

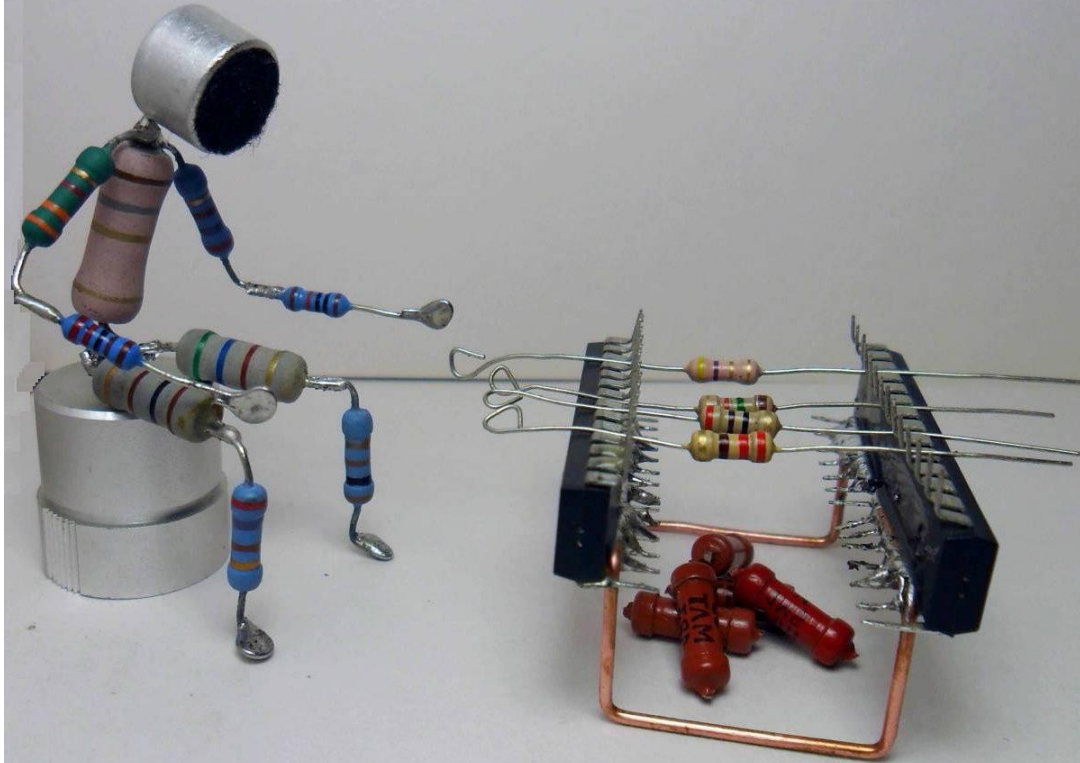
VNA

teooria ja praktika

ERAÜ talvepäev 2024-02-02
ES8LAU && ES2QX

Meetod

- Meil ei ole matemaatikatund
- “Kass ümber palava pudru”
- Pärast teeme käe valgeks ka



VNA ?

.Vector

.Network

.Analyzer

.“Pusa”
vektoranalüsaator

Ostsin endale Hiinast aparadi...



Ostsin endale Hiinast aparadi...



Kolesõna: kompleksarv ... imaginaarühik **i**

$$i = \sqrt{-1}$$

$$\sqrt{-1} = -\sqrt{1} \quad ???$$

Kolesõna: kompleksarv ... imaginaarühik i

$$\bullet -1 = i * i$$

$$\bullet i * i = \sqrt{-1} * \sqrt{-1}$$

$$\bullet \sqrt{-1} * \sqrt{-1} = \sqrt{(-1)(-1)}$$

$$\bullet \sqrt{(-1)(-1)} = \sqrt{1}$$

$$\bullet \sqrt{1} = 1$$

$$\bullet -1 = +1 \quad \text{m.o.t.t.}$$

(soovitatav muusikavalik: John Lennoni “Imagine”)

Kolesõna: kompleksarv ... imaginaarühik i

• $-1 = i * i$

• $i * i = \sqrt{-1} * \sqrt{-1}$

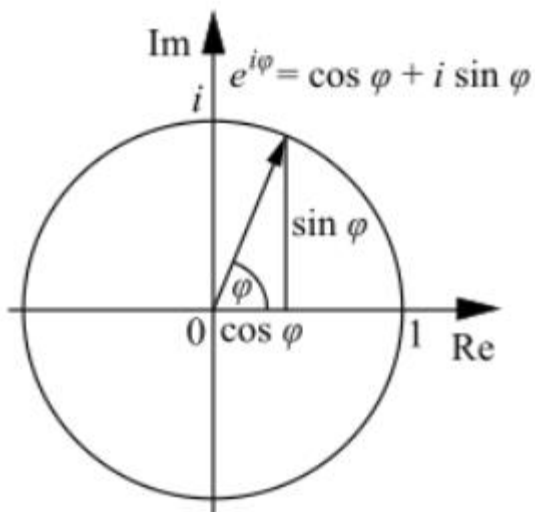
• $\sqrt{-1} * \sqrt{-1} = \sqrt{(-1)(-1)}$

• $\sqrt{(-1)(-1)} = \sqrt{1}$

• $\sqrt{1} = 1$

• $-1 = +1$ m.o.t.t.

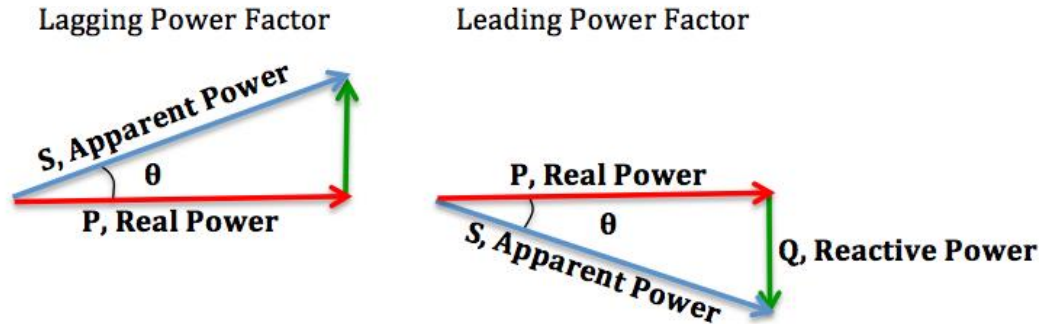
• Muide. Lätis nimetatakse päevapakkumist komplekslõunaks.



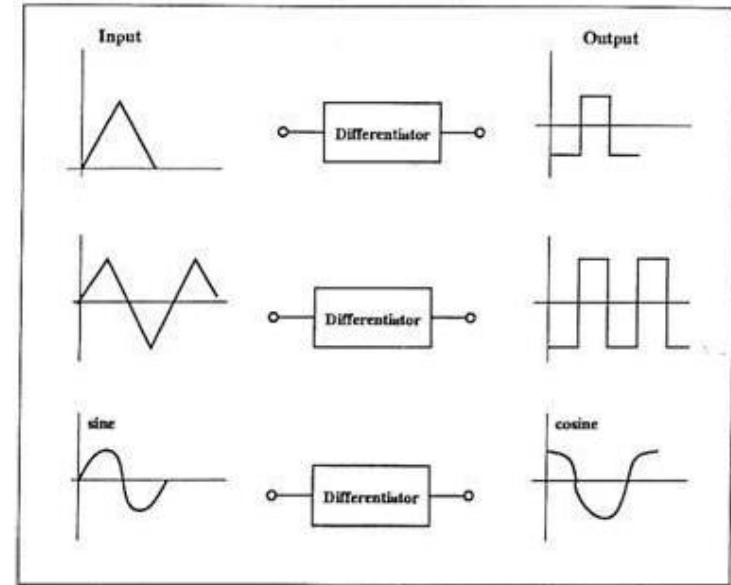
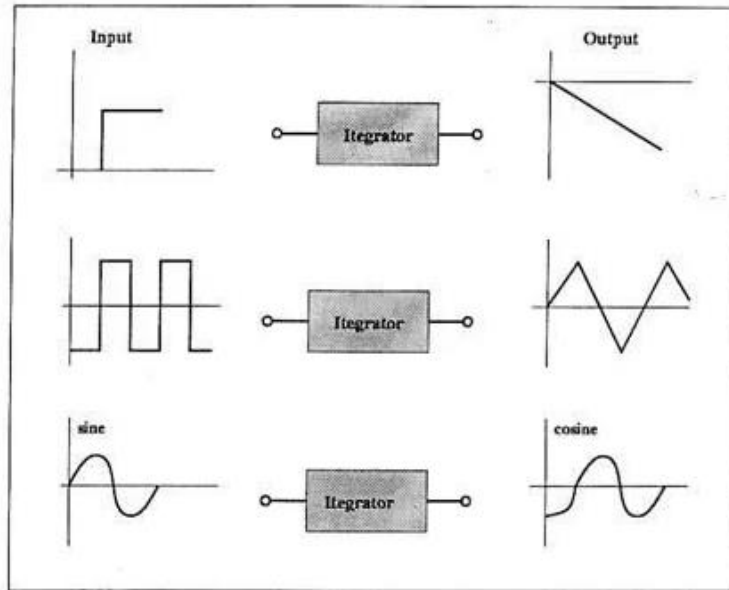
$a + bi$

Räägime 240V 50Hz vahelduvvoolust (AC)

- Aktiivvõimsus (mõõdetakse vattides), reaktiivvõimsus (mõõdetakse varrides), näivvõimsus
- Võimsustegur $\cos \varphi$
- Induktiivne reaktiivvõimsus (võrreldes pingega: vool muutub hilinemisega, reaktiivvõimsuse **tarbija**)
- Mahtuvuslik reaktiivvõimsus (vool enne pinget – reaktiivvõimsuse **allikas**)

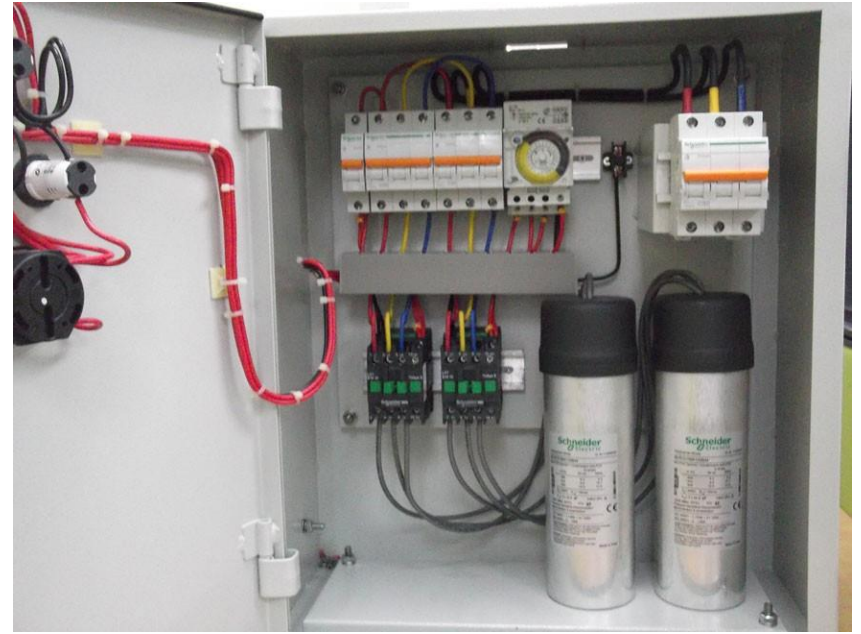
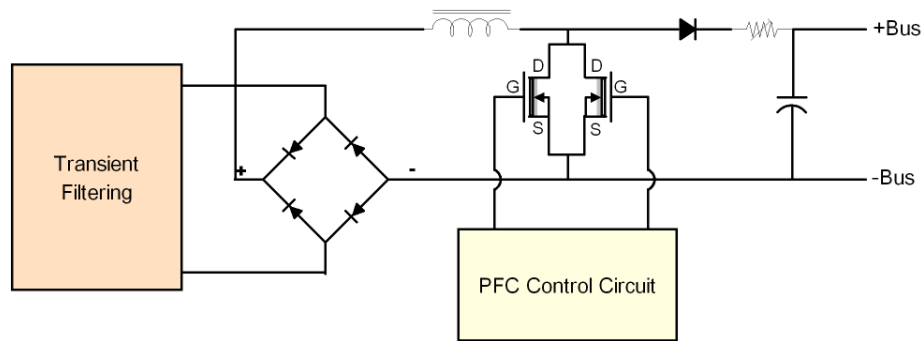


Integraator (molutaja) ja diferentsiaator (eristaja)



Mis juhtub vahelduvvoolu faasiga?

$\cos \varphi$ korreksioon



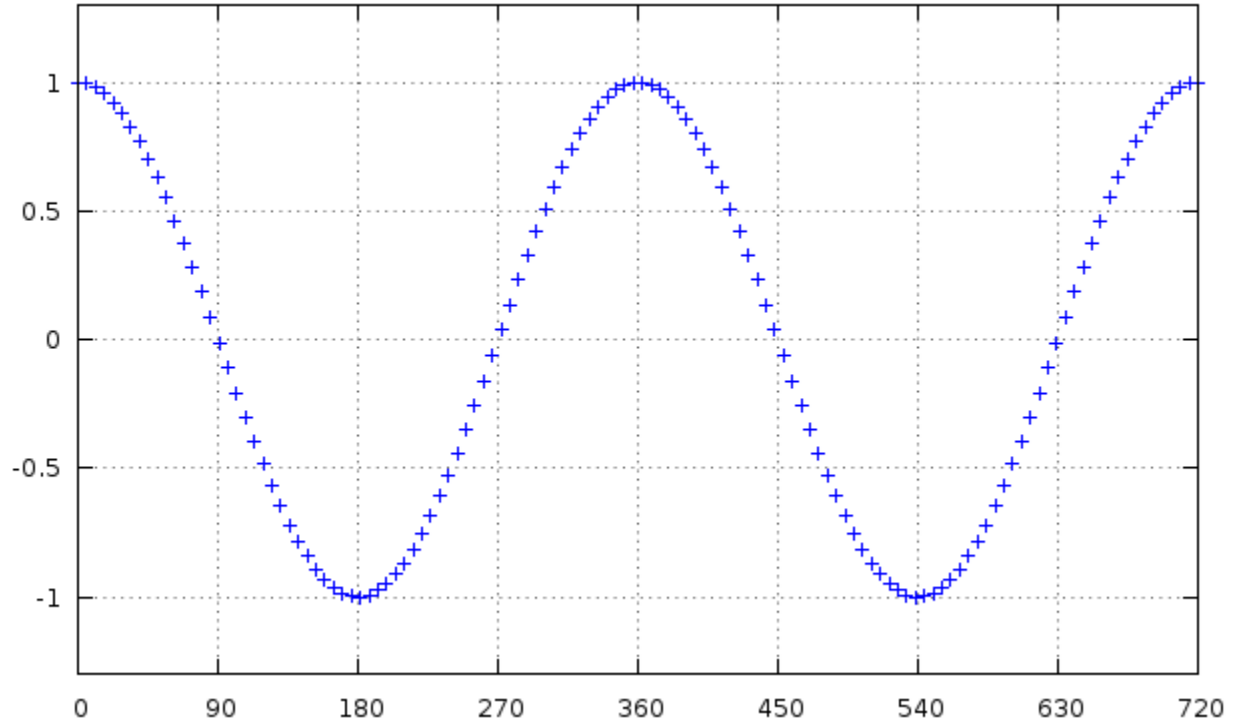
Justkui täiesti uus teema: I/Q

.Kas keegi teab, mis on negatiivne sagedus?

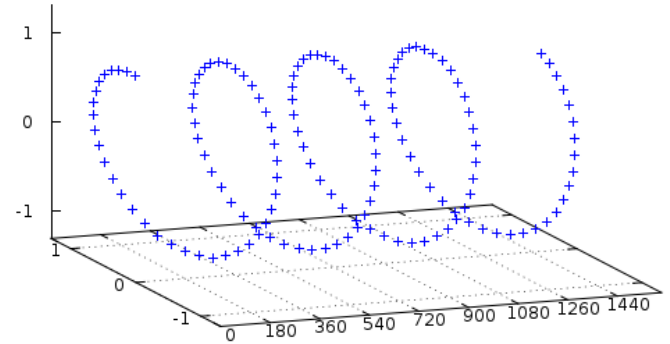
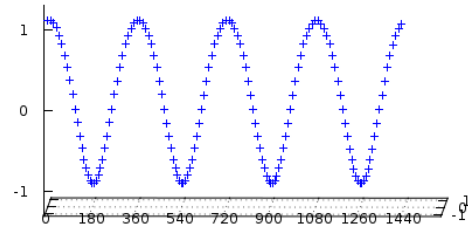
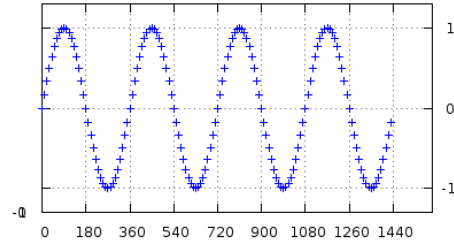
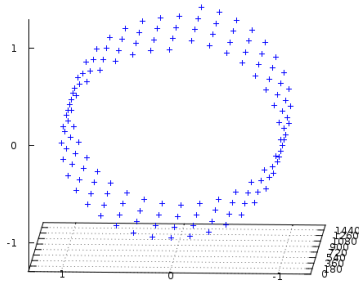
.PEOSAT toredad pildid

.Puudu: sagedus

.Puudu: võimsus



I/Q esitus



Negatiivne sagedus

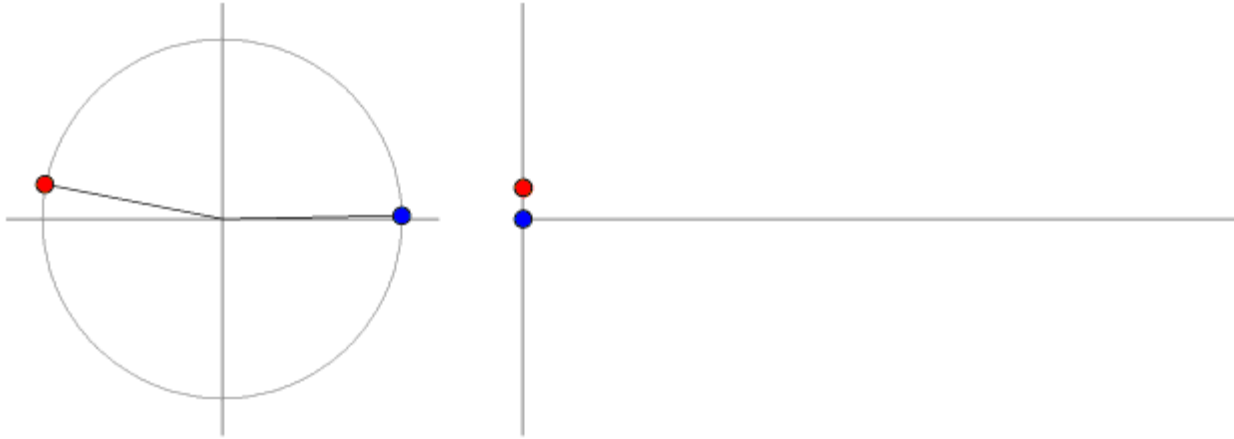
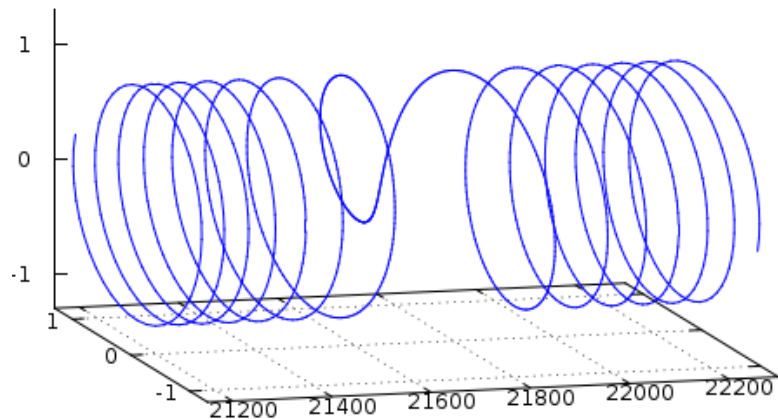
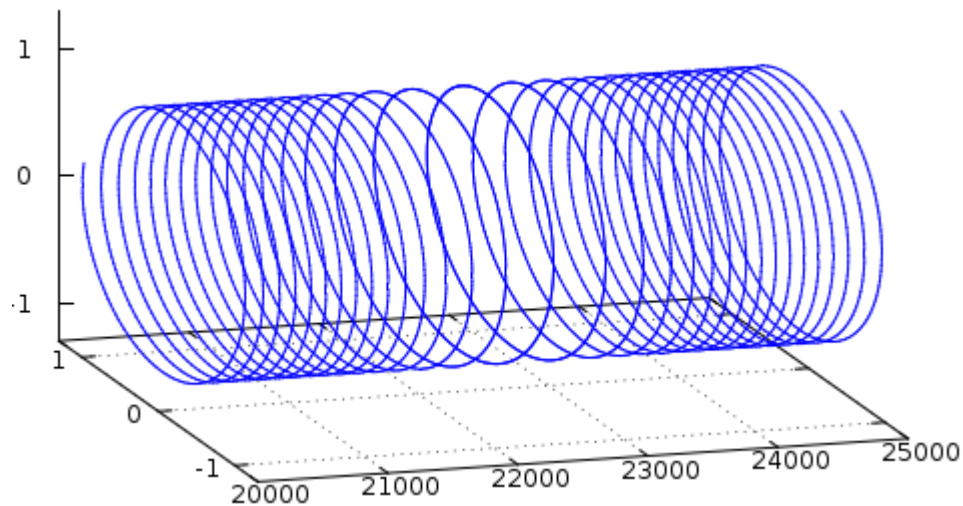
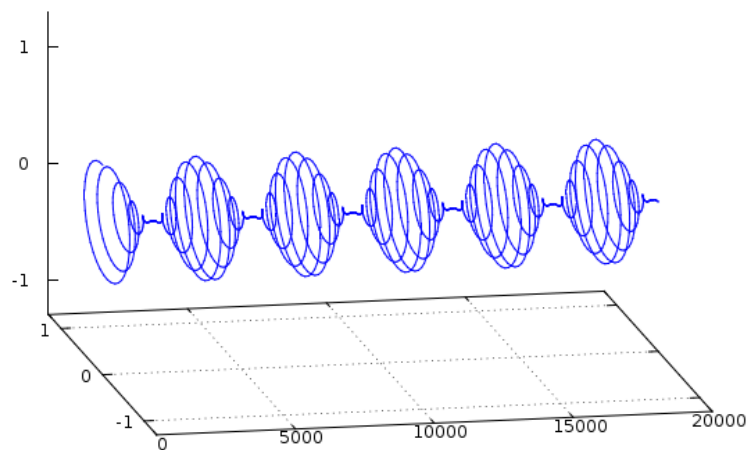


Image courtesy of whiteboard.ping.se

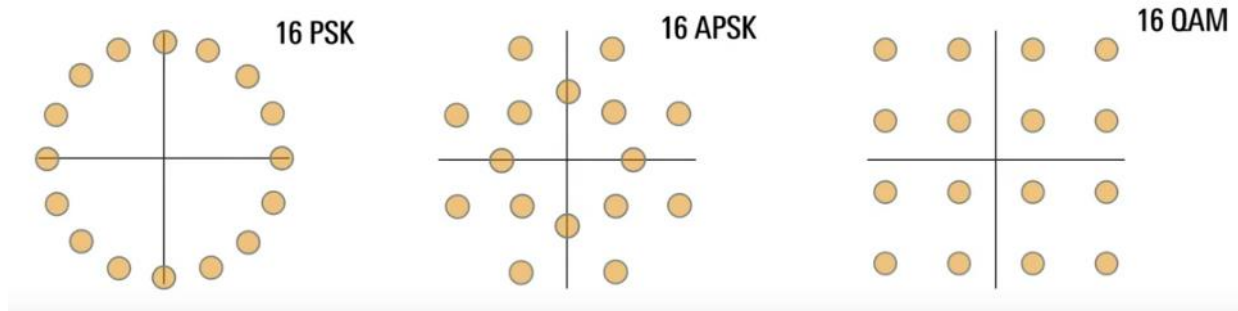
<https://www.pe0sat.vgnet.nl/sdr/iq-data-explained/>

Modulatsiooniliigid



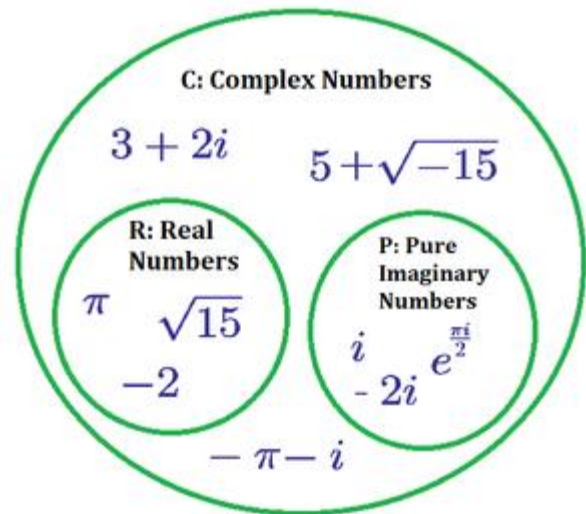
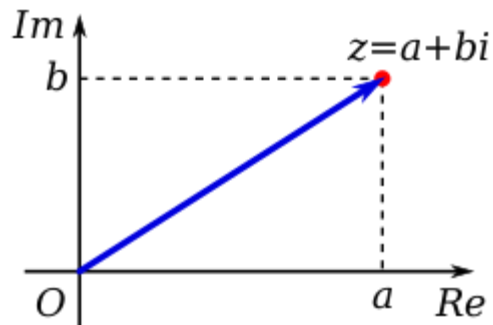
Just läks huvitavaks?

- Shannoni valemist “tihedamad” modulatsiooniliigid (QAM)
- Kompleksarvuna esitamine võimaldab asju vaadelda uue pilguga
- “Kvadratuur”, sest esitus ruudus (I/Q kvadraadis)



Oluline!!!

- Kahel teljel esitamise ei tähenda automaagiliselt kompleksarvu.
- Kuid jah, **ka kompleksarve** saab kahel teljel esitada.



$i = j$

.Edaspidi kasutame i asemel j

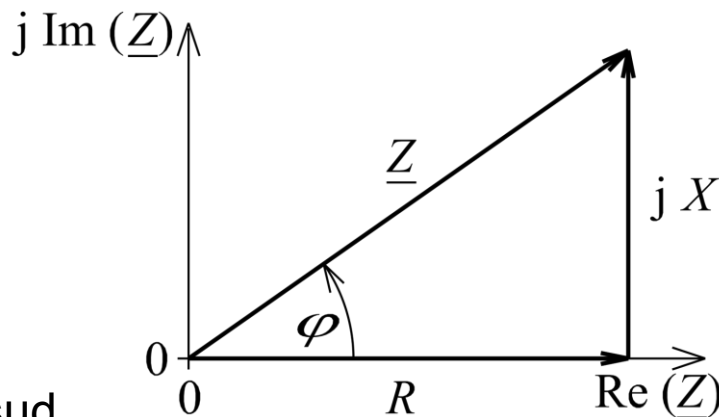
.Põhjus? Sest täht I on elektrotehnikas/raadiotehnikas juba hõivatud voolu tarbeks

Näivtakistus = aktiivtakistus + reaktiivtakistus

reactance → reaktiivtakistus

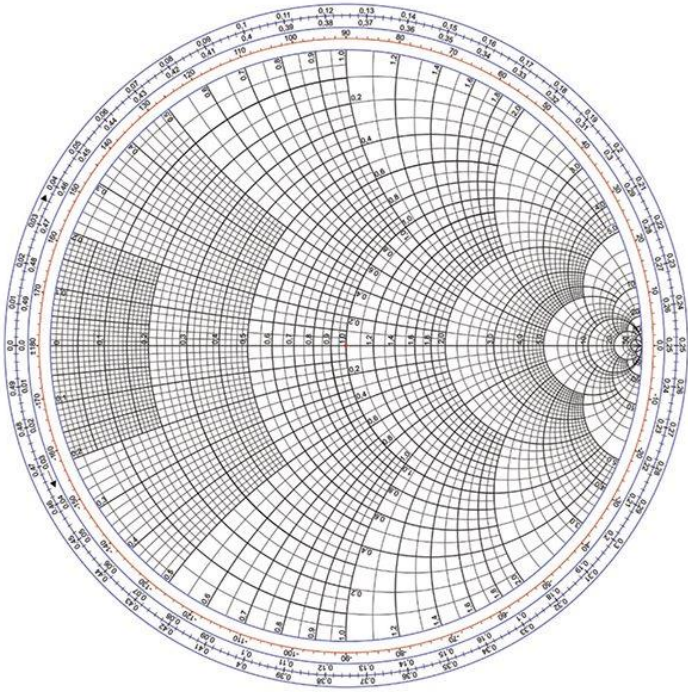
Reaalosa + imaginaarosa

(ja siis veel konduktants ja susceptants jm tantsud....



<https://et.wikipedia.org/wiki/N%C3%A4ivtakistus>

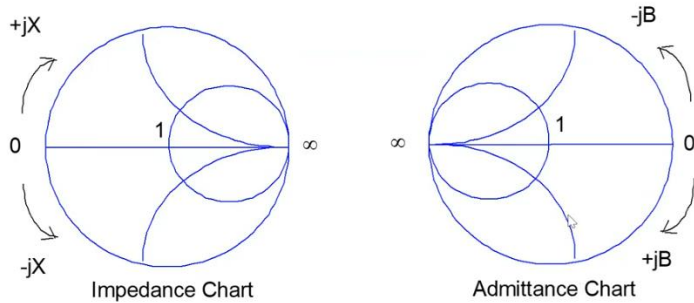
Mizuhashi (1937), Volpert (1939), Smith (1939)



Комплекстакистус:

immitance = (impedance || admittance)

Smith Chart (Facts: Impedance and Admittance Chart)



The Admittance Chart is simply the Impedance Chart rotated through 180° about origin.

ИММИТАНС

(Полное сопротивление или полная проводимость)

—
[Я.Н.Лугинский, М.С.Фези-Жилинская, Ю.С.Кабиров. Англо-русский словарь по электротехнике и электроэнергетике, Москва, 1999 г.]

<https://www.youtube.com/watch?v=O5op5jiAIPM>

Normaliseeritud keskpunkt

.1.0

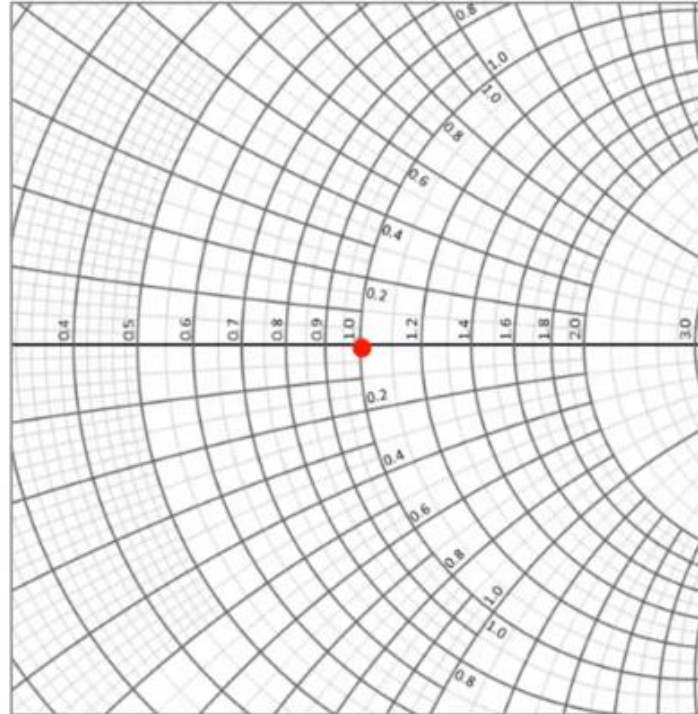
.Täna ja meil **50 Ohm**

.Mõnikord ka 75 Ohm

Normaliseerimine:

kui 50 Ohm,

siis **$10 + j5 \rightarrow 0.2 + j0.1$**



Smith chart: põhimõtted

.Aktiivtakistus

-on horisontaalil

.KESKPUNKT on

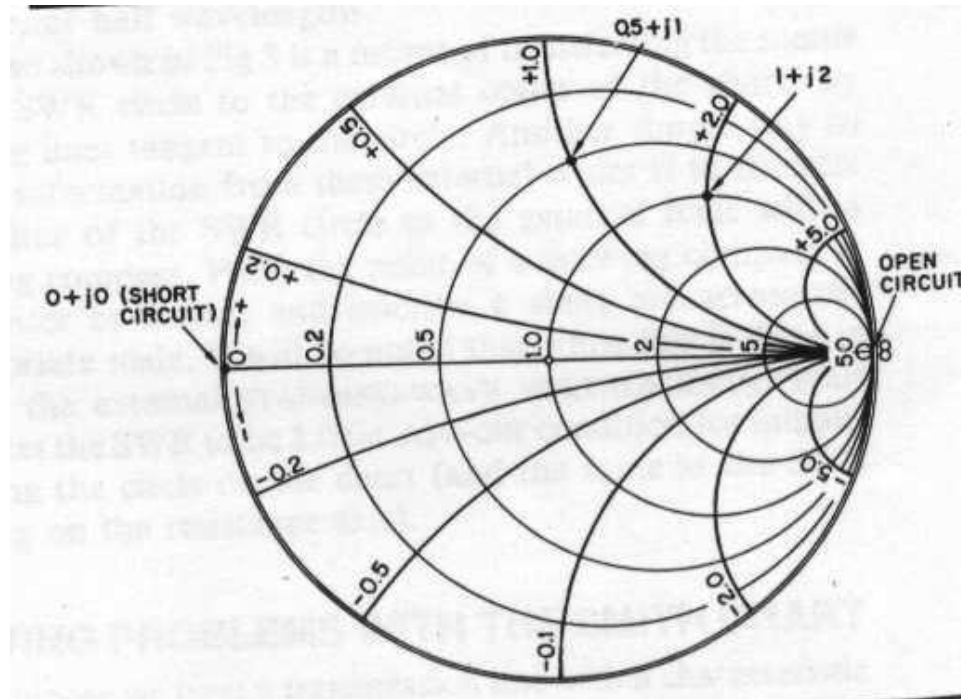
-50 Ohm või

-75 Ohm

-või milles kokku lepiti

.Lühis on vasakul

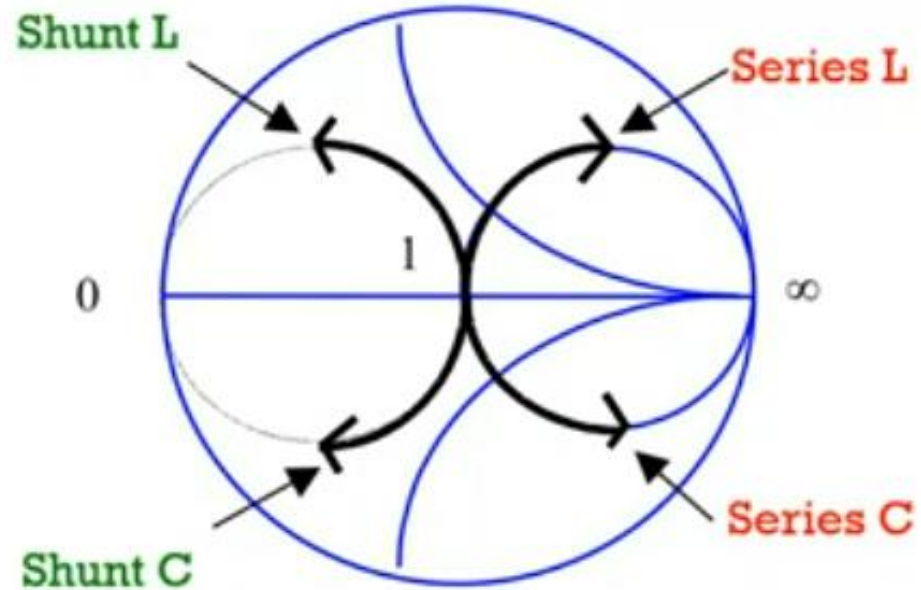
• ∞ on paremal



<https://www.qsl.net/va3iul/Smith%20Chart/smith.html>

Smith chart: põhimõtted (2)

	Admittance (Black)	Impedance (Red)
Series Inductor		"up" clockwise
Shunt Inductor	"up" anti-clockwise	
Series Capacitor		"down" anti-clockwise
Shunt Capacitor	"down" clockwise	



<https://www.youtube.com/watch?v=O5op5jiAIPM>

Kahe otsaga “pusa” (neliklemm) ja selle S-parameetrid

.S – “scatter”

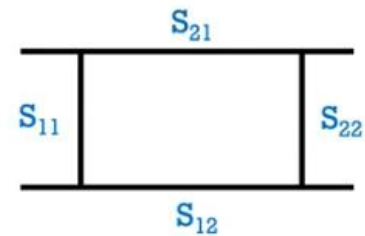
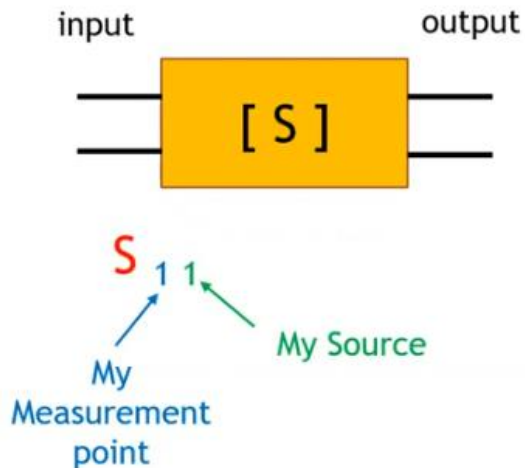
• **S** VS v – väljund, s - sisend

.S11

.S12

.S21

.S22



S_{11} = the input reflection coefficient
 S_{12} = the reverse transmission coefficient
 S_{21} = the forward transmission coefficient
 S_{22} = the output reflection coefficient



<https://www.youtube.com/watch?v=VmY9l0PgxYM>

S-parameetrid

.S11 – tagasipõrge → → →

.S21 – “läbilase”

VSWR	Reflection coef. Γ / S11	Reflected Power (dB)	Reflected Power (%)
1.0	0.0000	Infinity	0.0
1.1	0.0476	26.44	0.2
1.2	0.0909	20.83	0.8
1.3	0.1304	17.69	1.7
1.4	0.1667	15.56	2.8
1.5	0.2000	13.98	4.0
1.6	0.2308	12.74	5.3
1.7	0.2593	11.73	6.7
1.8	0.2857	10.88	8.2
1.9	0.3103	10.16	9.6
2.0	0.3333	9.542	11.1
2.1	0.3548	8.999	12.6
2.2	0.3750	8.519	14.1
2.3	0.3939	8.091	15.5
2.4	0.4118	7.707	17.0
2.5	0.4286	7.360	18.4
2.6	0.4444	7.044	19.8

.Odavamad riistad S12 ja S22 ei mõõdagi

<https://3roam.com/s11-to-vswr-calculator/>

S-parameetrid

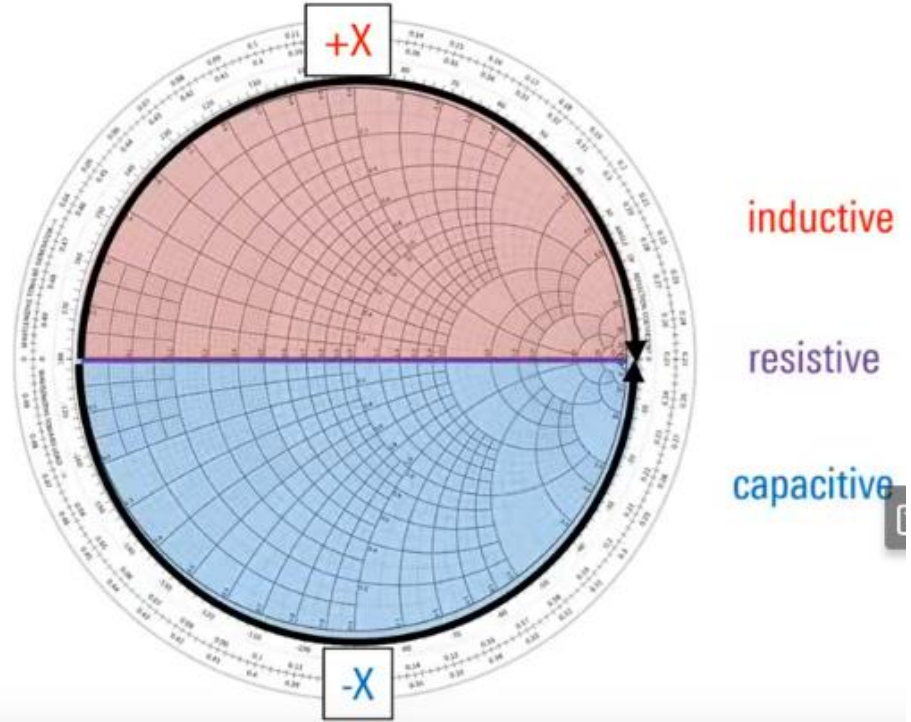
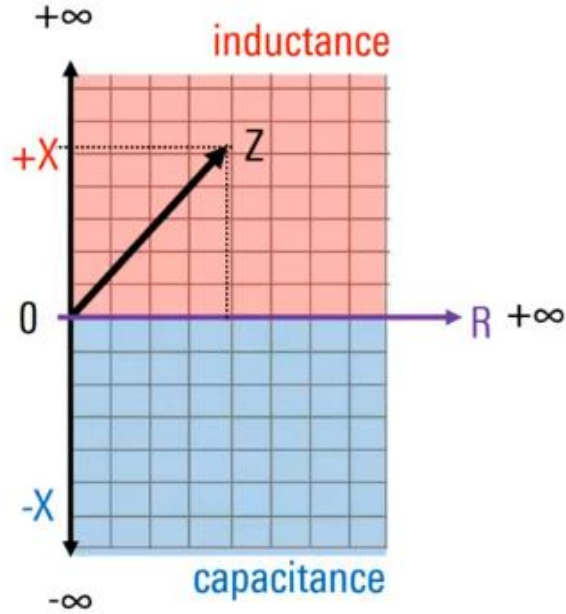
•Kontrollküsimused:

-Mida tähendab S_{22} ?

-Mida tähendab S_{12} ?

•(vihje: kas katsetatav seade on sisendi/väljundi suhtes sümmeetriline?)

Cartesian to Smith Chart



<https://www.youtube.com/watch?v=rUDMo7hwihs>

Potentsiaalsed mõõteobjektid

.Mida me üksiku kvartsi kohta oskame öelda?

-PH2LB minirakised kvartsidele, filtritele jne

.Kvartsfiltreid mitu ja naljakaid

.Saal: mida meil üldse mõõta on?

.Antenne. Vaid S11. Miks?

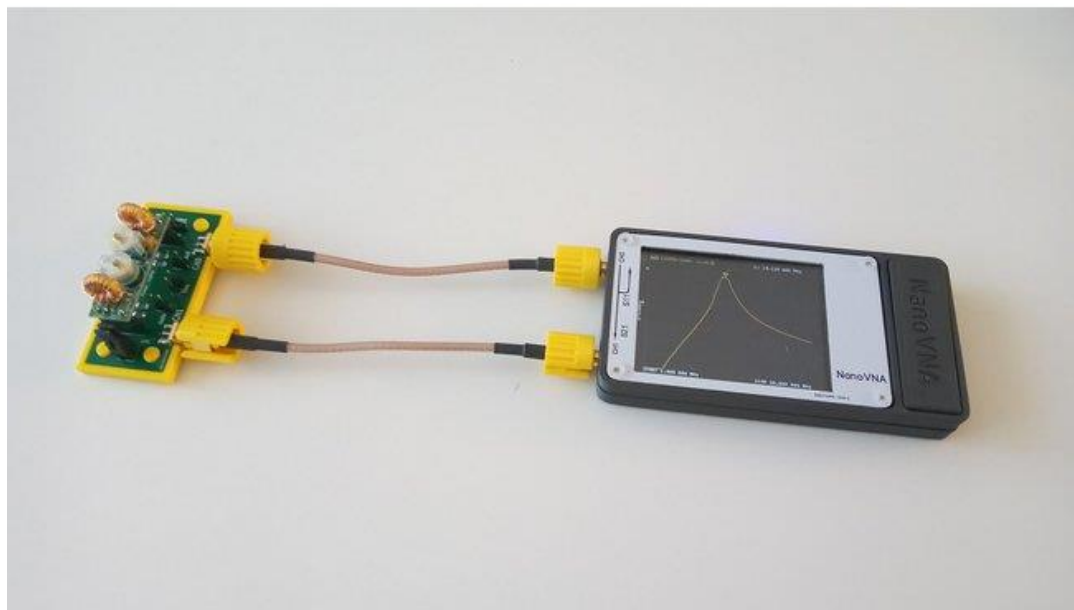
.Kaablijuppi

.1. pikkust

.2. "takistust" - <https://www.youtube.com/watch?v=hqKLFbNYRZc>

.Talitlemine DIP-meetri/ГИР'ina

PH2LB rakised



Praktika

•Igaüks kodus ise teeb:

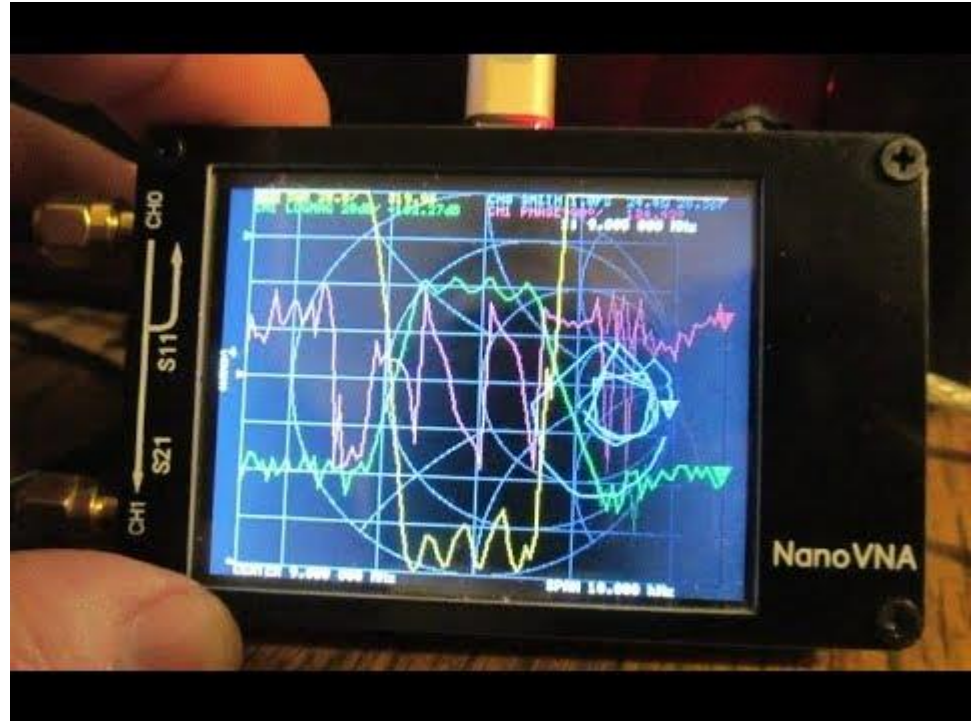
–<https://www.youtube.com/watch?v=TsXd6GktlYQ>

•DIP-meter (гир)

–<https://www.youtube.com/watch?v=NhuzzbW46eg>

NanoVNA neli värvilist kiirt

- S21 – et kuupalju läbi lastakse
- S11 – et kuupalju tagasi põrgatatakse
- Faas – et kuupalju väändub
- Smith – komplekstakistuse üldpilt skaneeritavas ribas



VNA kalibreerimine

.Open – Ch0 / Tx kanalisse ühendatakse MITTEMISKI

.Short – Ch0 / Tx kanal LÜHISTATAKSE

.Load – Ch0 / Tx kanali väljundisse pannakse 50 Ohm koormus

.Isoln – 50Ohm kanalisse Ch1 / Rx

.Thru – ühendatakse kaks kanalit (Ch0/Ch1 ehk Tx/Rx omavahel)

.Kalibreerimisotsikuid on komplektis kolm: 50Ohm (Load), lühis (Short), **mittemiski** (Open)

.LogMag – logarithmic magnitude

<https://ok1tk.com/calibration/>

Lisaks

- .NanoVNA erinevad mudelid ja tarkvarad
- .PC arvutitugi
- .Muud tarkvarad, eriti SimSmith
- .TinyVNC, LibreVNC
- .Tõelised riistad

ES2QX näitab üht riista

.N2PK VNA

.G8KBB

.Makarov.ca V3iVM