



ชนิดกระแสด,เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ&เส้นประสาท และเทคนิคการกระตุ้น

นักศึกษากายภาพบำบัด: 2559



รศ.ดร.สมชาย รัตนทองคำ
สายวิชากายภาพบำบัด
คณะเทคนิคการแพทย์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กระแส/เครื่องกระตุ้นฯ ที่ใช้ในปัจจุบัน



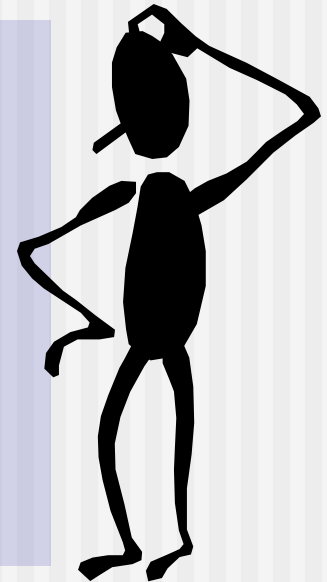
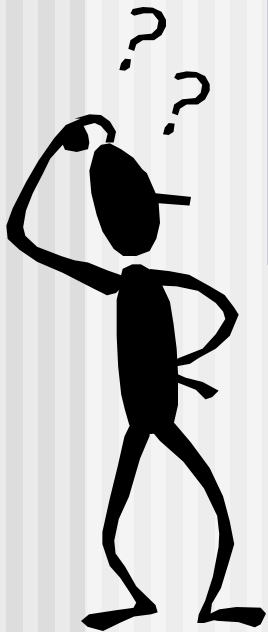
- Galvanic Current (DC, True DC)
- IDC (Interrupted Direct Current)
- Faradic
- Diady (Diadynamic Current)
- **TENS** (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)
- High Voltage (High Voltage Galvanic Current)
- IFC (Interferential Current)
- โปรแกรมอัตโนมัติ/กดปุ่ม
- etc ...



ประเด็นวันนี้



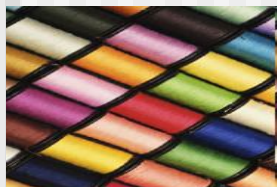
- ลักษณะเฉพาะของกระแสฯ
- ผลทางสรีรวิทยา และผลการรักษา
- แนวทางการประยุกต์ใช้ทางคลินิก
- อภิปรายร่วมกัน





กระแสไฟตรง

Galvanic, DC

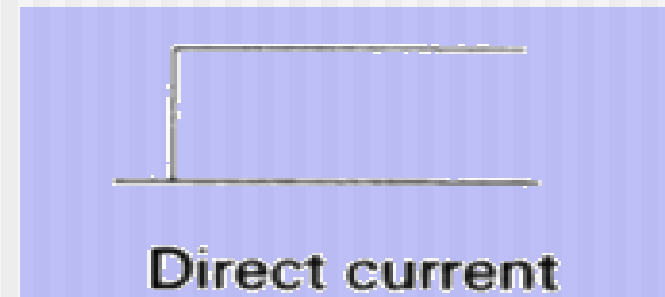




กระแสไฟฟ้าตรง **DC/Galvanic**

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

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

ลักษณะเฉพาะ

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



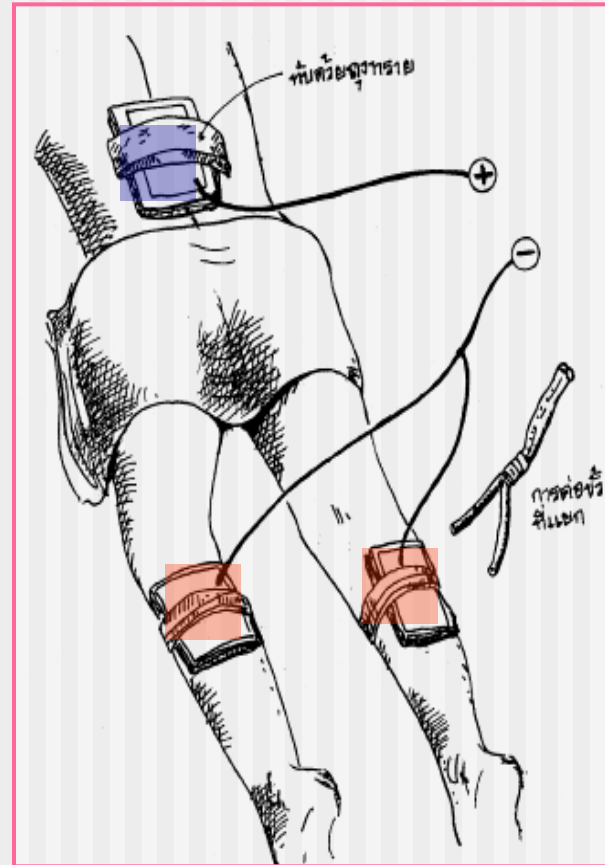
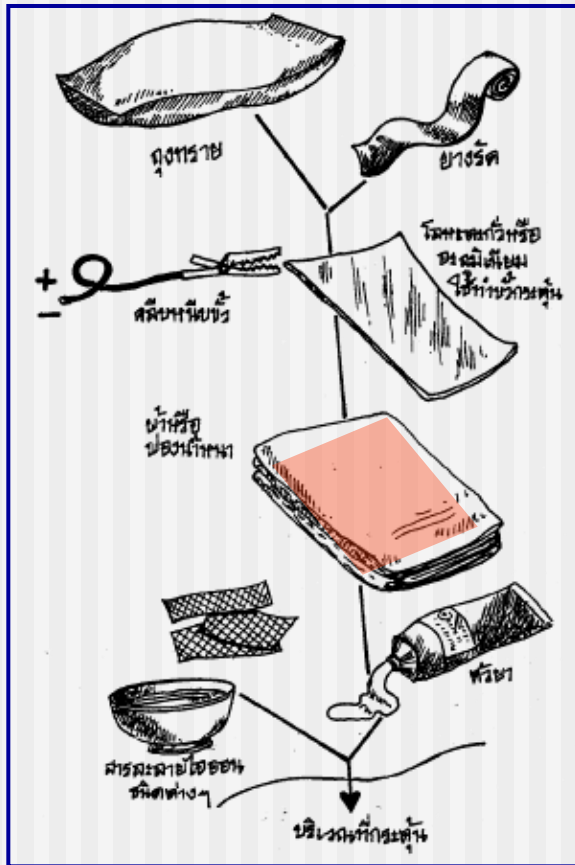
กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*

เทคนิคเฉพาะ/หลักการ

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

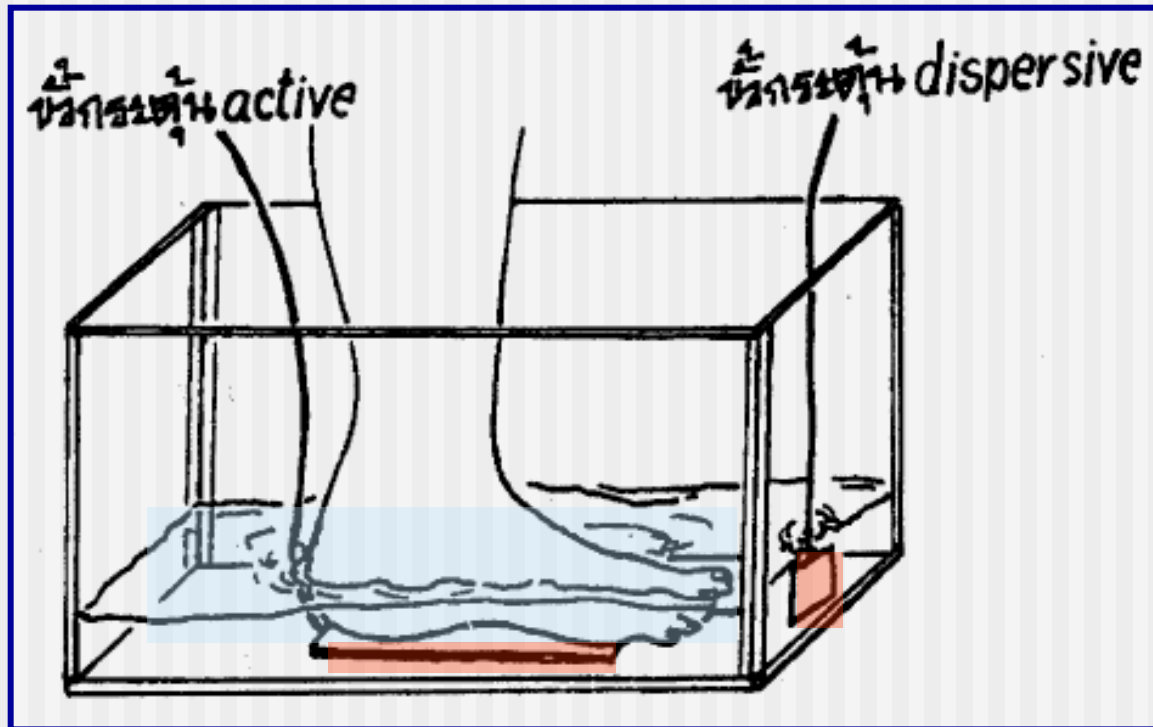


กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*





กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*





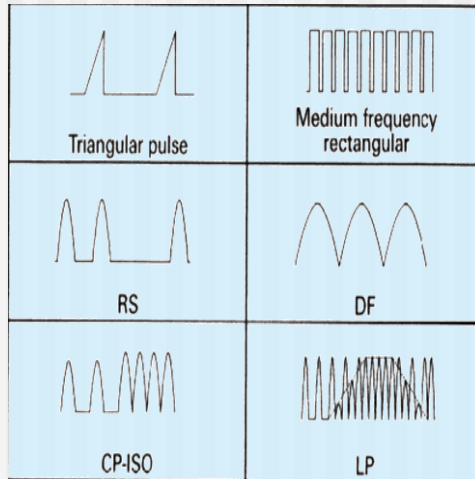
กระแสไฟฟ้าตรง: *iontophoresis*

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 บำบัด การติดเชื้อเนื้อเยื่อจากฟองน้ำ
salicylate (Aspirin)	-	ลดปวด ลดบวม	ข้ออักเสบรูมาตอยด์
magnesium 2% (magnesium sulfate)	+	ลดการเกร็ง ลดปวด	อาการปวดกล้ามเนื้อ
copper 2% (copper sulfate)	+	ทำลายเนื้อเยื่อ	ข้อต่อเสื่อม กล้ามเนื้ออักเสบ
zinc (zinc oxide)	+	ทำลายเนื้อเยื่อ	เส้นประสาทอักเสบ
calcium 2% (calcium chloride)	+	ทำลายเนื้อเยื่อ	ติดข้อกระดูก
chloride 2% (sodium chloride)	-	ทำให้แผลเป็นหนองตัว	ผิวหนังอักเสบ
hyaluronidase (ใช้ร่วมกับสารละลาย acetate buffer)	+	ลดบวม	ภาวะทางสูติศาสตร์
		ชะลอการเสื่อม	และหู คอ จมูก
			อาการเกร็งของกล้ามเนื้อ
			ข้อติด
			แผลเป็น การติดเชื้อเนื้อเยื่อจาก
			ฟองน้ำ
			ข้อต่อเสื่อม



กระแสไฟตรงที่ปล่อยเป็นช่วง

Interrupted Direct current, IDC

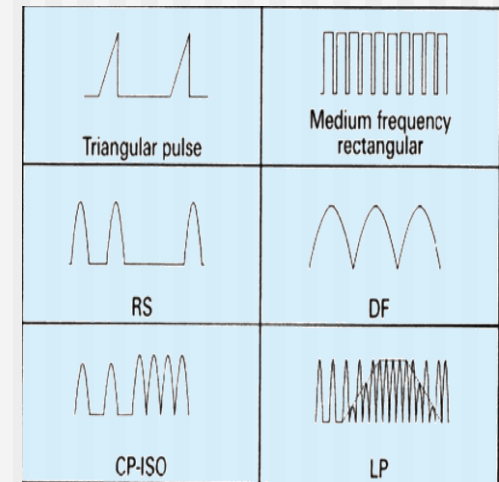




กระแสไฟ **IDC** (*Interrupted Direct Current*)

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

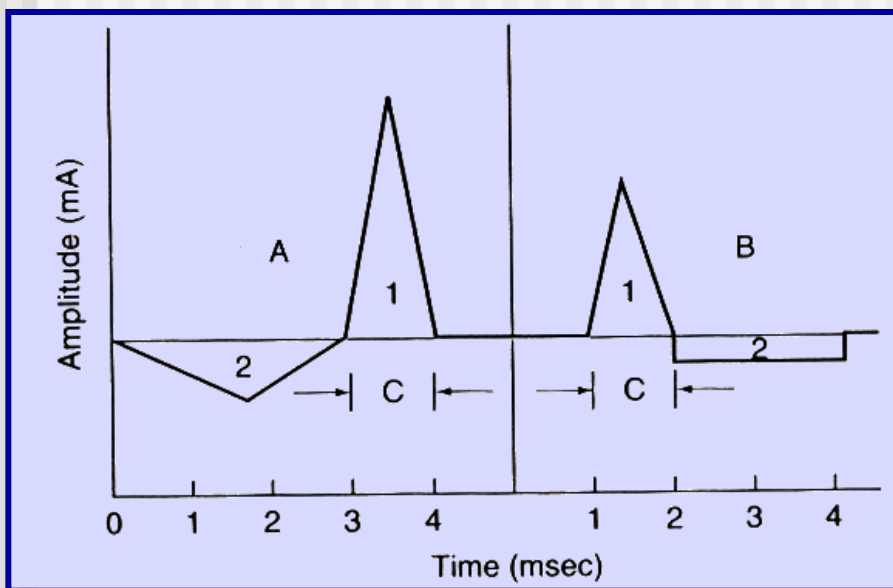
ลักษณะเฉพาะ

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



กระแสไฟฟ้าฟาราดีก

Faradic Current

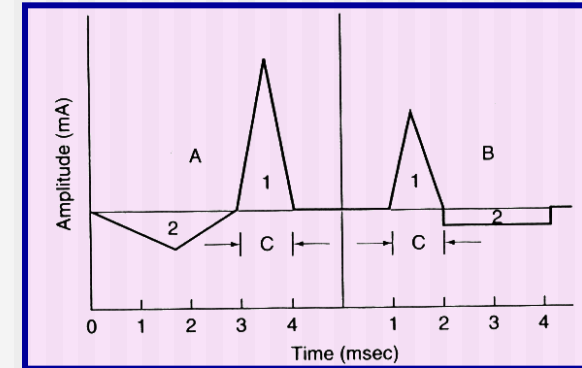




Faradic (*Faradic Current*)

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**
- ฝึกการทำงานกล้ามเนื้อ
- เพื่อแก้ไขแนวสันหลังคด

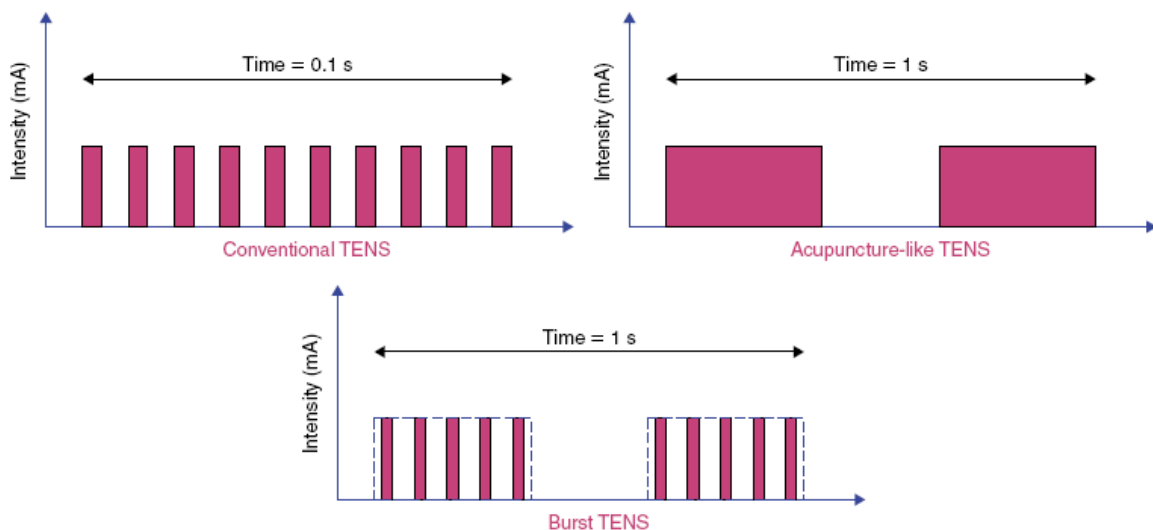
ลักษณะเฉพาะ

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



กระแสไฟฟ้าที่อ่อนแอ

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS, TNS



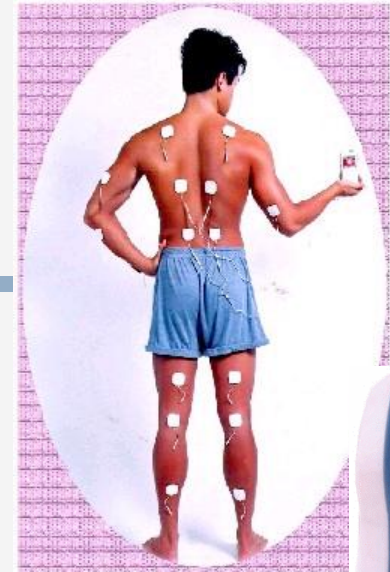


TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Current*)

■ ลักษณะเฉพาะ

- **IDC** แบบสามเหลี่ยม,สี่เหลี่ยมแบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ **<0.5 ms**
- **frequency modulation**
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี / ความร้อน **บ้าง**
- **H-TENS, L-TENS, Acp-TENS**

TENS ...





TENS, TNS

ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึก/ผู้กระตุ้นเห็น

- ชา, เหมือนมดดำไต่ (H-TENS)
- เจ็บ จี๊ด ๆ ตูบ ๆ (L-TENS)
- อาจ เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- อาจ เกิดผื่นแดง
- ระงับปวด/ชั่วคราว
- ผลระดับเซลล์ /เพิ่มการไหลเวียน

ลักษณะเฉพาะ

- IDC แบบสามเหลี่ยม,สี่เหลี่ยมแบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ $<0.5\text{ ms}$
- frequency modulation
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน บ้าง
- H-TENS, L-TENS, Acp-TENS



TENS, TNS

ผลสรีรวิทยา/ข้อควรระวัง/การประยุกต์ใช้

- ระวังปวด: เียบพลัน เรื้อรัง
- เกิดหดตัวของกล้ามเนื้อ (กระแสมาก)
- เพิ่มการไหลเวียนโลหิต: เกิดผื่นแดงบ้าง
- ผลระดับเซลล์

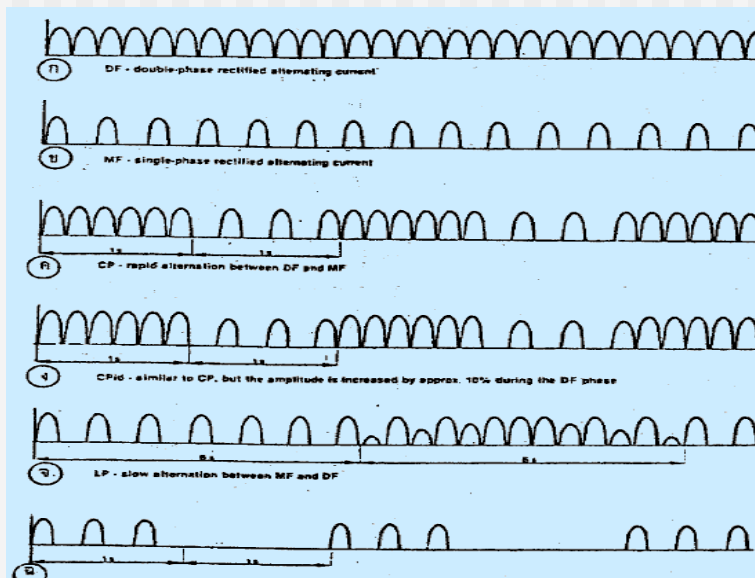
ลักษณะเฉพาะ

- IDC แบบสามเหลี่ยม,สี่เหลี่ยมแบบต่อเนื่อง
- ช่วงกระตุ้นประมาณ $<0.5\text{ ms}$
- frequency modulation
- เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน บ้าง
- H-TENS, L-TENS, Acp-TENS



กระแสไฟไดอะไดนามิกส์

Diadynamin, diady

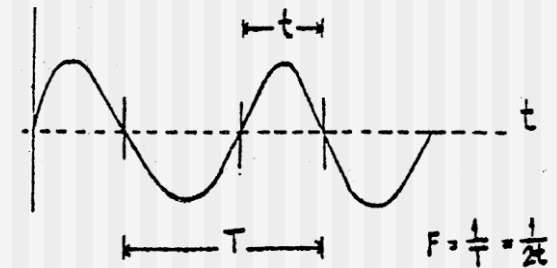




Diady (*Diadynamic Current*)

■ 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

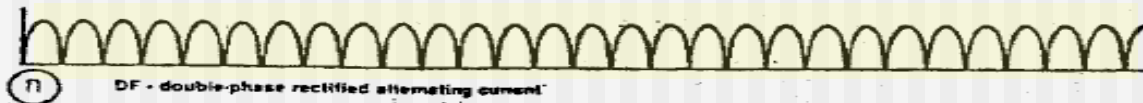
t คือ ช่วงเวลาของเฟส มีหน่วยเป็นวินาที

F คือ ความถี่ของการกระตุ้น มีหน่วยเป็น รอบ/วินาที (Hz)

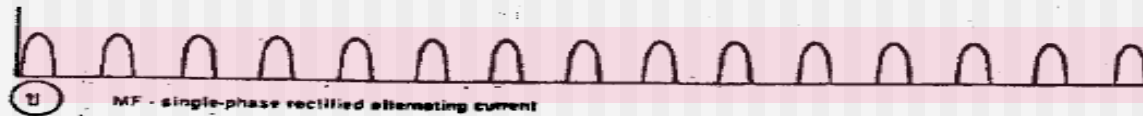


Diady (***Diadynamic Current***)

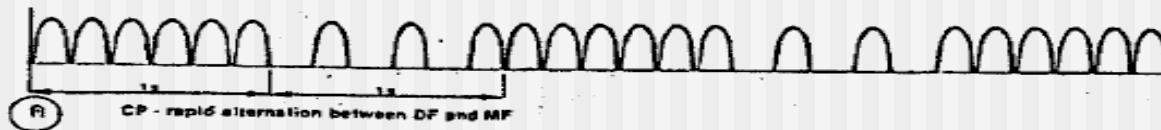
DF



MF



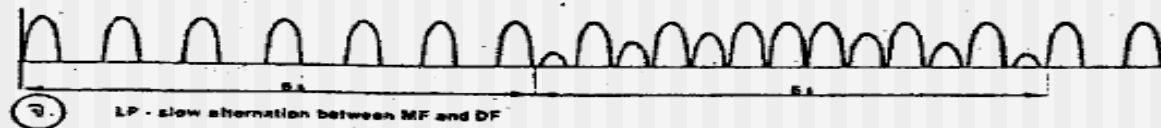
CP



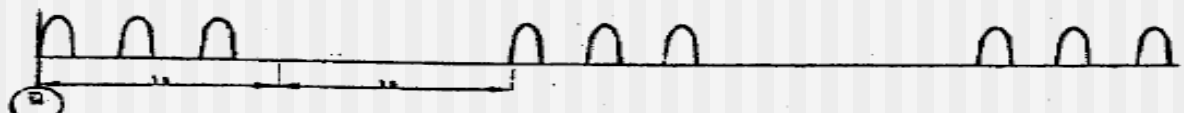
CPid



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

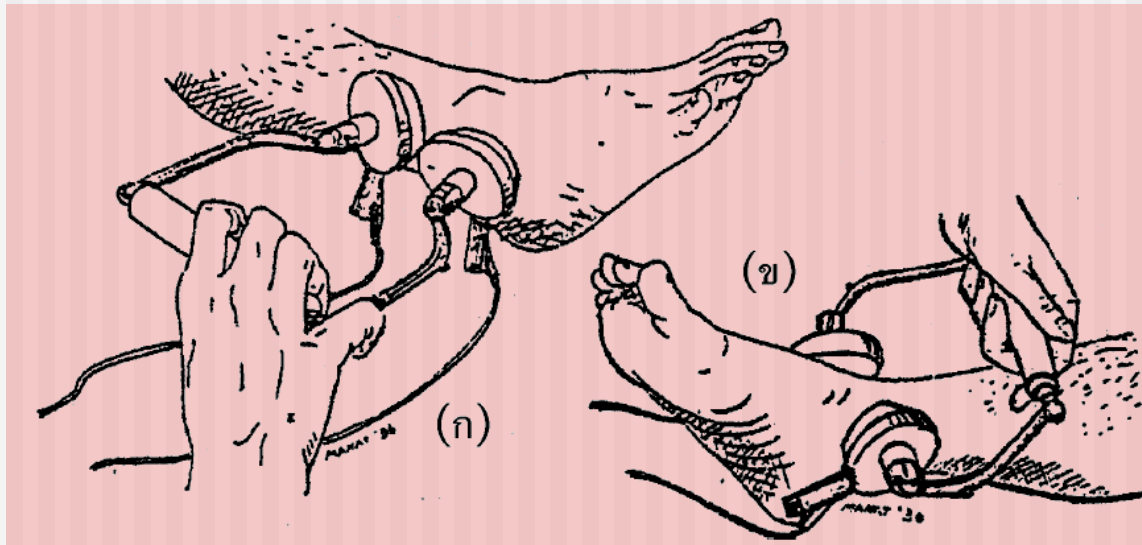
ลักษณะเฉพาะ

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



Diady (*Diadynamic Current*)

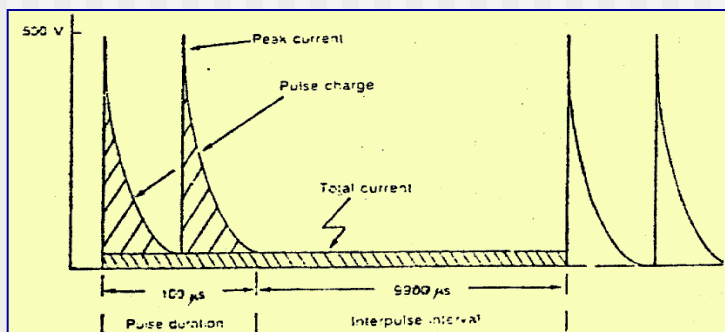
ขี้วกระตุ้นมือถือ ...





กระแสไฟตรงศักย์สูง

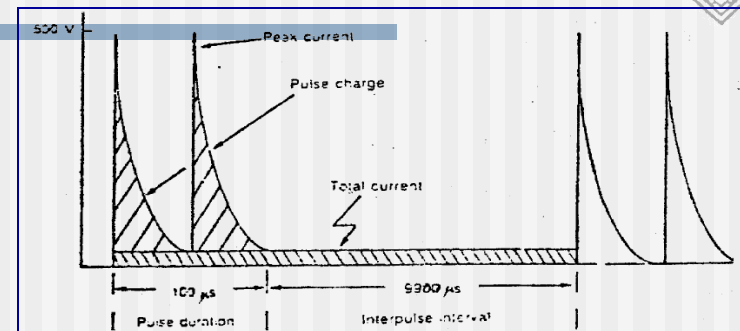
High Voltage Current, HVC





HVC (High Voltage Current)

■ ลักษณะเฉพาะ



■ IDC แบบ *monophasic (twin pulse)*

■ ช่วงกระตุ้นสั้นมาก **0.075 ms (75 μs)**

■ ช่วงกระตุ้นยาว **9.900 ms (9900 μs)**

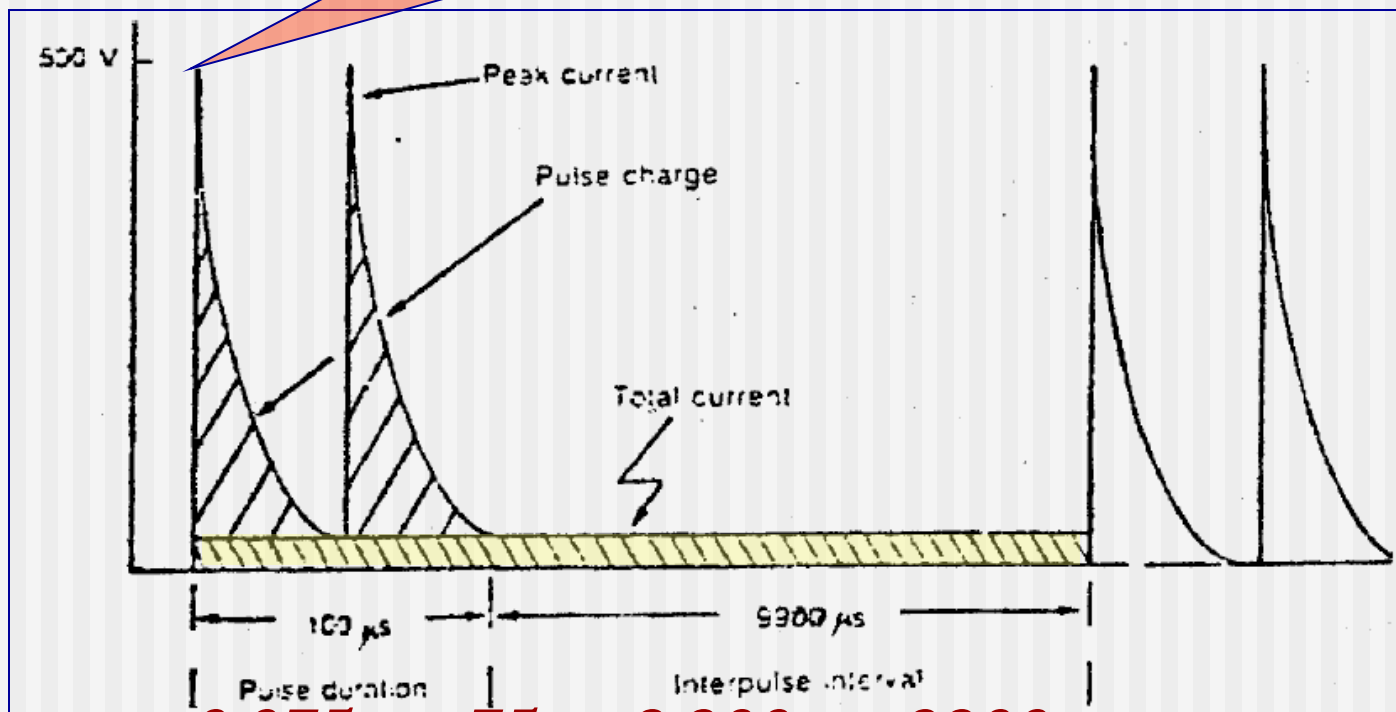
■ อัตราส่วน ช่วงกระตุ้น:ช่วงพัก = **1:1000**

■ ไม่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี/ความร้อน



กระแสไฟฟ้าตรงศักย์สูง **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

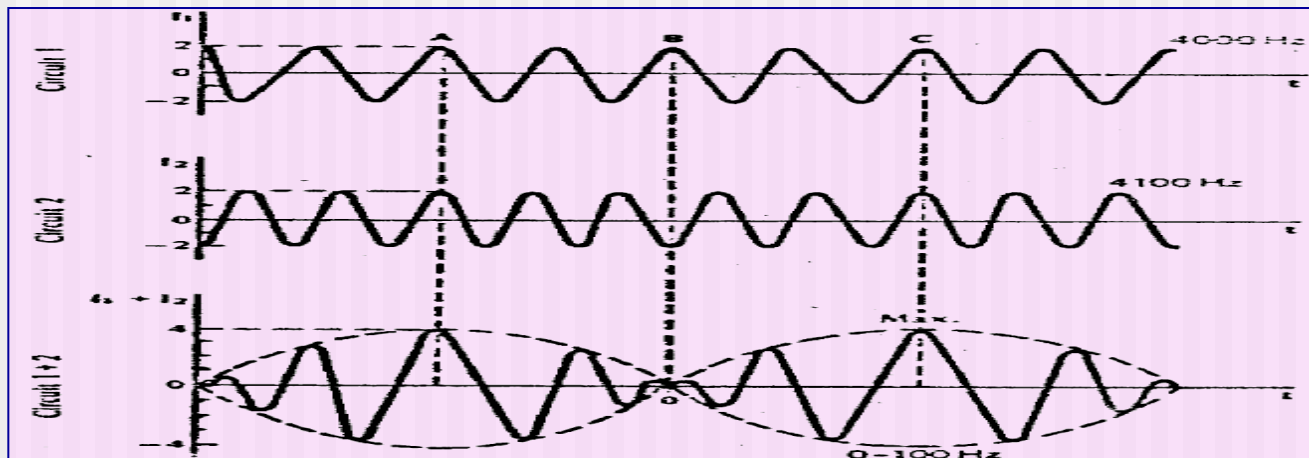
ลักษณะเฉพาะ

- 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



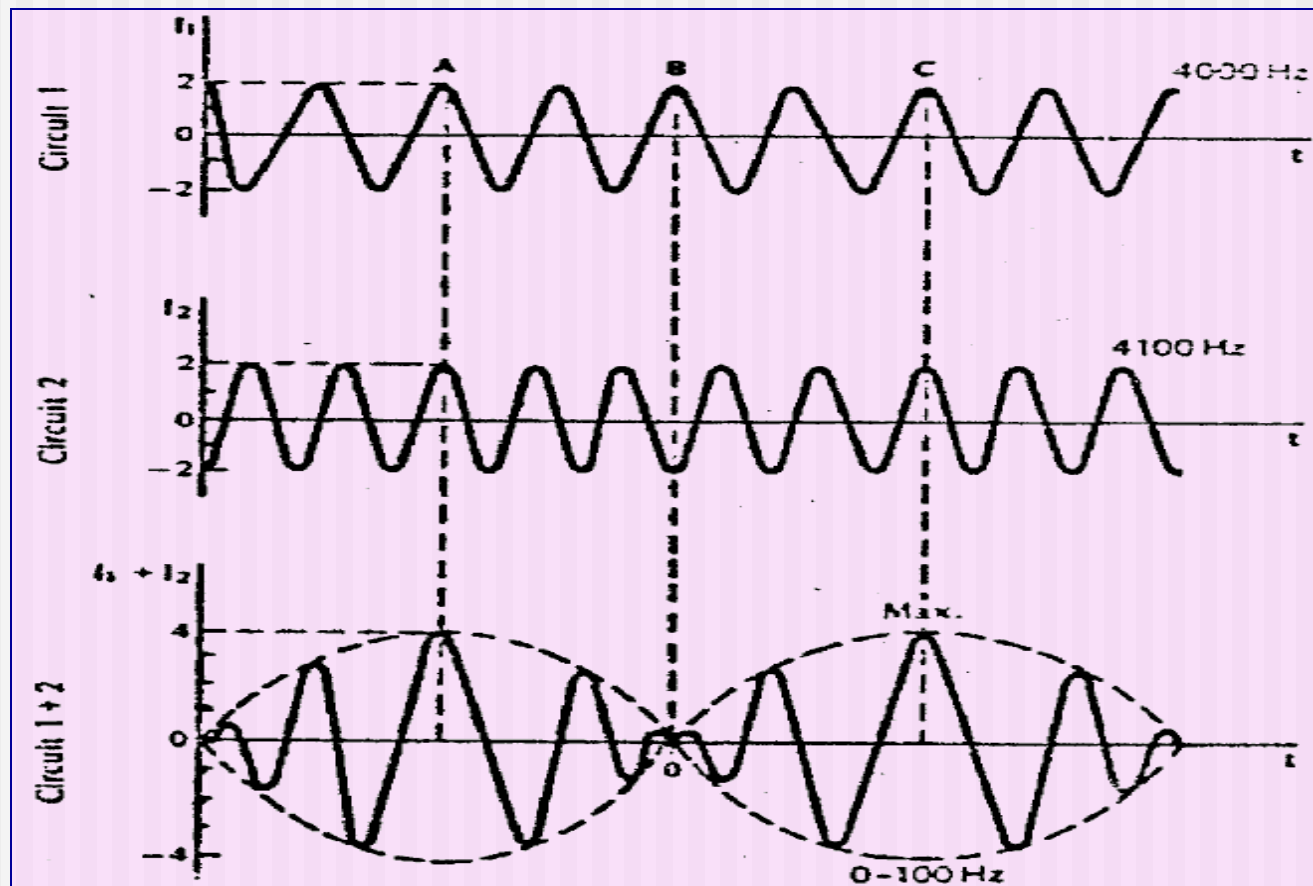
กระแสไฟอินเตอร์เฟอเรนเชียล

Interferential Current, IFC





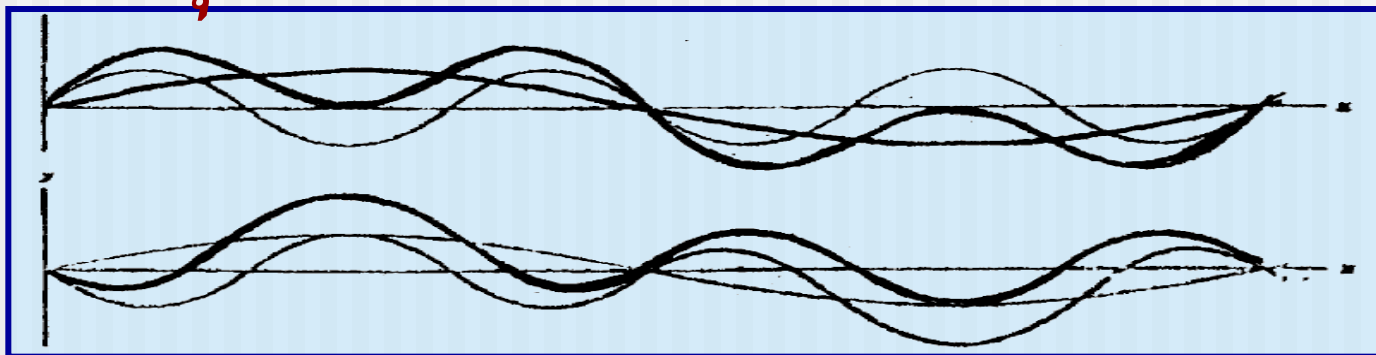
กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ...



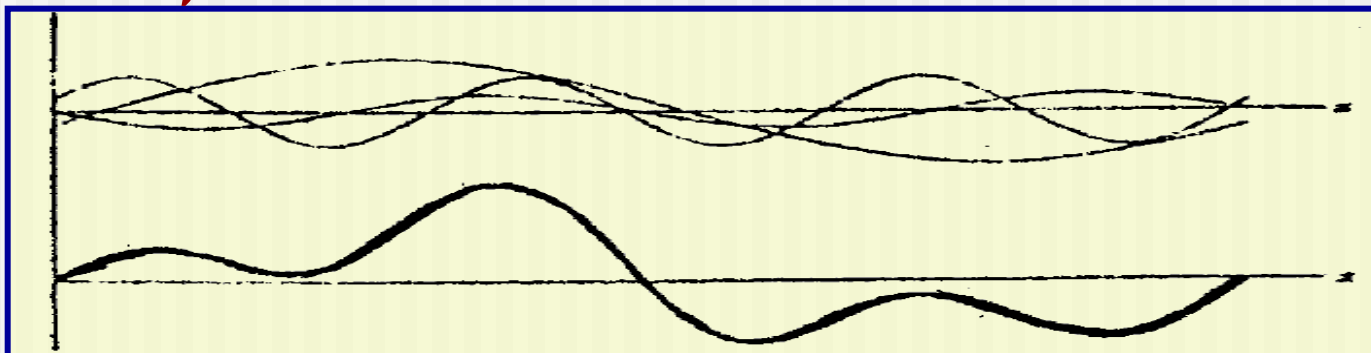


กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

- คลื่น 2 ชุดแทรกสอดกันความถี่ต่างกัน $1/3$



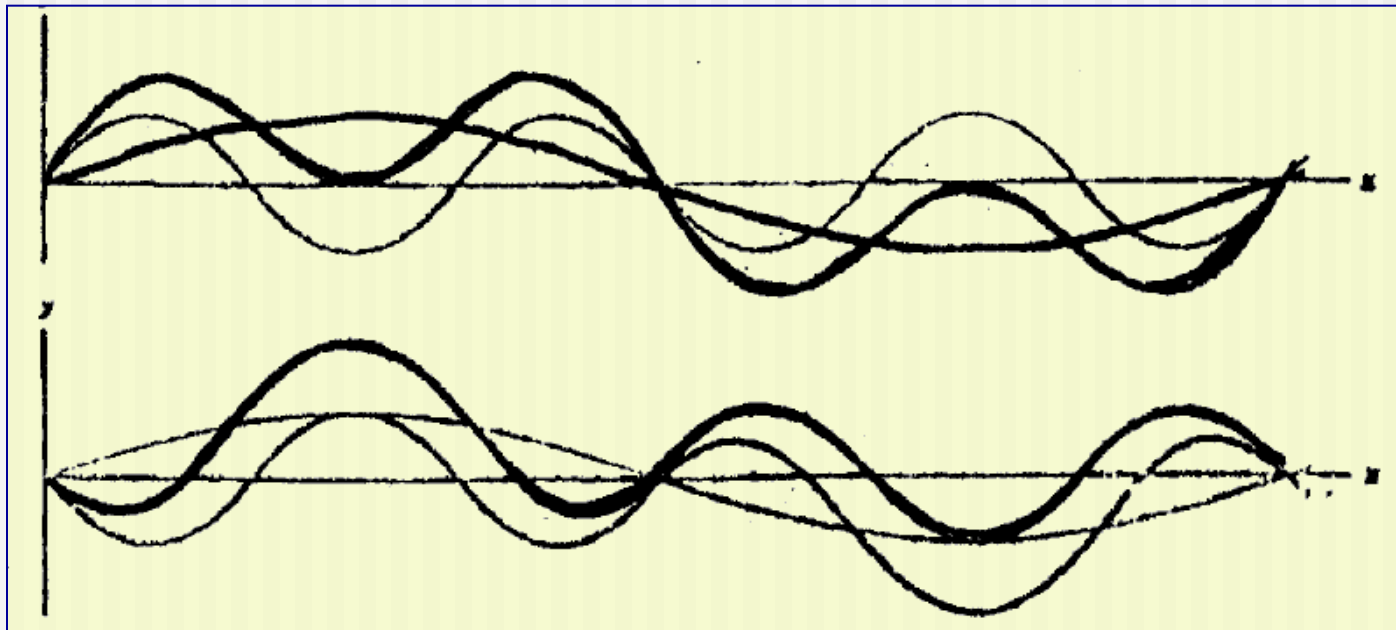
- คลื่น 3 ชุด แทรกสอดกัน





กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

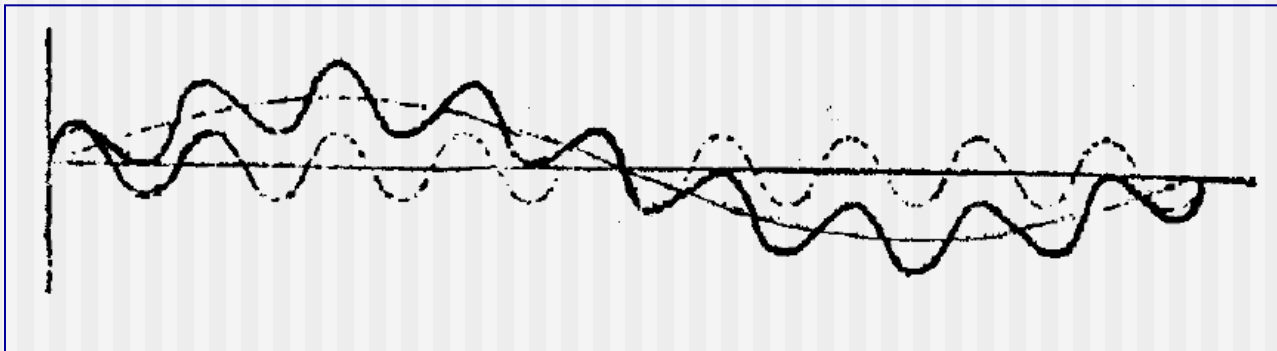
- คลื่น 2 ชุด แทรกสอดกันความถี่ต่างกัน $1/3$



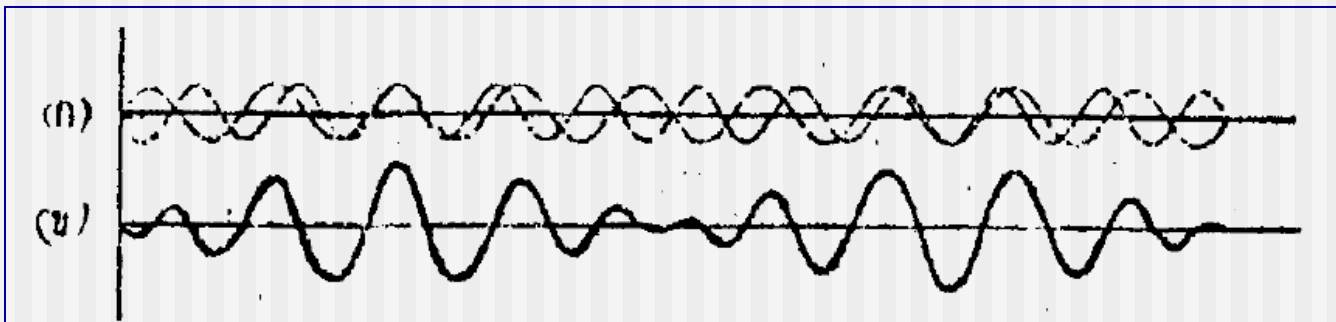


กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

■ แทรกสอดกันความถี่ต่างกันมาก



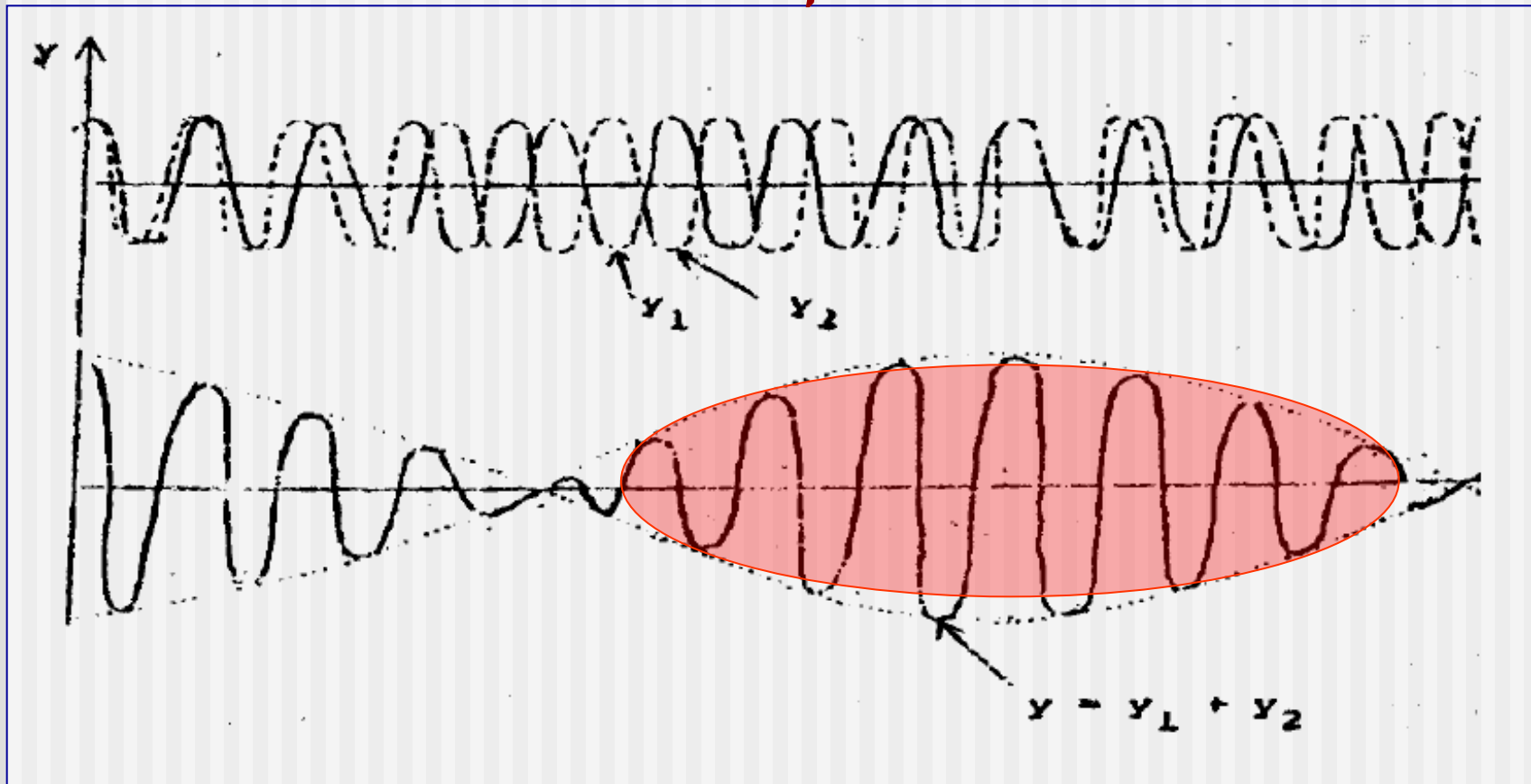
■ แทรกสอดกันความถี่ต่างกันไม่มากเกิดบีตส์





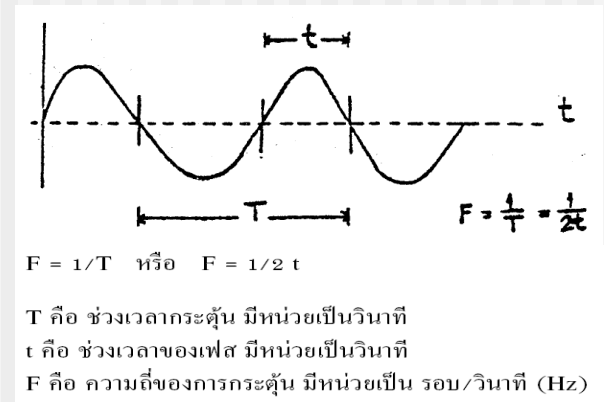
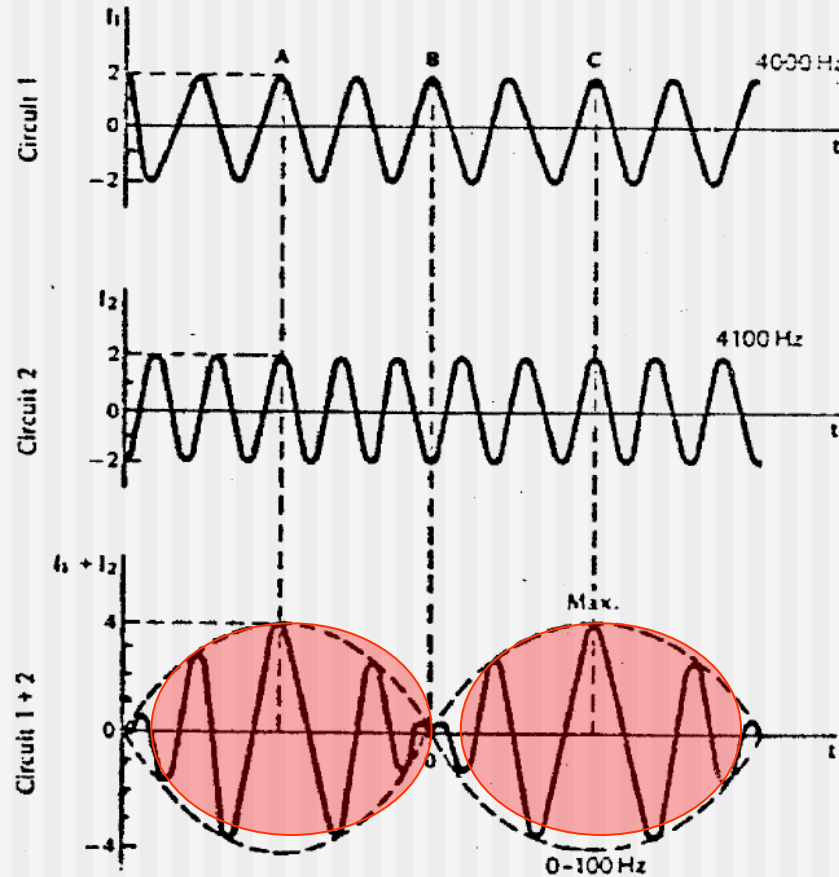
กระแสนินเตอร์เฟอเรนเชียล ...

- การเกิดบีตส์ของคลื่น 2 ชุด, กระแส IFC





กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ...





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

■ คุณสมบัติเฉพาะ *IFC* ทั่วไป

- 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 ทั้งหมด

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

॥ ॐ ॥