribution Award

A JATCO employee received a Technology Contribution Award given by the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) at 63rd JSAE Awards Program. This awards program was established in 1951 for the purpose of encouraging the advancement and development of automotive engineering and automotive technology. Awards are given to individuals who are recognized for having made significant contributions or achievements in automotive engineering.

This year's award was presented for contributions made to advance and develop ATs and CVTs, including contributing to the establishment of the technology for improving the vehicle fuel economy obtained with ATs and the fundamental design techniques for belt CVTs.

6. JATCO exhibits at Automotive Engineering Exposition

The 2013 Automotive Engineering Exposition was held at the Pacifico Yokohama Exhibition Hall over a three-day period from May 22-24. JATCO's booth highlighted the outstanding environmental performance of CVTs under the theme of "Reducing global CO₂ emissions with transmissions." Displayed products included the Jatco CVT7, the world's first CVT with an auxiliary gearbox, the Jatco CVT8 for midsize to large vehicles, and for hybrid vehicle the Jatco CVT8 HYBRID. In addition, step ATs were also displayed, including a 7-speed AT for RWD hybrid vehicles and based on an existing RWD 7-



7. CVT生産累計300万台達成式典

6月17日、主力商品であるCVT、2機種の生産累計300万台達成をお祝いする式典を開催した。

この2機種は、同じラインで生産するという画期的な方式を採用したもので、世界のCVTの歴史を作ってきたラインと言っても過言はない。



8. US-SAEショー

8月18日～20日、ミシガン州デトロイトでSAEが開催され、ワールドコンGRESSで“Achieving Efficiency”をテーマに講演を行った。

開催期間中は自動車業界や学生など約10,000名がイベントに参加し、技術について懇談する貴重な場となった。ジャトコのブースはJatco CVT8のカットモデルとCVT作動原理モデルを展示し、多くの来訪者でにぎわった。



speed AT, a FWD 4-speed AT earmarked for emerging economies, and other products.

7. Ceremony to celebrate cumulative CVT production of three million units

A ceremony was held on June 17 to celebrate combined cumulative production of three million units for two CVT models, which are two of JATCO's leading products. These two models are built on the same line, representing an epic-making production system. It would be safe to say that this production line has marked a new page in the global history of CVTs

8. SAE World Congress & Exhibition

A JATCO employee delivered a presentation on the theme of "Achieving Efficiency" at the SAE World Congress & Exhibition held in Detroit, Michigan from April 16-18. This event attracted approximately 10,000 attendees, including automotive industry people, students and others, during the three-day period, providing a valuable venue for exchanging opinions and ideas on technology. JATCO's booth displayed a cut-away model of the Jatco CVT8 and a model showing the operating principle of CVTs, among other exhibits. It was thronged with many visitors during the event.

9. Introduction of "nadeshiko" line at Joint Labor Relations Workshop

A JATCO employee gave a presentation on the company's "nadeshiko" line at a joint labor relations workshop organized by the Japan Automobile Manufacturers Association, Inc., Japan Auto-Body Industries Association Inc. and Japan Auto Parts Industries Association on September 6. These three organizations hold a joint labor relations workshop several times a year. The theme of this particular workshop was "promoting the career advancement of women." The attendees asked the JATCO presenter many questions about the presentation, as they have few opportunities to hear about actual examples of the active roles women play in manufacturing workplaces.

9. 労政合同勉強会にて「なでしこライン」を紹介

9月6日、日本自動車工業会、日本自動車車体工業会、日本自動車部品工業会の3団体が合同で開催している、労政合同勉強会で、弊社の「なでしこライン」について講演を行った。

労政勉強会では年に数回の勉強会を開催しており、今回のテーマは「女性の活躍促進」。

生産現場の女性が活躍する事例を聞ける機会が少ないことから、弊社の発表には参加者からの多くの質問が出た。



10. 第11回全日本学生フォーミュラ大会

9月3日～7日、自動車技術会主催の全日本学生フォーミュラ大会が小笠山総合運動公園（エコパ）で行われた。この大会は、学生の自主的なものづくりの総合能力を養成し、将来の自動車産業を担う人材を育てるための公益活動と位置づけ、2003年にスタートしたもの。

当日は、海外を含む89チーム、約1,500名が参加し、弊社からも3名がスタッフとして活躍した。また弊社出展ブースでは、学生や教授の訪問が途切れることがなく、変速機への高い関心が伺えた。



10. 11th Student Formula SAE Competition of Japan

The 11th Student Formula SAE Competition of Japan, sponsored by the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE), was held from September 3-7 at the Ogasayama Sports Park (ECOPA). Initiated in 2003, this competition is positioned as a public-interest activity for developing the overall manufacturing capabilities of students through their own initiatives, with the aim of cultivating human resources capable of supporting the automotive industry in the future.

This year saw participation by approximately 1,500 students, representing 89 teams, including those from overseas. Three JATCO employees were active as event staff. An endless stream of students and university professors visited JATCO's booth at the competition, indicating a high level of interest in automotive transmissions.

11. JATCO's new Thai plant launches CVT production as Thailand's first CVT manufacturing facility

JATCO (Thailand) Co., Ltd. held an official opening ceremony for its new Amata Nakorn plant on September 9, following the launch of full-scale CVT production at the plant in July. This new plant is JATCO's third overseas production center after plants in Mexico and China. It produces the Jatco CVT7 for small vehicles and featuring an auxiliary gearbox. This CVT is installed on various compact car models, including the March (Micra) and the Sylphy produced by Nissan Thailand. The plant aims to achieve a low carbon footprint, such as by having aluminum

11. タイの新工場でCVT生産を開始 -タイ初のCVT工場稼動-

新工場でのCVTの本格生産を7月に開始したのに伴い、ジャトコタイランド社は、9月9日、アマタナコーンの新工場に於いて、開所式を実施した。

新工場は、メキシコ、中国に続くジャトコの3番目の海外生産工場であり、小型車用の副変速機付

CVT「Jatco CVT7」をタイ日産で生産されるマーチ（マイクラ）やシルフィ向けなどを生産する。また、使用するアルミ材料の納入を液体とするなど、1350トン/年のCO₂削減を実現しており、環境負荷の低い工場の実現をも目指している。



12. Inspiring innovation: JATCO selected again as one of the world's top innovators/

トムソン・ロイター社主催

『Top 100 グローバル・イノベーター 2013』に
2年連続選出

10月25日、昨年に引き続き、トムソン・ロイター社が選考する、「2013年 世界で最も革新的な企業100社」に選出された。

世界の自動車関連企業で、この賞を受賞した企業は8社、日本ではわずかに5社のみ。

当社は4つの選考基準「グローバル性」「数量」「成功率」「引用における特許の影響力」全てにバランスよく評価され、なかでも「グローバル性」で特に高い評価を獲得した。

13. 『第43回東京モーターショー2013』へ出典

11月20日-12月01日東京ビッグサイトで開催された『第43回東京モーターショー 2013』に出展した。『トランスミッションの未来を創る』をテーマに、現在の新世代CVTフルラインナップに加え、将来のCVTコンセプトモデルを展示。

また、ステップ式ATコーナーでは、FR7速AT・ハイブリッド車用トランスミッション（FR7速ATベース）、

materials delivered in a molten metal form rather than as ingots. This measure is expected to reduce CO₂ emissions by 1,350 tons per year.

12. Named to Thomson Reuters 2013 Top 100 Global Innovators list for the second consecutive year

JATCO was selected by Thomson Reuters as one of the Top 100 Global Innovators for 2013 on October 25 for the second straight year. This honor was given to eight companies in the global automotive industry and to just five companies in Japan. JATCO was evenly evaluated under all four selection criteria of volume (number of patents), success (ratio of applications to granted patents), global (quadrilateral patents) and influence (how often cited in other patents). JATCO was especially highly rated on the global criterion.



13. JATCO exhibits at the 43rd Tokyo Motor Show 2013

JATCO displayed exhibits at the 43rd Tokyo Motor Show 2013 held at the Tokyo Big Sight from November 20 to December 1. Under the theme of "creating a future of transmissions," JATCO showed its current full lineup of new-generation CVTs as well as a concept model of a future CVT. JATCO also exhibited its principal stepped AT products, including a 7-speed AT for RWD hybrid vehicles and based on an existing RWD 7-speed AT, a FWD 4-speed AT designed for markets in emerging economies, and other models

新興国向けのFF4速AT等 弊社の主力商品の展示も行った。



14. General Motors Supplier Quality Excellence Award 2013

11月15日、掛川工場で、GM Supplier Quality Excellence Award 2013 の授賞式が行われた。この賞は、GMの厳しい基準をクリアした取引先部品メーカーに贈られる賞であり、昨年から設けられたもの。当社は2年連続の受賞となった。



15. CTIシンポジウムで基調講演実施 ,CVTセッションの座長も務める

12月3日・4日の2日間、ドイツベルリンにおいて第12回CTIシンポジウムが開催された。弊社社長から「Zero is enough」という演題で、CVTの無段変速がもたらす様々なメリットや、車の革新に対するCVTの更なる貢献ポテンシャルについての基調講演が行われ、好評を博した。

またCVTセッションではジャトコのフェローが座長に就任し、CVT技術の更なる進化に関する活発な



14. Receives a General Motors 2013 Supplier Quality Excellence Award

A ceremony to celebrate receipt of GM 2013 Supplier Quality Excellence Award was held at the Kakegawa Plant on November 15. Established in 2012, this award is presented to GM suppliers who meet rigorous quality criteria. JATCO has received this award for two consecutive years.

15. Keynote speech and chair of the CVT Session at the International CTI Symposium

The 12th International CTI Symposium was held in Berlin, Germany over a two-day period of December 3-4. JATCO President Takashi Hata delivered a keynote speech entitled "Zero is Enough," which was very well received by the attendees. He talked about the various benefits obtained with the seamless shifting of CVTs and the potential of CVTs for contributing to further innovations in vehicles.

JATCO Fellow Takashi Shibayama chaired CVT



討議が行われた。ジヤトコからの、Jatco CVT8 HYBRIDに採用された新技術に関する論文発表に対しても熱心な質問が寄せられた。

16. メキシコで工具再研磨のサービス提供を開始

弊社はメキシコでの工具再研磨サービス提供を開始する。

工具再研磨は、オートマチックトランスミッションの生産に限らず機械加工の量産プロセスに組み込まれる業務の一つで、使用した切削工具の切れ味を保つために必要な重要な作業。これまで現地には再研磨に対応する専門業者が少なかったため、潜在的なニーズへの対応を目指す。工具再研磨サービス提供の開始は、2014年10月ころを予定している。



Session at this symposium. There was a lively discussion of the further evolution of CVT technology in the coming years. A JATCO employee presented a paper on the new technologies incorporated in the Jatco CVT8 HYBRID, which elicited many enthusiastic questions.

16. JATCO to begin providing a tool resharpener service in Mexico

JATCO plans to begin tool resharpener service in Mexico. Tool resharpener is an operation that is not limited to AT production, but is incorporated in various mass-production machining processes. It is a necessary and vital operation for maintaining the edge of the cutting tools used. This service is aimed at responding to latent local needs for tool resharpener, in view of the fact that there have been few suppliers specializing in tool resharpener in Mexico to date. JATCO plans to start providing this tool resharpener service around October 2014.

特 許 紹 介

Patents

1. 車両用無段変速機

(Fig. 1)

出願番号：特願2009-166444号

出 願 日：2009.7.15

特許番号：特許第4913183号

登 録 日：2012.1.27

発明の名称：車両用無段変速機

発 明 者：浦田武史，中野晴久

1. Continuously-Variable Transmission for a vehicle

(Fig. 1)

Application Number: 2009-166444

Application Date: 7.15, 2009

Patent Number: 4913183

Registration Date: 1.27, 2012

Title: Continuously variable transmission for a vehicle

Inventors: Urata Takeshi, Nakano Haruhisa

【発明の構成】

本発明のCVTは、無段変速機構、副変速機構、及び増速ギア機構を有し、増速ギア機構は、副変速機構よりも上流に配置されており、増速ギア機構の増速比は、「動力性能を低下させず、且つ、引きショックの発生を抑制させる値」に設定されている。

【作用・効果】

増速ギア機構を介して副変速機構に入力トルクが入力されるので、「トルクフェーズ」での出力トルクの低下量を抑えることができる。そのため、副変速機構の変速時に発生する「引きショック」を抑制することができ、さらに、「動力性能」及び「変速性能」を双方ともに確保することができる。

【SUMMARY OF THE INVENTION】

The CVT of the present invention has a continuously variable transmitting mechanism, an auxiliary transmitting mechanism, and a speed-increasing gear mechanism. The speed-increasing gear mechanism is provided upstream from the auxiliary transmitting mechanism. A speed increasing ratio of the auxiliary transmitting mechanism is set “the value which doesn’t reduce a power performance” and “the value which suppress the occurrence of a pull-in shock”. Because the auxiliary transmitting mechanism is input through the speed-increasing gear mechanism, the quantity of drop of output torque is suppressed. Therefore, the pull-in shock is able to be suppressed. Further, both “the power performance” and “the transmitting performance” are able to be assured.

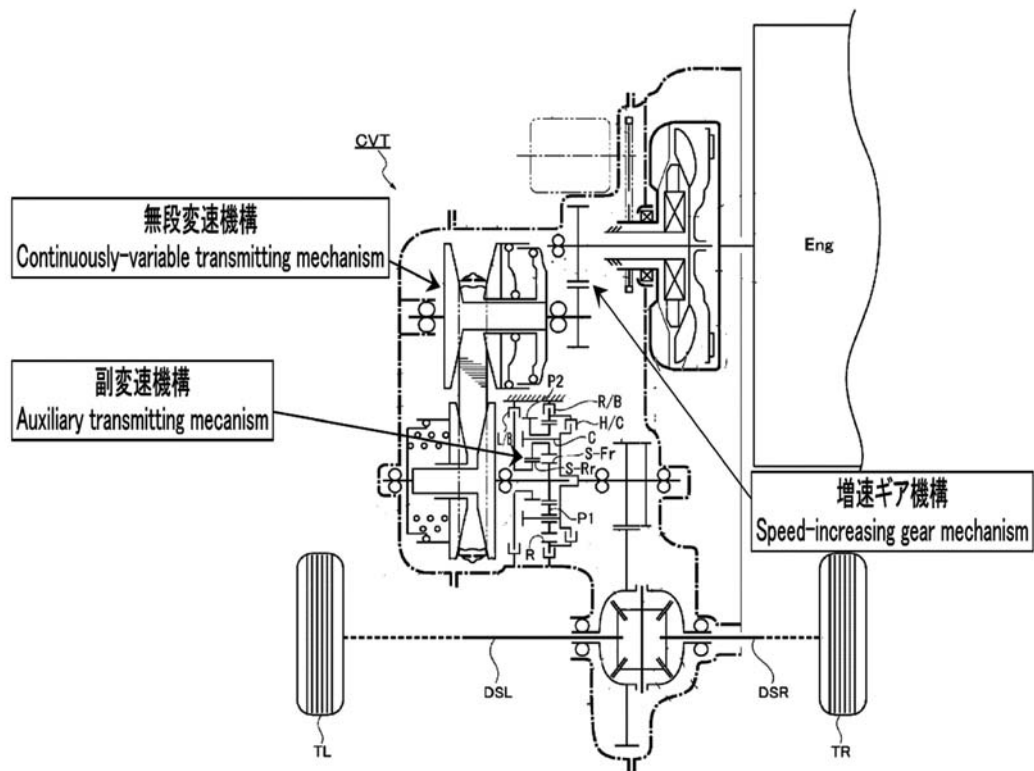


Fig. 1

2. 無段変速機

(Fig. 2)

出願番号：特願2009-169163号

出 願 日：2009.7.17

特許番号：特許第4875732号

登 録 日：2011.12.2

発明の名称：無段変速機

発 明 者：田中寛康，野々村良輔，関丈二，
井上拓市郎，井上真美子，鈴木英明，
高橋誠一郎（日産）

2. Continuously-Variable Transmission

(Fig. 2)

Application Number: 2009-169163

Application Date: 7.17,2009

Patent Number: 4875732

Registration Date: 12.2,2011

Title: Continuously variable transmission

Inventors: Tanaka Hiroyasu, Nonomura Ryousuke,
Seki Jouji, Inoue Takuichiro,
Inoue Mamiko, Suzuki Hideaki,
Takahashi Seiichiro (Nissan)

【発明の構成】

本発明のCVTは、無段変速機構及び副変速機構を有し、副変速機構の変速がアップシフトである協調変速*のとき、エンジンの吹け上がりを検知した場合に、無段変速機構の変速速度を、エンジンの吹け上がりがない場合より低下させる。

【作用・効果】

協調制御時にエンジンの吹け上がりを検知したとき、無段変速機構の変速速度を低下させることにより、協調制御時のスルー変速比の変動が抑制されるので、協調制御時に発生してしまう過度なエンジンの吹けあがりを防ぐことができる。

*協調制御：副変速機構の変速中に、無段変速機構を副変速機構と逆方向に変速させる制御

【SUMMARY OF THE INVENTION】

The CVT of the present invention has a continuously variable transmitting mechanism and an auxiliary transmitting mechanism. When the coordinated shift * which the auxiliary transmitting mechanism is turning the gear position up is performed, the shifting speed of the continuously variable transmitting mechanism is lower at time of detecting rapid rotation increase in the internal combustion engine than time except it. The rapid rotation increase in the internal combustion engine is detected at the time of coordinated shift. At this time, the excessive rapid rotation increase in the internal combustion engine is able to be prevented when the coordinated shift is performed because through speed ratio is hard to change.

* The coordinated shift: The control in order to change the speed ratio of the continuously variable transmitting mechanism to the opposite direction of the auxiliary transmitting mechanism, during shifting the auxiliary transmitting mechanism.

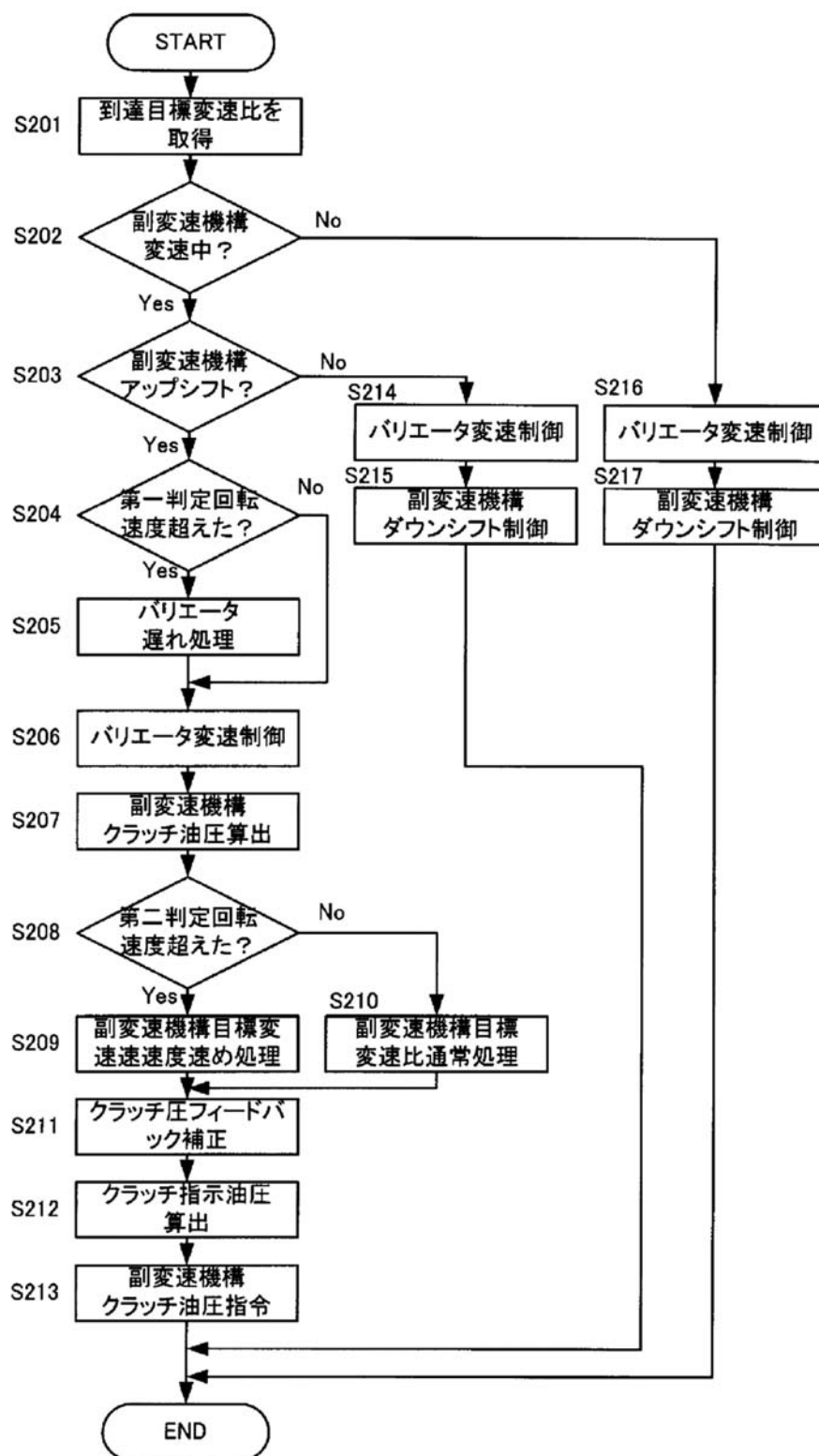


Fig. 2

編集委員会 (Editorial Committee)

委員長 (Chairman)

柴 山 尚 士

Shibayama Takashi

フェロー

Fellow

編 集 (Editors)

杉 山 美 香

Sugiyama Mika

商品市場戦略室

Product Marketing Strategy Office

竹 内 徹

Takeuchi Toru

商品市場戦略室

Product Marketing Strategy Office

ユジャワンダー シング

Yujwander Singh

商品市場戦略室

Product Marketing Strategy Office

JATCO Technical ReviewではJATCO CVT8はCVT8として記載。
JATCO CVT7はCVT7として記載。

In JATCO Technical Review JATCO CVT8 is being mentioned as
CVT8 and JATCO CVT7 as CVT7.

ジヤトコ・テクニカル・レビュー No.13

JATCO Technical Review No.13

©禁無断転載
発行 2014年3月
発行・編集人 ジヤトコ・テクニカル・レビュー
編集局
発行所 ジヤトコ株式会社
企画部門
商品市場戦略室
〒243-0126
神奈川県厚木市岡津古久560-2
TEL: 046-282-8926
FAX: 046-270-1751
印刷所 スルガ印刷
静岡県富士市今泉3-6-20

March, 2014
Publisher JATCO Technical Review
(Editor) Editorial Team
Distributor Business Planning Division
Product Marketing Strategy Office
JATCO Ltd
560-2 Okatsukoku, Atsugi City, Kanagawa
243-0126, Japan

Copyrights Of All Articles Described In This Review
Have Been Preserved By JATCO Ltd. For Permission
To Reproduce Articles In Quantity Or For Use In
Other Print Material, Contact The Editors Of The
Editorial Committee.
