



ชนิดของกระแสดและเทคนิคการกระตุ้น

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

นักศึกษากายภาพบำบัด2: **เทอมปลาย2555**



รศ.ดร.สมชาย รัตนทองคำ
สายวิชากายภาพบำบัด
คณะเทคนิคการแพทย์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กระแส/เครื่องกระตุ้นฯ ที่ใช้ในปัจุบัน



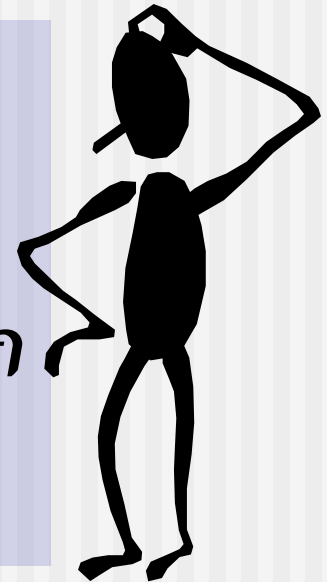
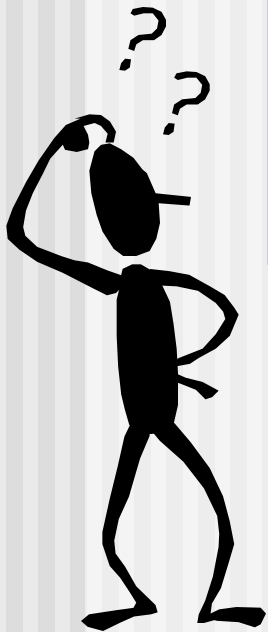
- Galvanic Current (DC, True DC)
- IDC (Interrupted Direct Current)
- Faradic
- Diady (Diadynamic Current)
- **TENS** (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)
- High Voltage (High Voltage Galvanic Current)
- IFC (Interferential Current)
- โปรแกรมอัตโนมัติ/กดปุ่ม
- etc ...



ประเด็นวันนี้



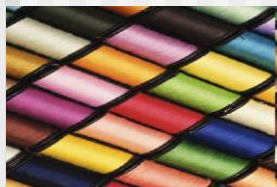
- ลักษณะเฉพาะของกระแสฯ
- ผลทางสรีรวิทยา และผลการรักษา
- เทคนิคฯ/การประยุกต์ใช้ทางคลินิก
- อภิปรายร่วมกัน





กระแสไฟตรง

Galvanic, DC

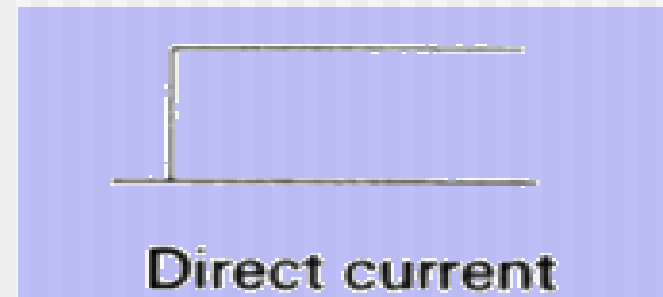




กระแสไฟฟ้าตรง **DC/Galvanic**

ลักษณะเฉพาะ

- ช่วงกระตุ่นยาวไม่มีช่วงพัก
- มีกระแสเฉลี่ยค่อนข้างสูง
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี: กรด-ด่าง
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-ความร้อน





กระแสไฟฟ้าตรง **DC/Galvanic**

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ชา, แสบ, ร้อน, คัน
- ไม่มี/ไม่เห็น การหดตัวของกล้ามเนื้อ
- เกิดผื่นแดงใต้ขั้วกระตุ้น

ลักษณะเฉพาะ

- ช่วงกระตุ้นยาวไม่มีช่วงพัก
- มีกระแสเฉลี่ยค่อนข้างสูง
- ปฏิกริยาไฟฟ้า-เคมี: กรด-ด่าง
- ปฏิกริยาไฟฟ้า-ความร้อน



กระแสไฟฟ้าตรง **DC/Galvanic**

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้

- ชา: ระวังปวด
- ไม่เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- คั้น, ร้อน, แดง, ไหม้พอง: ความร้อน, กรดต่าง
- ดึงน้ำออกจากเซลล์: ลดบวม+, นุ่ม-
- ผลักดันตัวยาผ่านผิวหนัง: ผลของขั้ว
- ลดศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์: *depolarization*
- เสริมกระบวนการซ่อมแซม: ผลของขั้ว

ลักษณะเฉพาะ

- ช่วงกระตุ้นยาวไม่มีช่วงพัก
- มีกระแสเฉลี่ยค่อนข้างสูง
- ปฏิกริยาไฟฟ้า-เคมี: กรด-ด่าง
- ปฏิกริยาไฟฟ้า-ความร้อน



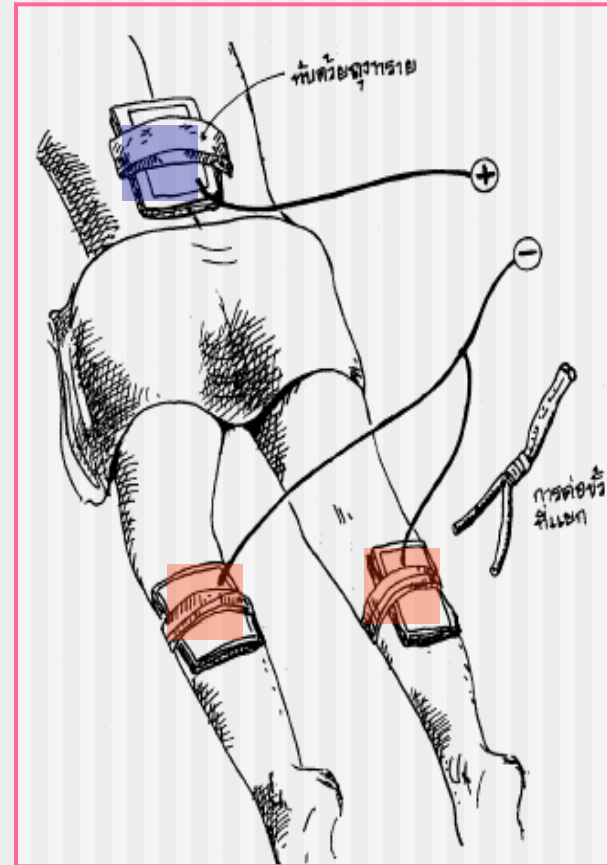
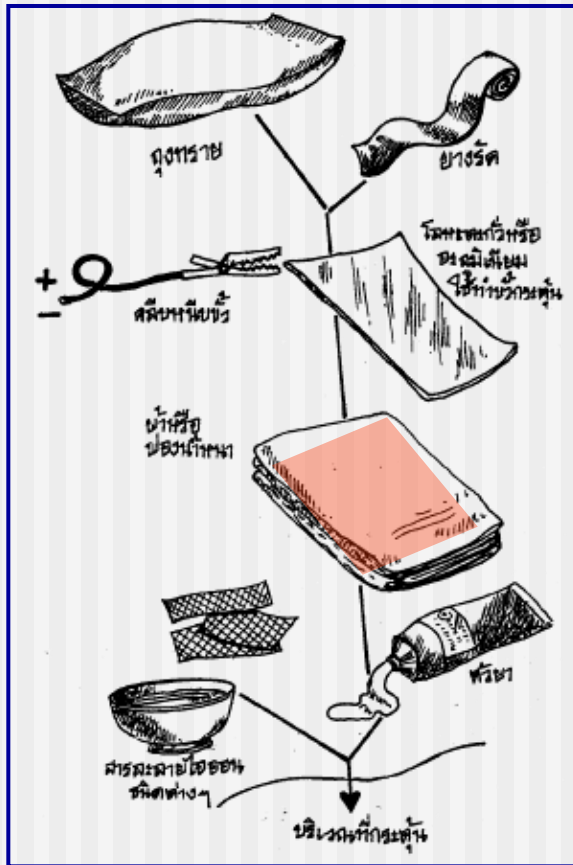
กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*

เทคนิคเฉพาะ/หลักการ

- การผลักดันตัวยาในรูปประจุ/สารละลาย
- ผ่านผิวหนัง ทางต่อมเหงื่อ
- ประจุเหมือนกันจะผลักกัน
- ประจุอยู่ในรูปของสารละลาย
- กระแสที่ใช้ DC, IDC
- ลดปวด, ลดบวม, ซ่อมแซมเนื้อเยื่อ

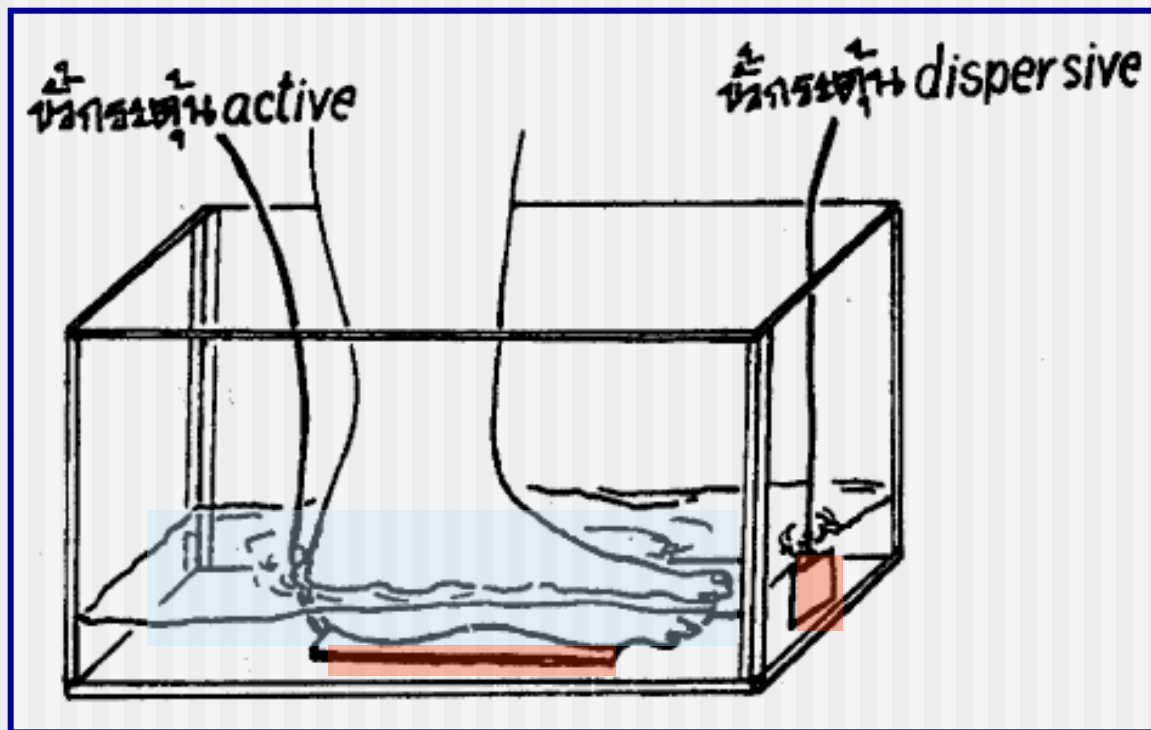


กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*





กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*





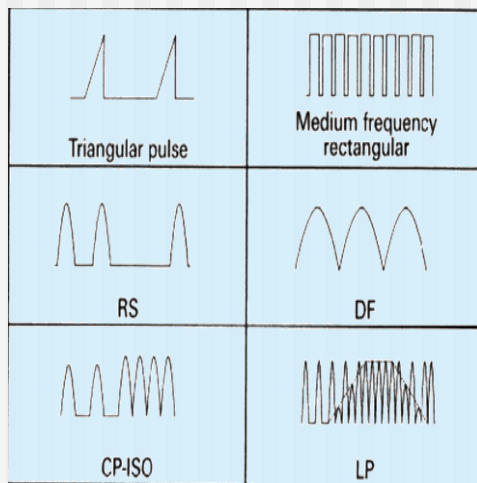
กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*

สารเคมี	ประจุ	ผลของยา	ใช้รักษา
hydrocortisone (0.5%)	+	ลดอาการอักเสบ	ข้อต่ออักเสบ กล้ามเนื้ออักเสบ
aescin (Reparil)	-	ชนิดเนียบพลาสมา ลดอาการอักเสบ ชนิดเนียบพลาสมา ลดบวม	bursitis เส้นเลือดอุดตัน กล้ามเนื้ออักเสบ bursitis
xylocaine (5%)	+	ลดปวด	เส้นประสาทอักเสบ bursitis ข้อต่ออักเสบ
acetic acid (2.5%)	-	ลดอาการอักเสบ	calcified tendinitis
iodine 2%	-	ทำให้แผลเป็นหนองตัว	แผลเป็นลดปวด บำรุง การติดของเนื้อเยื่อจากพังผืด
salicylate (Aspirin)	-	ลดปวด ลดบวม	ข้ออักเสบรูมาตอยด์ อาการปวดกล้ามเนื้อ
magnesium 2% (magnesium sulfate)	+	ลดการเกร็ง ลดปวด	ข้อต่อเสื่อม กล้ามเนื้ออักเสบ เส้นประสาทอักเสบ
copper 2% (copper sulfate)	+	ทำลายเนื้อเยื่อ บำรุง	ติดข้อกระดูก
zinc (zinc oxide)	+	ทำลายเนื้อเยื่อ บำรุง	หูด หนอง ฝี ผิวหนังอักเสบ ภาวะทางผิวหนัง และหู คอ จมูก
calcium 2% (calcium chloride)	+	ลดความไวของเนื้อเยื่อ	อาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ข้อติด
chloride 2% (sodium chloride)	-	ทำให้แผลเป็นหนองตัว	แผลเป็น การติดของเนื้อเยื่อจาก พังผืด
hyaluronidase (ใช้ร่วมกับสารละลาย acetate buffer)	+	ลดบวม ชะลอการเสื่อม	ข้อต่อเสื่อม



กระแสไฟตรงที่ปล่อยเป็นช่วง

Interrupted Direct current, IDC

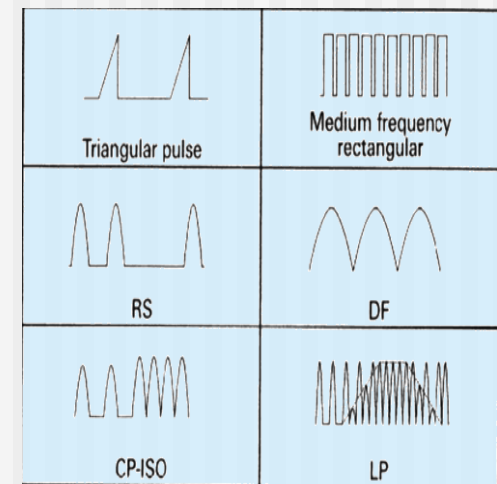




กระแสไฟ **IDC** (*Interrupted Direct Current*)

ลักษณะเฉพาะ

- มีช่วงกระตุ้นช่วงพัก, ความถี่ (ปรับค่าได้)
- ลักษณะกระแส: หลากหลาย
- จังหวะการปล่อย: หลากหลาย
- กระแสเฉลี่ยขึ้นกับช่วงพักและช่วงกระตุ้น
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน?
- *TENS, Diadynamic, HVGC, ฯลฯ*



กระแสไฟ **IDC** (*Interrupted Direct Current*)



ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ซา, แสบ, ร้อน (*ขึ้นกับการปรับค่า*)
- เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- เกิดผื่นแดงใต้ข้อกระตุ้น
- ผลระดับเซลล์ เนื่องจากประจุ

ลักษณะเฉพาะ

- มีช่วงกระตุ้นช่วงพัก, ความถี่ (ปรับค่าได้)
- ลักษณะกระแส: หลากหลาย
- จังหวะการปล่อย: หลากหลาย
- กระแสเฉลี่ยขึ้นกับช่วงพักและช่วงกระตุ้น
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน?
- TENS, Diadynamic, HVGC, ฯลฯ



กระแสไฟ **IDC** (*Interrupted Direct Current*)

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้
(ขึ้นกับการปรับค่าตัวแปรทางไฟฟ้า/เทคนิคการกระตุ้น ฯลฯ)

- กระตุ้นกล้ามเนื้อ-เส้นประสาท
- หาดูมอเตอร์/เส้นโค้งเอสดี
- ฝึกการทำงานกล้ามเนื้อ
- ระวังปวด
- เพิ่มการไหลเวียน
- ผลระดับเซลล์ เนื่องจากประจุ

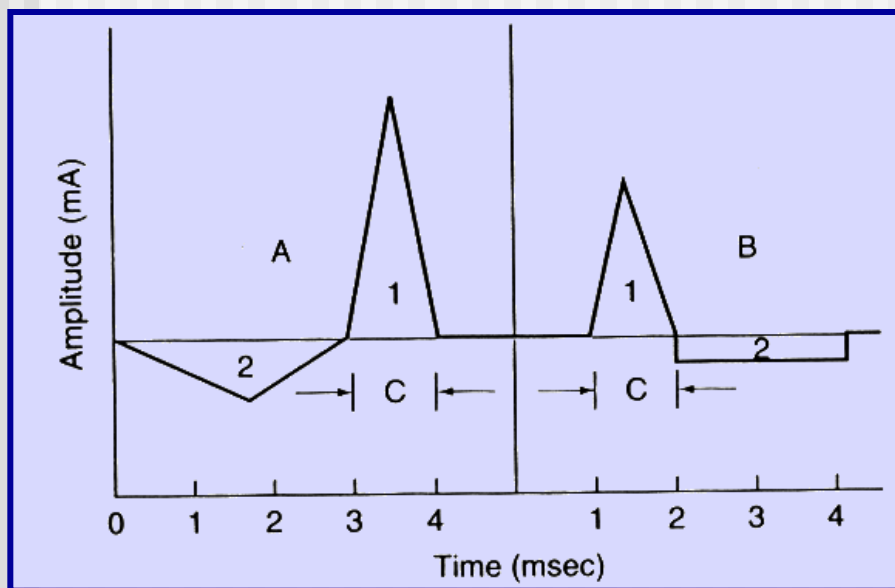
ลักษณะเฉพาะ

- มีช่วงกระตุ้นช่วงพัก, ความถี่ (ปรับค่าได้)
- ลักษณะกระแส: หลากหลาย
- จังหวะการปล่อย: หลากหลาย
- กระแสเฉลี่ยขึ้นกับช่วงพักและช่วงกระตุ้น
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน?
- TENS, Diadynamic, HVGC, ฯลฯ



กระแสไฟฟ้าฟาราดีก

Faradic Current

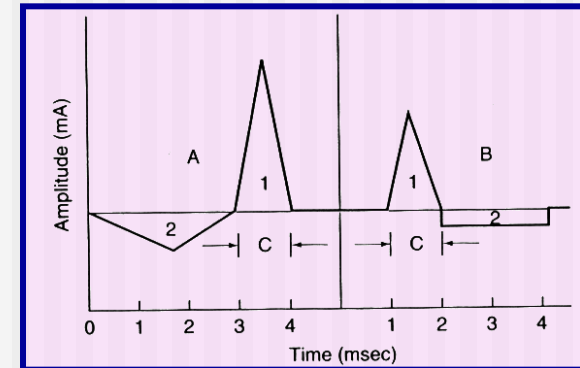




Faradic (*Faradic Current*)

ลักษณะเฉพาะ

- สมัยแรก 1960S คิดว่าสร้างจากกระแสลับ
- *biphasic Symmetric*
- *amplitude modulation (surge on-off)* มีหน่วย *sec*
- ช่วงกระตุ้น ประมาณ *1 ms*
- กระตุ้นได้เฉพาะกล้ามเนื้อที่มีเส้นประสาทมาเลี้ยง





Faradic (Faradic Current)

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- แสบ, ร้อน (น้อยกว่า *DC*)
- กล้ามเนื้อหดตัวเกร็งค้างเป็นจังหวะ
- เกิดผื่นแดงใต้ขั้วกระตุ้น

ลักษณะเฉพาะ

- *biphasic Symmetric*
- (*surge on-off*) มีหน่วย *sec*
- ช่วงกระตุ้น ประมาณ *1 ms*
- กระตุ้นได้เฉพาะกล้ามเนื้อปกติ



Faradic (Faradic Current)

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้

- กระตุ้นกล้ามเนื้อปกติ เพิ่มความแข็งแรง
- ลดบวม
- **เพิ่มการไหลเวียน**
- ฝึกการทำงานกล้ามเนื้อๆ
- เพื่อแก้ไขแนวสันหลังคด

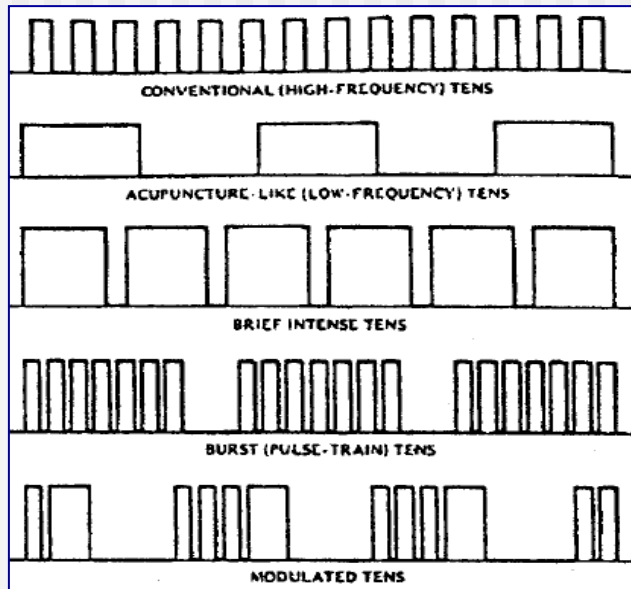
ลักษณะเฉพาะ

- **biphasic Symmetric**
- **(surge on-off)** มีหน่วย **sec**
- ช่วงกระตุ้น ประมาณ **1 ms**
- กระตุ้นได้เฉพาะกล้ามเนื้อปกติ



กระแสไฟฟ้าที่อ่อนแอ

TENS (*transcutaneous nerve stimulation*)

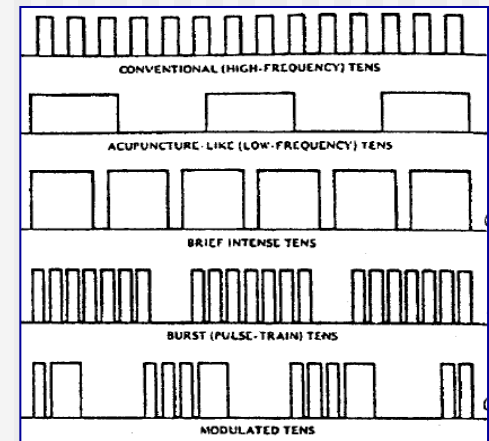




TENS (*transcutaneous nerve stimulation*)

ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** รูปสามเหลี่ยม/สี่เหลี่ยม
- **mono/biphasic, Symmetric, Asymmetric**
- **frequency, amplitude modulation (pattern)**
- ช่วงกระตุ้น น้อยกว่า **0.5 ms**
- นิยมกระตุ้นเพื่อการระงับปวด
- **Hi-TENS, Lo-TENS, Ac-TENS**





TENS (*transcutaneous nerve stimulation*)

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ซา ๆ เหมือนมดไต่
- อาจมีกล้ามเนื้อหดตัวเป็นจังหวะ
- อาจมีเจ็บ
- นิยมใช้ระงับปวดเฉียบพลัน/เรื้อรัง

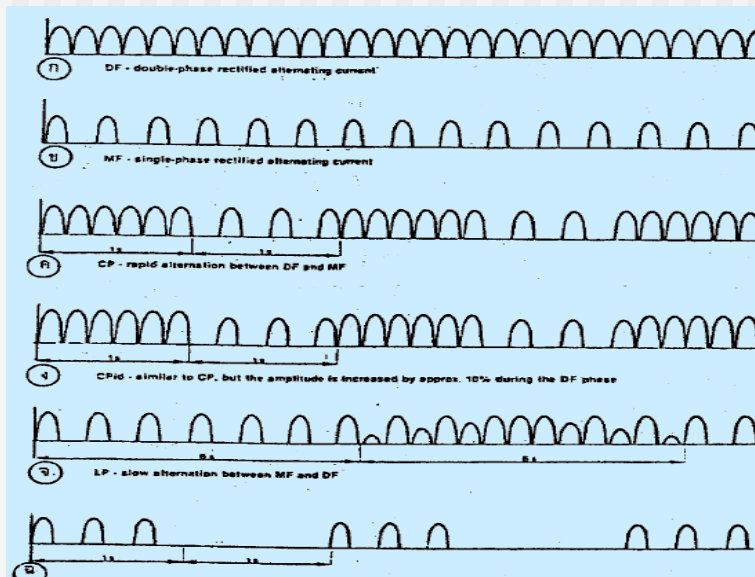
ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** รูปสามเหลี่ยม/สี่เหลี่ยม
- **mono/biphasic, Sym/Asym**
- **frequency, amplitude mod.**
- ช่วงกระตุ้น น้อยกว่า **0.5 ms**
- นิยมกระตุ้นเพื่อการระงับปวด
- **Hi-TENS, Lo-TENS, Ac-TENS**



กระแสไฟไดอะไดนามิกส์

Diadynamic, diady

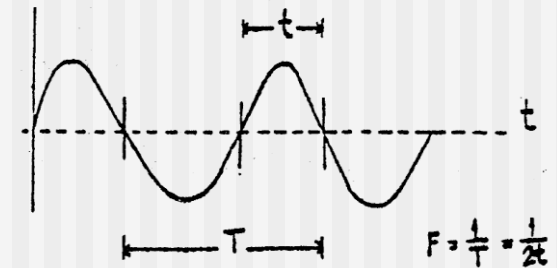




Diady (*Diadynamic Current*)

■ ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** แบบ *half wave* แบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ **10 ms**
- **frequency modulation**
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี / ความร้อน
- **DF, MF, LP, CP, RS**



$$F = 1/T \quad \text{หรือ} \quad F = 1/2t$$

T คือ ช่วงเวลากระตุ้น มีหน่วยเป็นวินาที

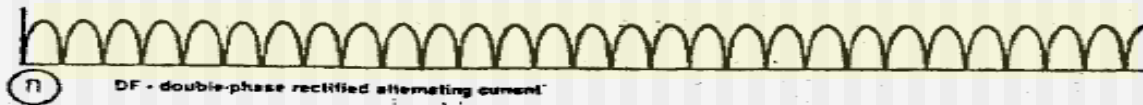
t คือ ช่วงเวลาของเฟส มีหน่วยเป็นวินาที

F คือ ความถี่ของการกระตุ้น มีหน่วยเป็น รอบ/วินาที (Hz)

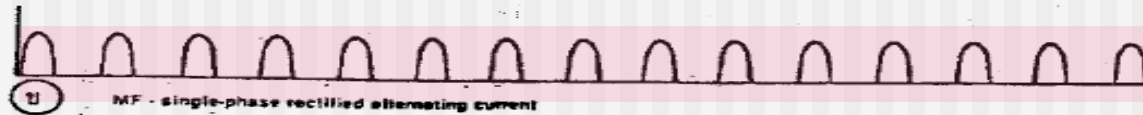


Diady (***Diadynamic Current***)

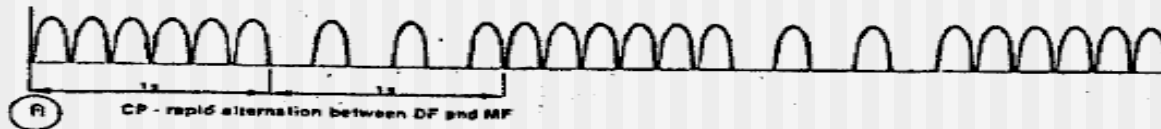
DF



MF



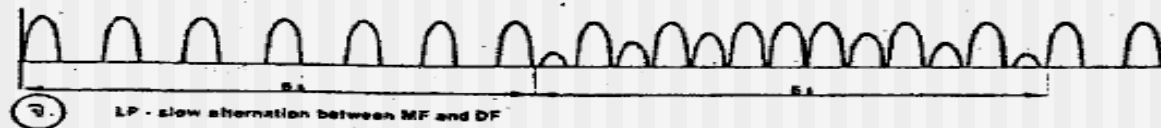
CP



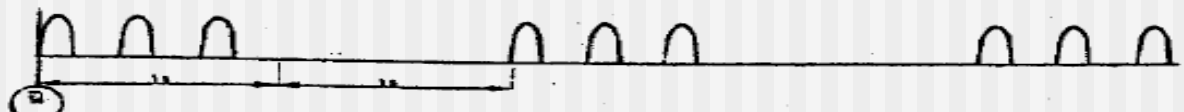
CPid



LP



RS





Diady (*Diadynamic Current*)

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ซา, แสบ, ร้อน (ขึ้นกับชนิด *diady*)
- เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- เกิดผื่นแดง
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต
- ผลระดับเซลล์

ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** แบบ **half wave** แบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ **50 ms**
- **frequency modulation**
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี / ความร้อน
- **DF, MF, LP, CP, RS**



Diady (*Diadynamic Current*)

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้

- ระวังปวด: ข้อแพลง
- เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต: เกิดผื่นแดง
- ผลระดับเซลล์

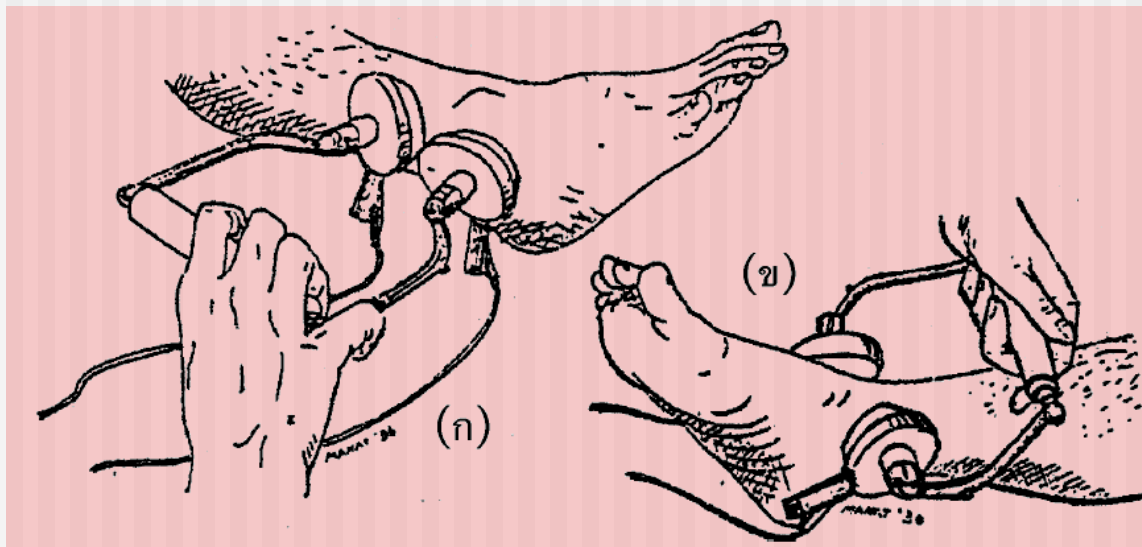
ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** แบบ **half wave** แบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ **50 ms**
- **frequency modulation**
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี / ความร้อน
- **DF, MF, LP, CP, RS**

Diady (*Diadynamic Current*)



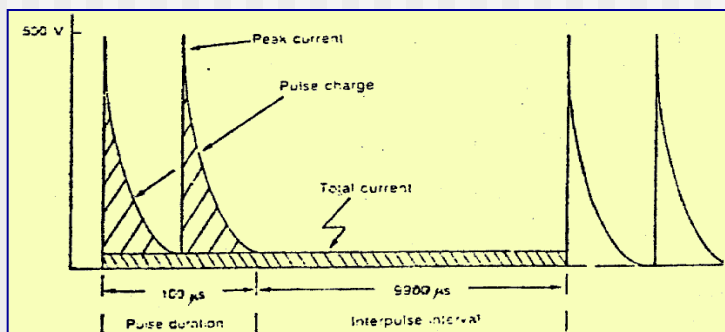
ขี้วกระตุ้นมือถือ ...





กระแสไฟตรงศักย์สูง

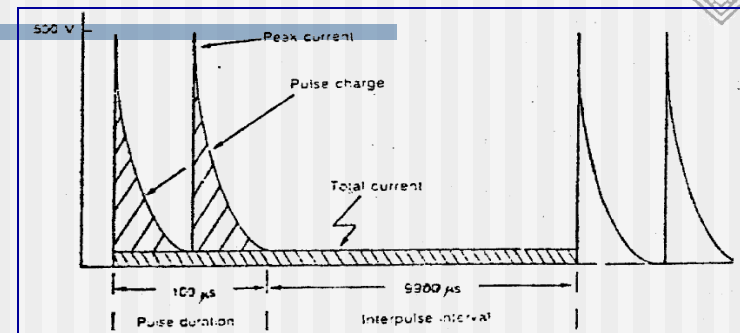
High Voltage Current, HVC





HVC (High Voltage Current)

■ ลักษณะเฉพาะ

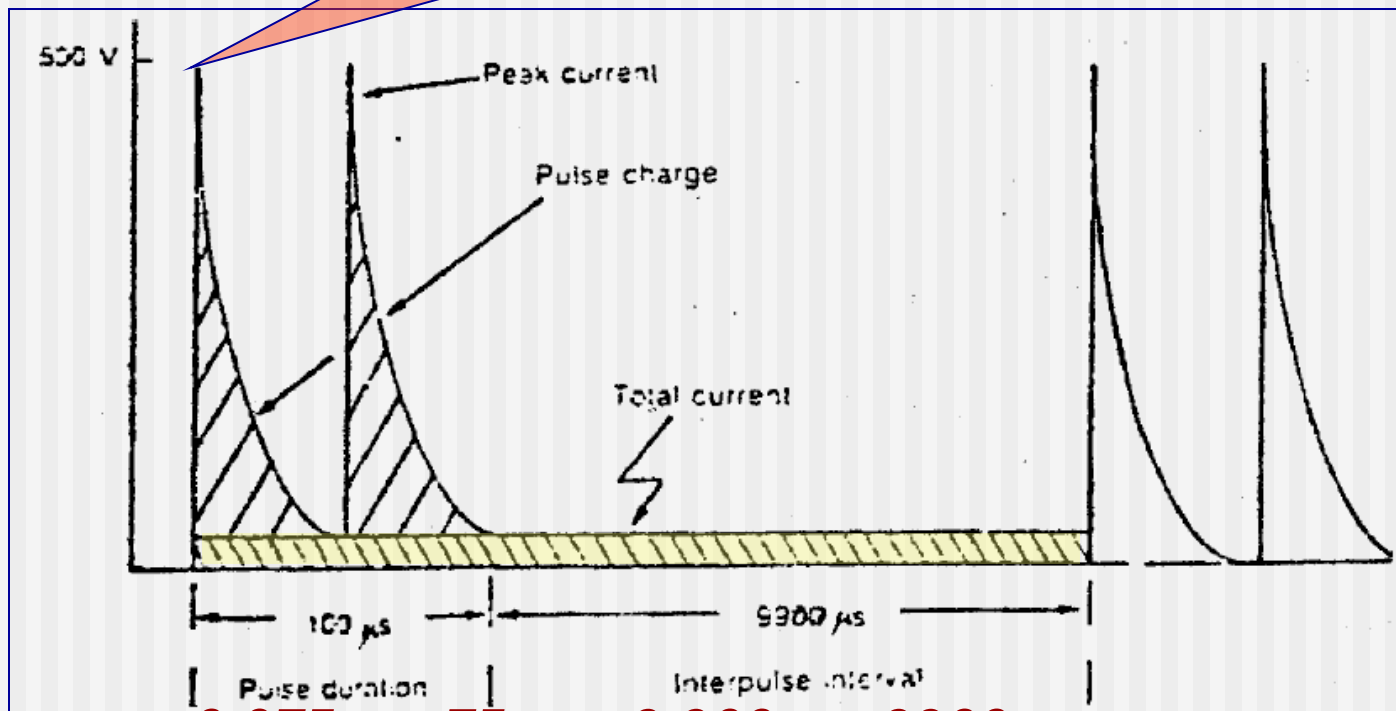


- IDC แบบ *monophasic (twin pulse)*
- ช่วงกระตุ้นสั้นมาก **$0.075\text{ ms}(75\mu\text{S})$**
- ช่วงกระตุ้นยาว **$9.900\text{ ms}(9900\mu\text{S})$**
- อัตราส่วน ช่วงกระตุ้น:ช่วงพัก = **$1:1000$**
- ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน



กระแสไฟตรงศักย์สูง **HVC** ...

500 v, 2500 mA



0.075 ms, 75 μ s 9.900 ms, 9900 μ s 1:1000



กระแสไฟตรงศักย์สูง **HVC ...**

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี, ไม่เจ็บ
- เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อปกติ
- ไม่สามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงให้ตอบสนอง
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต, ลดบวม
- ลดการเกร็ง, เพิ่ม ROM
- ผลระดับเซลล์, ซ่อมแซมเนื้อเยื่อ

ลักษณะเฉพาะ

- IDC แบบ **monophasic (twin pulse)**
- ช่วงกระตุ้นสั้นมาก **0.075 ms (75 μ S)**
- ช่วงกระตุ้นยาว **9.900 ms (9900 μ S)**
- อัตราส่วนช่วงกระตุ้น:ช่วงพัก = **1:1000**
- ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน



กระแสไฟฟ้าตรงสัณยสูง **HVC ...**

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้

- ระบุปวด: *high frequency TENS*
- ฝึกกล้ามเนื้อให้แข็งแรง/ทนทาน
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต
- ผลระดับเซลล์

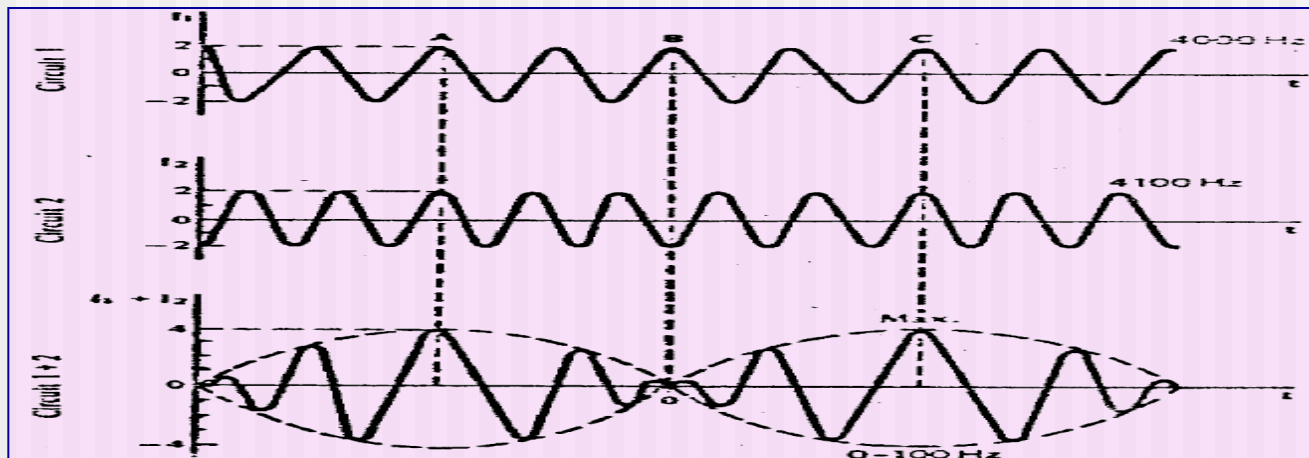
ลักษณะเฉพาะ

- IDC แบบ *monophasic (twin pulse)*
- ช่วงกระตุ้นสั้นมาก **0.075 ms (75 μ S)**
- ช่วงกระตุ้นยาว **9.900 ms (9900 μ S)**
- อัตราส่วนช่วงกระตุ้น: ช่วงพัก = **1:1000**
- ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน



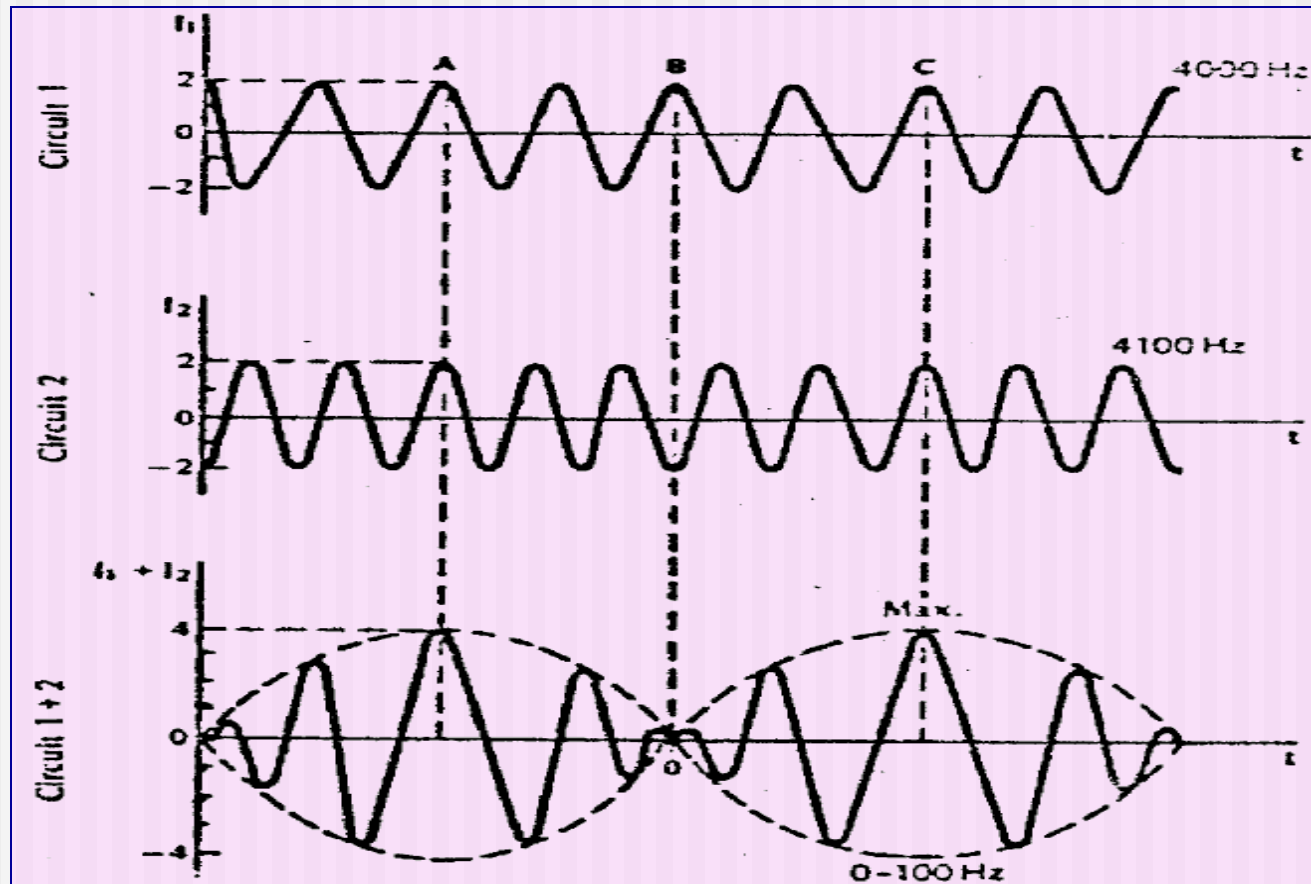
กระแสไฟอินเตอร์เฟอเรนเชียล

Interferential Current, IFC





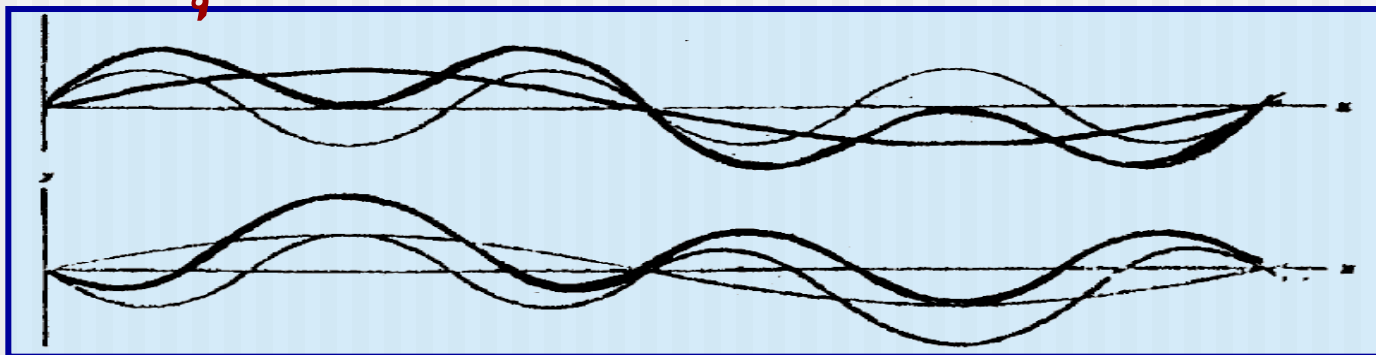
กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ...



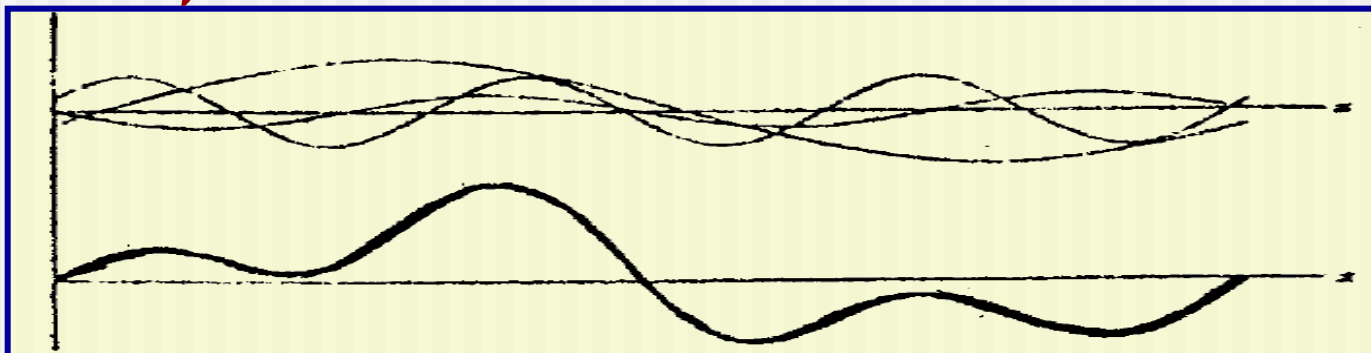


กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

- คลื่น 2 ชุดแทรกสอดกันความถี่ต่างกัน $1/3$



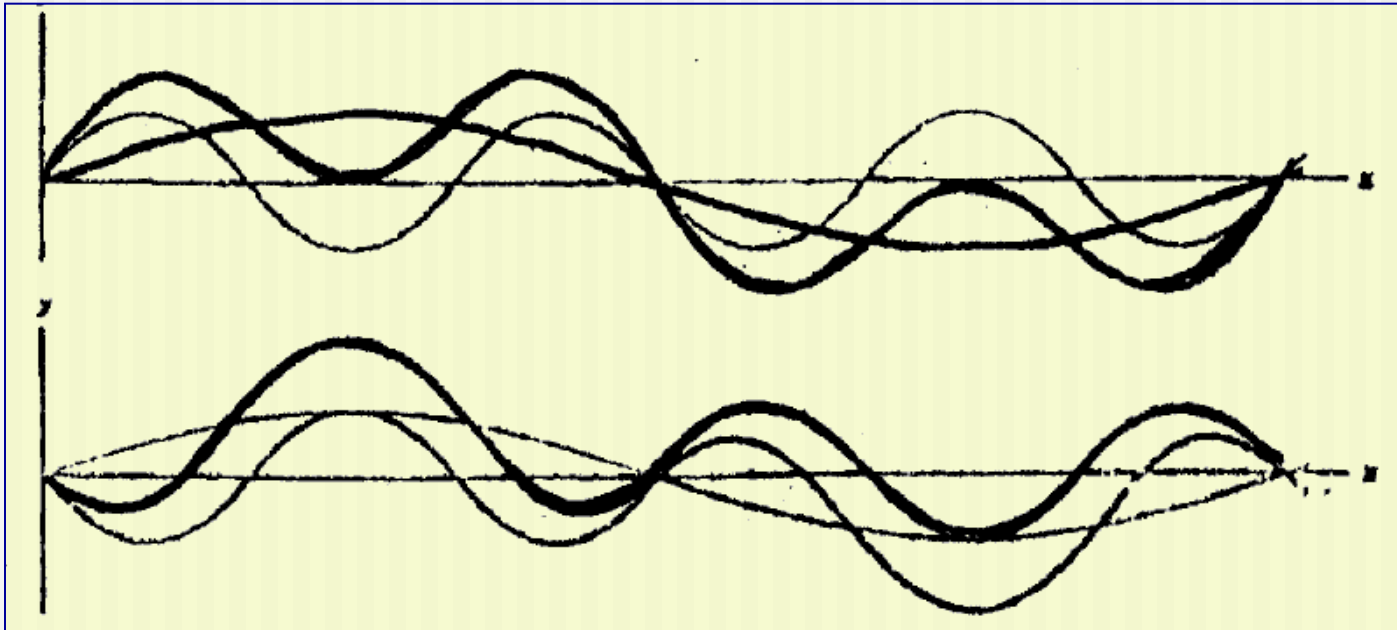
- คลื่น 3 ชุด แทรกสอดกัน





กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

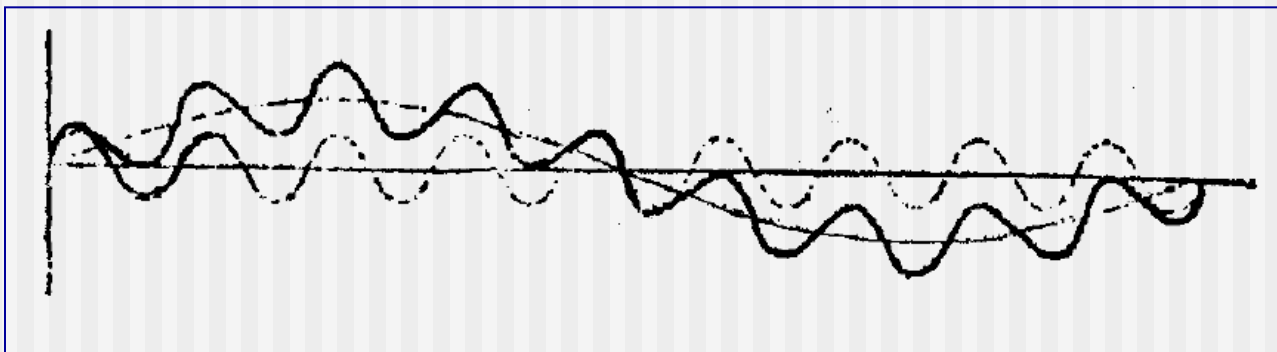
- คลื่น 2 ชุด แทรกสอดกันความถี่ต่างกัน $1/3$



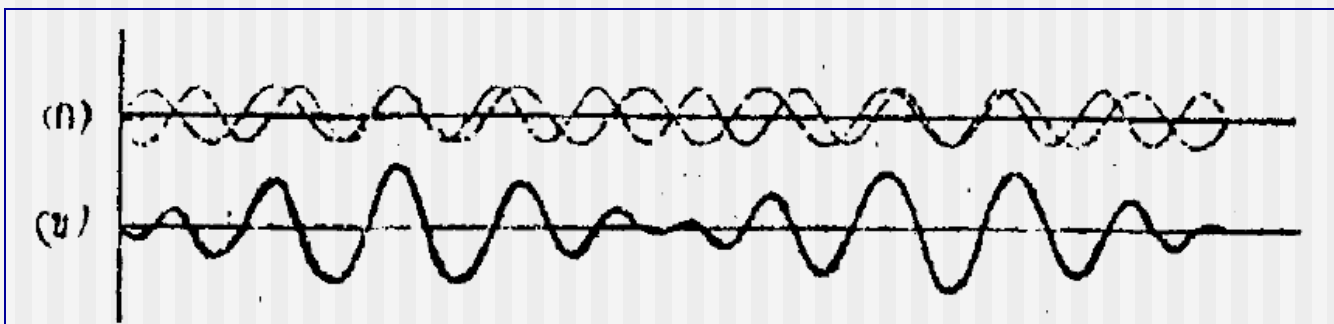


กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

■ แทรกสอดกันความถี่ต่างกันมาก



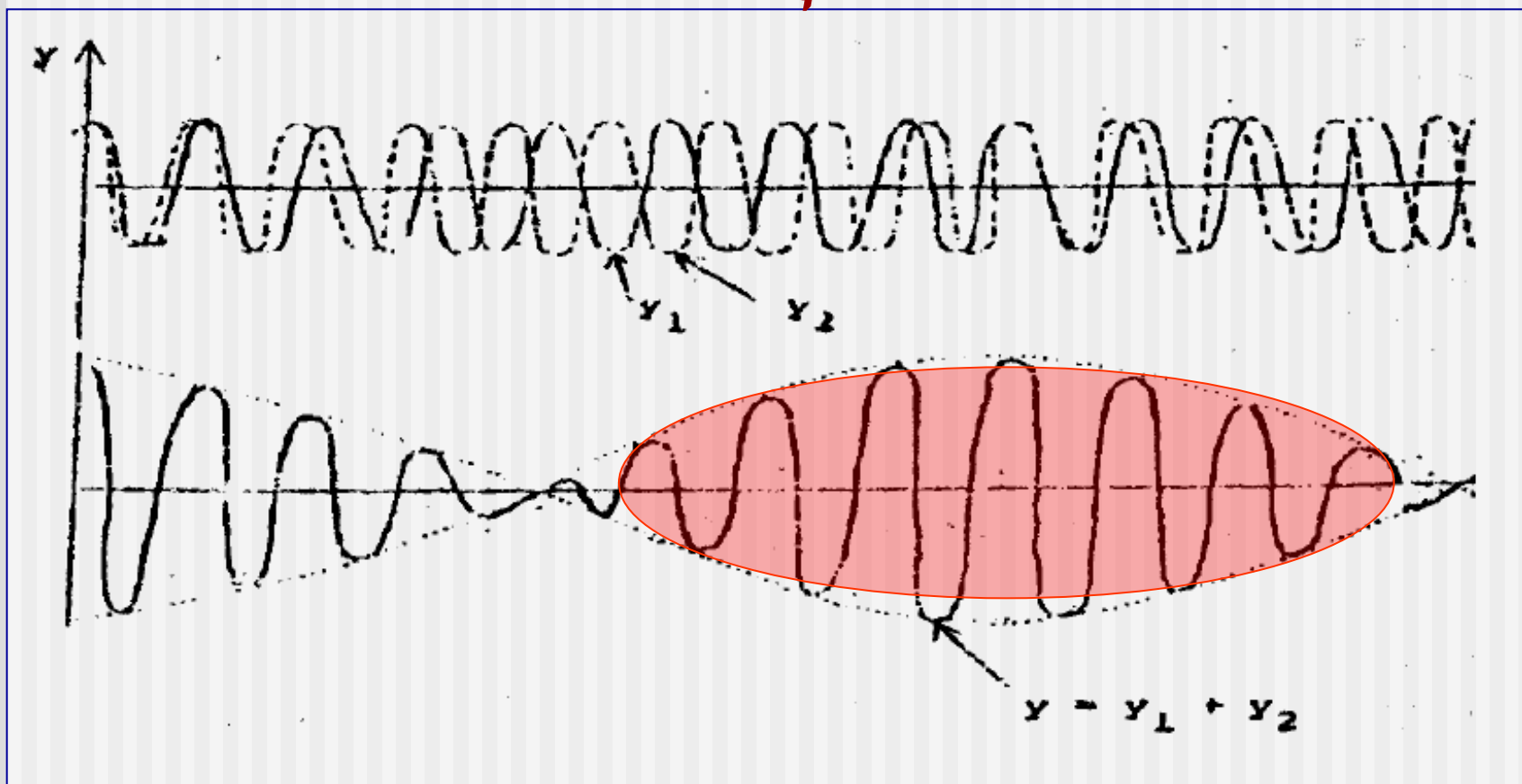
■ แทรกสอดกันความถี่ต่างกันไม่มากเกิดบีตส์





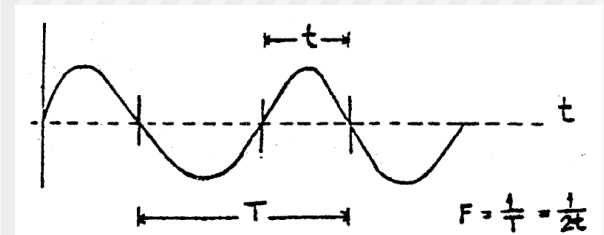
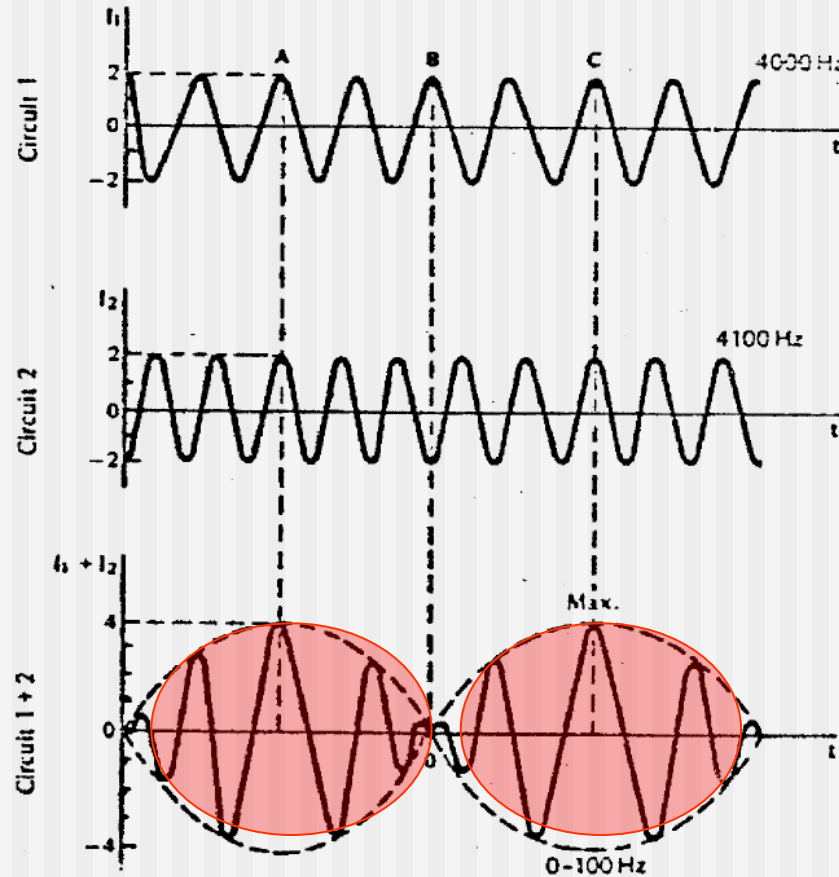
กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

- การเกิดบีตส์ของคลื่น 2 ชุด, กระแส IFC





กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ...



$F = 1/T$ หรือ $F = 1/2 t$

T คือ ช่วงเวลากระตุ้น มีหน่วยเป็นวินาที

t คือ ช่วงเวลาของเฟส มีหน่วยเป็นวินาที

F คือ ความถี่ของการกระตุ้น มีหน่วยเป็น รอบ/วินาที (Hz)



กระแส **IFC** vs *Russian Current* ...

■ คุณสมบัติเฉพาะ *IFC* ทั้งหมด

- กระแสสลับ (2-4 KHz) มากกว่า 2 ขบวน
- เกิดการแทรกสอดความถี่บีตส์ 10-100 Hz
- ผ่านผิวหนังได้ง่าย
- กระตุ้นกล้ามเนื้อในส่วนลึก
- แทรกสอดภายนอก (2 ชั่วโมง)
- แทรกสอดภายในร่างกายแบบคงที่ และเปลี่ยนแปลงความถี่ (4-6 ชั่วโมง)

Russian Current (IFC)

- กระแสสลับความถี่
2,500–5,000 Hz
- ความถี่บีตส์ 50 bps
- *Time modulation AC*



กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล **IFC ...**

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี, ไม่เจ็บ
- เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อปกติ
- ไม่สามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงให้ตอบสนอง
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต, ลดบวม
- ลดการเกร็ง, เพิ่ม ROM
- ผลระดับเซลล์, ซ่อมแซมเนื้อเยื่อ

คุณสมบัติเฉพาะ IFC ทั่วไป

- กระแสสลับ (2-4 KHz) มากกว่า 2 ขบวน
- เกิดการแทรกสอดความถี่บีตส์ 10-100 Hz
- ผ่านผิวหนังได้ง่าย
- กระตุ้นกล้ามเนื้อในส่วนลึก
- แทรกสอดภายนอก (2 ขั้ว)
- แทรกสอดภายในร่างกายแบบคงที่ และเปลี่ยนแปลงความถี่ (4-6 ขั้ว)

५५५५.