

Basit Diferansiyelde Güç Akışı

Aybars ÇAKIR¹⁾

1. Giriş

Diferansiyeller daha ziyade taşıtların arka akslarında basit moment ayırıcıları olarak kullanılır. Fakat aynı zamanda, kademesiz olarak ayarlanabilen aktarma organları ve adaptif hız regülatörleri olarak da çalıştırılabilirler.

2. Basit Diferansiyel

Basit bir planet veya diferansiyel dişli çark sistemi üç kademedен müteşekkildir.

1. Merkezi bir güneş dişlisi, *A*
2. Planet taşıyıcı, *C* ve buna monte edilmiş ve güneş dişlisinin etrafında dönen, sayıları üçten beşe kadar olan, planet dişli çarkları
3. Diğer bütün dişli çarkları çevreleyen ve planetleri ile eş çalışan bir iç dişli çarkı, *B*

Bir diferansiyel sisteme bağlanabilen, giriş, çıkış ve yardımcı bileşenleri, istenen hız ve güç bağıntılarını hasil etmek için, bu kademelerden her hangi birine birleştirilebilirler.

Dişli çark sistemleri mutad olarak «kontrol» sistemi olarak mütalaa edilmezler. Fakat diferansiyel dişli çark sistemi ile adaptif hız kontrolü mümkündür. Diferansiyeller, düz hat dişli çark sistemlerine karşı olarak, bütün çalışma şartlarında optimum güç akışını muhafaza ederken, hızı dahilen değiştirme kabiliyetine sahiptir. En iyisi de, bu değişimleri ilâve kumandalar veya alıcılar (sensing devices) olmaksızın otomatik olarak yaparlar. Diferansiyel sistemler, düz hat sistemlerine karşı birçok avantajlara sahiptir :

¹⁾ Doç. Dr. İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Makina Elemanları Kürsüsü

1 — Harekete geçmede ve normal çalışmada optimum güç dağılımının muhafazası,

2 — Düz hat sistemlerindeki tek dişli çark teması yerine iki veya daha fazla planet dişli çarkının aynı anda beraberce, belirli bir akış yolunda, güç nakletmesi sebebiyle, toplu halde bulunması.

3 — Eğer bir uç herhangi bir sebeple dursa çalışmaya devam etme kabiliyeti.

4 — İki veya daha fazla güç hasıl eden bileşeni, tek bir güç çıkışı teşkil etmek için, bir araya getirme kolaylığı.

Diferansiyeller üç uçlu bir minimuma sahiptir :

1 — Giriş, bir türbin, makina veya elektrik motoru gibi mekanik bir güç hasıl eden bileşene bağlanan

2 — Çıkış, generatör veya pompa gibi güç sarfeden bir bileşenle birleştirilen

3 — Yardımcı, isteğe bağlı olarak, gücü ilâve veya çıkarmak için güç hasıl eden veya harcayan bileşenden birine birleştirilen

Permütasyon kanununa göre, gücü girişten çıkışa iletmek için, bu üç uç sadece altı farklı şekilde tertip edilebilir. Her tertip belirli hız ve moment karakteristiklerine sahiptir ve belirli bir tatbikat için bir tertibin seçilmesi her bir bileşen için istenenlere bağlıdır. Seçimde ana prensip giriş sisteminin karakteristiklerinin diferansiyelinkilere uymasındır.

3. Güç nakli :

Güç hasıl eden ve harcıyan bileşenleri üç uçlu bir diferansiyel ile birleştirmek için sadece altı yol vardır. Her tertip, her bir tertip için olan ilk dört denklem tarafından belirtildiği gibi, üç terminal arasında farklı hız ve moment bağıntısı hasıl eder. Diğer taraftan, son iki denklemden görüldüğü gibi, uçlar arasındaki güç oranları, tek olarak, bütün tertipler için aynıdır.

Aşağıda, bir diferansiyel tahrik içinden güç naklinde mevcut altı yol her bir uç arasındaki hız; moment ve güç oranlarını veren denklemlerle verilmiş hız ve güç akış yönleri gösterilmiştir. (Kalın oklar dış güçler, inceler kavrama ve kesikliler yuvarlanma güçleridir)

- 1) A, Yüksek hız girişi,
B, Düşük hız yardımcı,
C, Orta hız çıkışı.

$$+N_A; -N_B; +N_C$$

$$N_{BG} = N_{AG} / R_{AB}$$

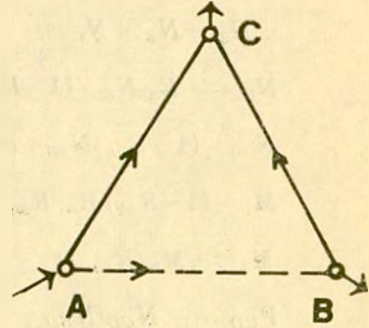
$$N_{CD} = (N_{AD} - R_{AB} N_{BD}) / (1 - R_{AB})$$

$$M_B = -R_{AB} M_A$$

$$M_C = -(1 - R_{AB}) M_A$$

$$\frac{P_{BD}}{P_{AD}} = -\frac{N_{BD}/N_{AD}}{N_{BG}/N_{AG}}$$

$$\frac{P_{CD}}{P_{AD}} = -\left(1 - \frac{N_{BD}/N_{AD}}{N_{BG}/N_{AG}}\right)$$



Şek. 1

- 2) A, Yüksek hız girişi,
B, Düşük hız çıkışı,
C, Orta hız yardımcı.

$$+N_A; -N_B; +N_C$$

$$N_{CG} = N_{AG} / (1 - R_{AB})$$

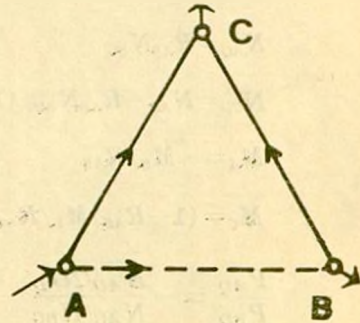
$$N_{BD} = -[(1 - R_{AB}) N_{CD} - N_{AD}] / R_{AB}$$

$$M_C = -(1 - R_{AB}) M_A$$

$$M_B = -R_{AB} M_A$$

$$\frac{P_{CD}}{P_{AD}} = -\frac{N_{CD}/N_{AD}}{N_{CG}/N_{AG}}$$

$$\frac{P_{BD}}{P_{AD}} = -\left(1 - \frac{N_{CD}/N_{AD}}{N_{CG}/N_{AG}}\right)$$



Şek. 2

- 3) A, Yüksek hız çıkışı,
B, Düşük hız girişi,
C, Orta hız yardımcı.

$$-N_A; +N_B; +N_C$$

$$N_{CG} = -R_{AB} N_{BG} / (1 - R_{AB})$$

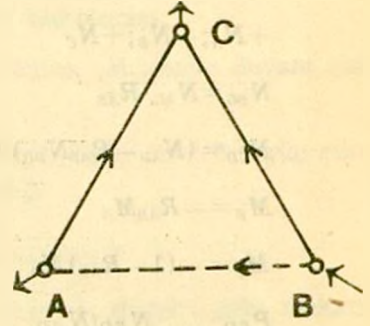
$$N_{AD} = (1 - R_{AB}) N_{CD} + R_{AB} N_{BD}$$

$$M_C = (1 - R_{AB}) M_B / R_{AB}$$

$$M_A = -M_B / R_{AB}$$

$$\frac{P_{CD}}{P_{BD}} = -\frac{N_{CD}/N_{BD}}{N_{CG}/N_{BG}}$$

$$\frac{P_{AD}}{P_{BD}} = -\left(1 - \frac{N_{CD}/N_{BD}}{N_{CG}/N_{BG}}\right)$$



Şek. 3

- 4) A, Yüksek hız yardımcı,
B, Düşük hız girişi,
C, Orta hız çıkışı.

$$-N_A; +N_B; +N_C$$

$$N_{AG} = R_{AB} N_{BG}$$

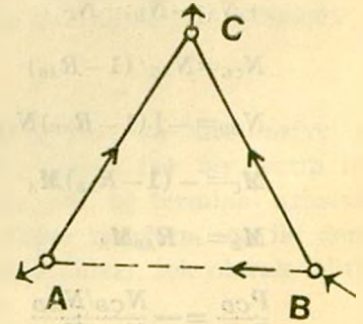
$$N_{CD} = N_{AD} - R_{AB} N_{BD} / (1 - R_{AB})$$

$$M_A = -M_B / R_{AB}$$

$$M_C = (1 - R_{AB}) M_B / R_{AB}$$

$$\frac{P_{AD}}{P_{BD}} = -\frac{N_{AD}/N_{BD}}{N_{AG}/N_{BG}}$$

$$\frac{P_{CD}}{P_{BD}} = -\left(1 - \frac{N_{AD}/N_{BD}}{N_{AG}/N_{BG}}\right)$$



Şek. 4

5) A, Yüksek hız yardımcı,

B, Düşük hız çıkışı,

C, Orta hız girişi.

$$+N_A; +N_B; +N_C$$

$$N_{AG} = (1 - R_{AB})N_{CG}$$

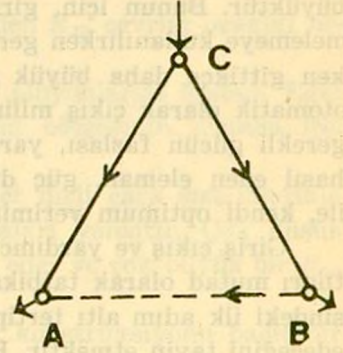
$$N_{BD} = - \left[(1 - R_{AB})N_{CD} - N_{AD} \right] / R_{AB}$$

$$M_A = -M_C / (1 - R_{AB})$$

$$M_B = R_{AB}M_C / (1 - R_{AB})$$

$$\frac{P_{AD}}{P_{CD}} = - \frac{N_{AD}N_{CD}}{N_{AG}N_{CG}}$$

$$\frac{P_{BD}}{P_{CD}} = - \left(1 - \frac{N_{AD}N_{CD}}{N_{AG}N_{CG}} \right)$$



Şek. 5

6) A, Yüksek hız çıkışı,

B, Düşük hız yardımcı,

C, Orta hız girişi.

$$+N_A; +N_B; +N_C$$

$$N_{BG} = - (1 - R_{AB})N_{CG} / R_{AB}$$

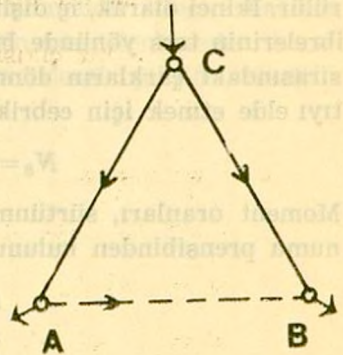
$$N_{AD} = (1 - R_{AB})N_{CD} + R_{AB}N_{BD}$$

$$M_B = R_{AB}M_C / (1 - R_{AB})$$

$$M_A = -M_C / (1 - R_{AB})$$

$$\frac{P_{BD}}{P_{CD}} = - \frac{N_{BD}N_{CD}}{N_{BG}N_{CG}}$$

$$\frac{P_{AD}}{P_{CD}} = - \left(1 - \frac{N_{BD}N_{CD}}{N_{BG}N_{CG}} \right)$$



Şek. 6

Bir diferansiyelle birleştirilmiş güç hasil eden sistem, bütün mevcut giriş gücünü kullanarak düz dişli sistemlerinden daha hızlı bir harekete başlama temin eder. Harekete geçmede, çıkış milindeki yük umumiyetle mili çabuk olarak ivmelenmeye müsaade etmeyecek kadar çok büyüktür. Bunun için, giriş gücünün bir kısmı, yükü yavaş olarak ivmelenmeye kullanılırken geri kalanı yardımcı uca yönelir. Yük ivmelenirken gittikçe daha büyük güç, normal çalışma hızına erişinceye kadar, otomatik olarak çıkış miline yönelir. Çıkış milinin hızını muhafaza için gerekli gücün fazlası, yardımcı uç tarafından kullanılır. Bu yolla, güç hasil eden eleman, güç düzenlemesinin diferansiyelin içinde yapılması ile, kendi optimum veriminde çalışabilir.

Giriş çıkış ve yardımcı terminaller arasındaki hız ve moment bağıntıları mutad olarak tatbikat ile sınırlanmıştır. Bunun için, seçim prosesindeki ilk adım altı tertipten hengisinin istenen hız bağıntılarını temin edeceğini tayin etmektir. Bundan sonra, sabit taşıyıcı çevrim oranı R_{AB} , seçilmiş tertip için olan denklemler kullanılarak hesaplanır.

4. Hız ve Moment:

Diferansiyel dişli çark mekanizmalarının temel hız ve moment bağıntıları, mekanizma hareketini iki adıma ayırarak çıkarılır. İlk olarak, bütün birim, rijit bir cisim olarak saat ibreleri yönünde bir tur döndürülür. İkinci olarak, iç dişli veya güneş dişli taşıyıcı sabit tutulurken saat ibrelerinin ters yönünde bir tur döndürülür. Bundan sonra, bu iki adım sırasındaki çarkların dönme sayıları, genel hız oranlarını veren bağıntıyı elde etmek için cebrik olarak toplanır.

$$N_B = - [(1 - R_{AB})N_C - N_A] / R_{AB}$$

Moment oranları, sürtünme kayıplarını çıkarmadan önce, gücün korunumu prensibinden bulunur.

$$M_A = -M_B / R_{AB}$$

$$M_A = -M_C / (1 - R_{AB})$$

$$M_B = R_{AB} M_C / (1 - R_{AB})$$

Bu denklemler her tertip için liste halinde verilmiş olan hız ve güç bağıntılarının esasını teşkil eder. Giriş, çıkış ve yardımcı arasındaki hız ve moment oranlarının tertipler arasında farklı, fakat güç oranlarının bütün altı tertip için tek olarak aynı olduğuna dikkat etmek daha çekicidir. Böylece, istenen güç ve hız şartlarını sağlayan çevrim oranının tayininde tertibin önceden bilinmesine ihtiyaç yoktur. Ve başlangıç konstrüksiyon hesaplamaları seçimden önce yapılabilir.

Seçim ve tertipte takip edilecek umumi prosedür şu şekildedir.

1 — Giriş ve yardımcı millerin güç oranlarına dayanarak, harekete geçmedeki, $N_{\text{yardımcı}, G} / N_{\text{GİRİŞ}, G}$ istenen hız oranını hesapla.

2 — Bileşenlerin hız karakteristiklerine en iyi uyan giriş, çıkış ve yardımcı hız tertibini seç; mesela, yüksek hız girişi, düşük hız çıkışı, orta hız yardımcı.

3 — Seçilmiş tertip için, uygun denklemden R_{AB} çevrim oranını hesapla.

4 — Eğer $2 \leq |R_{AB}| \leq 4$ ise basit planet pinyonlarını kullan. Eğer $1,5 \leq |R_{AB}| \leq 7$ ve basit planet konstrüksiyonu bölgesinin dışında ise, kompund planet pinyonları kullan.

R_{AB} nin mutlak değerlerinin sahaları planet dişli çark sistemlerinin fiziki olarak gerçekleştirilmesindeki sınırlamaları yansıtır. Çok düşük bir R_{AB} planet pinyonunda alttan kesilme hasıl eder ve çok büyük bir R_{AB} hacimli bir sistem hasıl eder.

Kompund planetli dişli çark sistemlerinin konstrüksiyonu basit bir sistemden farklıdır, bu sistemde her bir planet pinyon takımı, katı bir kısım olarak ortak bir eksene göre dönen farklı taksimat dairesi çaplı iki dişli çarktan müteşekkildir. Böylece, kompund bir sistem, aşırı dişli çark geometrisi istekleri olmaksızın hız oranları için daha geniş bir sahaya sahiptir.

Sürtünme güç kayıpları ihmal edilemez ise veya eğer hız ve güç bağıntıları tam olarak bilinmeli ise, sürtünme güç kayıpları ilâve edilerek veya çıkarılarak güç oranı denklemleri değiştirilmelidir. Geçici hal hız değişimleri esnasındaki tam denklemlerin tayininde, denklemler ivmeme veya yavaşlama güç değişmelerini ihtiva edecek şekilde düzeltilmelidir.

5. Semboller

- A Güneş dişli
- B İç dişli
- C Taşıyıcı
- R_{AB} Sabit taşıyıcı çevrim oranı
- N Devir sayısı
- M Moment
- P Güç
- G Hareket geçme
- D Normal çalışma

LİTERATÜR

- 1 — Fred A. Shen. «Power Flow in A Differential» Mach. Des. April 8, 1976
- 2 — H. E. Meritt. «Gear Engineering» 1971
- 3 — Herbert W. Müller «Die Umlaufgetriebe» 1971 Konstruktionsbucher Band 28

Derginin Yayınlanması ve Dergiye Verilecek Yazıların Hazırlanması ile İlgili Esaslar :

- 1 — Dergi normal olarak senede dört sayı olarak yayınlanır. Yazı heyeti tarafından gerekli görüldüğü hallerde ilâve sayıların çıkarılması mümkündür.
- 2 — Dergi, Sakarya D.M.M. Akademisi öğretim kadrosu tarafından yapılan araştırma ve incelemelerin sonuçlarını neşretmek gayesiyle yayınlanmakla beraber, Akademiye mensup olmayan müelliflerin yazıları da neşredilebilir.
- 3 — Yazılar, daktilo ile seyrek olarak kâğıdın bir yüzüne yazılmalı ve iki nüsha olarak Dergi sekreterliğine verilmelidir.
- 4 — Metnin tertibinde :
 - a) Yazarın adı.
 - b) Yazarın bağlı olduğu Fakülte ve Kürsü adı.
mevcut olmalı ve yazı, şekil ve resimler hariç 15 daktilo sahifesini aşmamalıdır. Müellifinin müracaatı üzerine kısaltılamıyacağı anlaşılmalı daha uzun yazıların, Yazı Heyetinin kararı ile basılması mümkündür. Başlık 50 harften uzun olmamalıdır.
- 5 — Yazı, mümkün olduğu kadar şu bölümlerden teşekkül etmelidir :
 - 1 — Giriş ve maksad,
 - 2 — Kullanılan notasyon,
 - 3 — Ele alınan konu ile ilgili çalışmalar,
 - 4 — Konunun incelenmesi,
 - 5 — Varılan sonuçlar,
 - 6 — Ekler,
 - 7 — Bibliyografya.
- 6 — Referanslar, metinde numaralanarak belirtilmeli ve muhakkak yazı sonunda bibliyografya kısmına verilmelidir. Tercüme ve nakil yazılar için mehz göstermek mecburidir.
- 7 — Şekiller, teknik resim kaidelerine uygun olarak çini mürekkeple aydinger'e büyük ölçekte çizilmeli ve metin içinde yeri işaretlenerek hangi ölçüde küçültüleceği belirtilmelidir.
Şekiller üzerindeki yazı ve rakamlar, şekillerin büyüklüğüne uygun olmalı, temiz yazılmalı, küçültme halinde seçkin ve okunaklı kalabilmelidir. Yazı heyeti lüzum gördüğü şekilleri yeniden çizdirmeye ve gerekli ücreti telif ve tercüme hakkından mahsup etmeye yetkilidir.
Fotoğraflar, parlak kâğıda çok net bir şekilde basılmış olmalı ve ne ölçüde küçültüleceği arkasında belirtilmelidir.
- 9 — Yazılar «Sakarya D.M.M. Akademisi Dergisi Yazı Heyeti Sekreterliği - Adapazarı» adresine gönderilmelidir.
- 10 — Gönderilen yazılar geri verilmez.
- 11 — Dergide yayınlanacak yazılarda ileri sürülecek mütalaaaların ve formüllerin yanlışlığından doğacak sorumluluk yazı sahiplerine aittir.
- 12 — Müellifi tarafından vaktinde tashih edilmeyen yazılar, Yazı Heyetinin uygun göreceği bir şahsa tashih ettirilir ve ücreti telif hakkından ödenir.
- 13 — Bir sayfada 5 ten fazla yanlış kalan yazılar tashih edilmemiş sayılır.
- 14 — Telif hakları ve belirtilmemiş diğer hususlar hakkında «Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademiler Yayın Yönetmeliği» hükümleri muteberdir.