

Partner



MAGYAR RÉZPIACI KÖZPONT

Az LPQI-VES társfinanszírozója



Education and Culture

Leonardo da Vinci

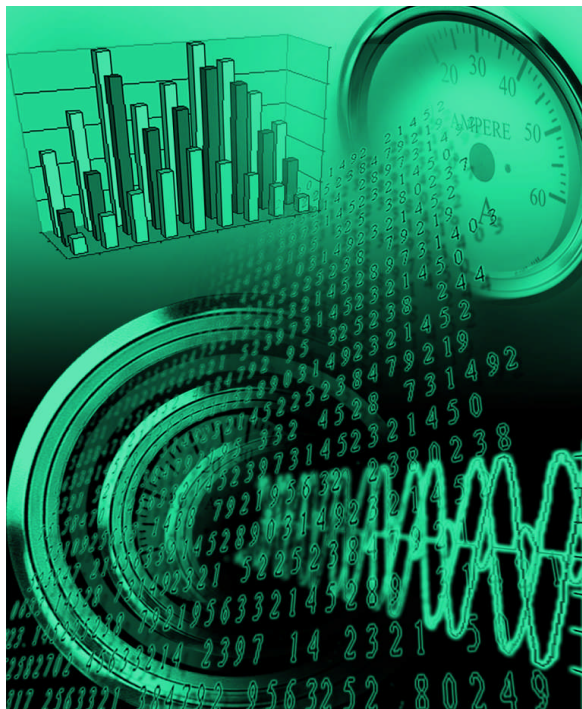
LPQI rész a:

Leonardo
ENERGY

A villogás definíciója, szabványismertetés. A villogás keletkezése, mérése, terjedése, csökkentése.

Dr. Dán András, egyetemi tanár

Az MTA doktora, BME VET
dan@vmt.bme.hu



LPQIVES tanfolyam
Lassú feszültségváltozás / villogás
Budapest
2006. október 12.

LPQI LEONARDO
POWER
QUALITY
INITIATIVE
ves

Áttekintés: miről lesz szó?

- Definíció
- Keletkezés
- Terjedés
- Mérés
- Szabvány
- Csökkentés
- Forrás identifikáció
- Esettanulmány
- Mérés bemutató



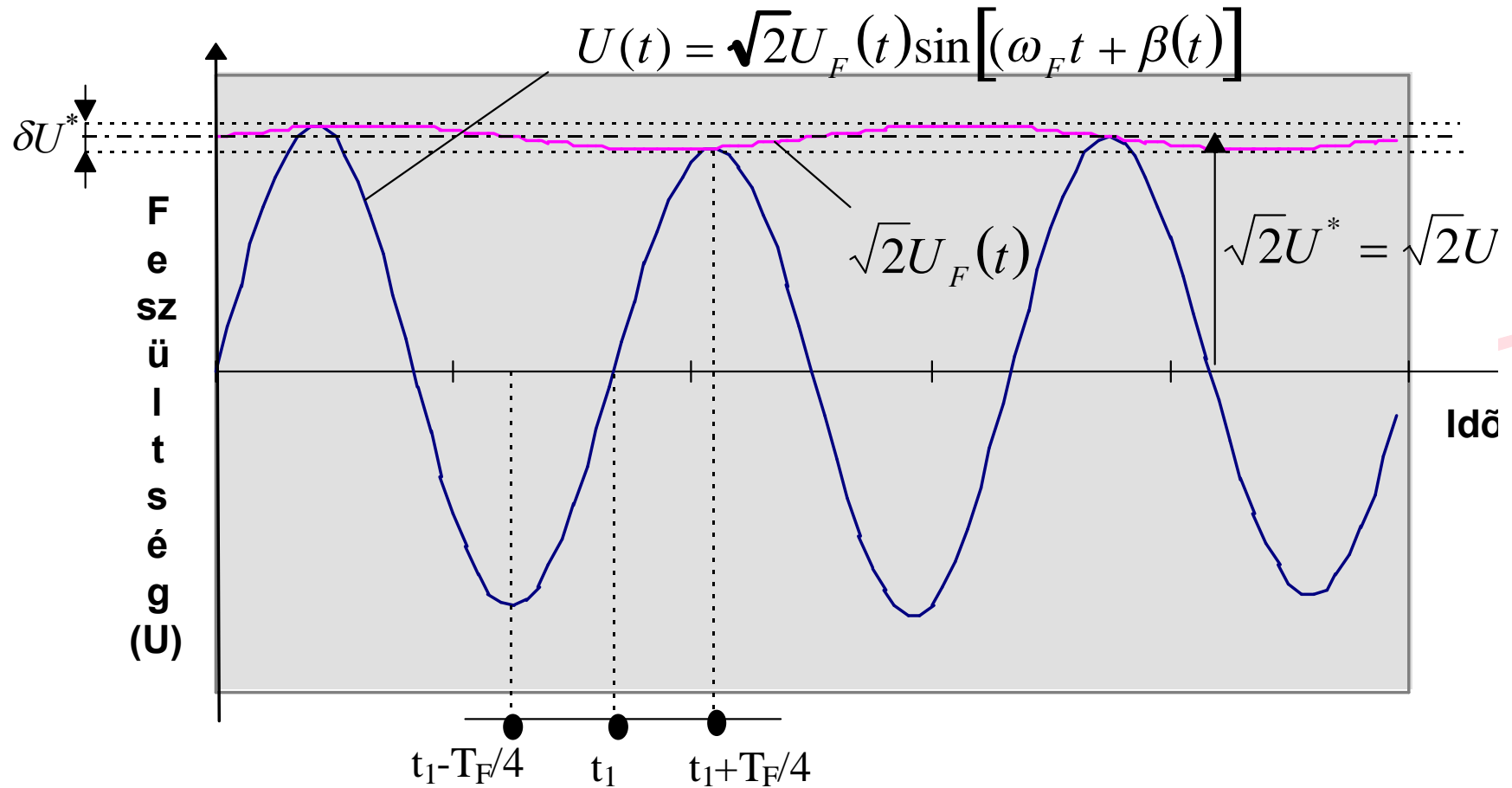
Definíció

- A villogást az **MSZ EN 50160** szabvány a következőképpen definiálja:

“időben ingadozó fényességű vagy színeképi eloszlású fényinger által létrehozott látásérzet-ingadozás hatása”.



Definició



Definíció

A t_1 időpontbeli feszültség effektív értéke :

$$U_F(t_1) = \sqrt{\frac{2}{T_F} \int_{t_1 - T_F/4}^{t_1 + T_F/4} U^2(t) dt}$$

ahol $T_F = 20\text{ms}$ és $\omega_F = 2\pi/T_F$. Jelöljük az U_F effektív értékek átlagát U^* -gal

$$U_{Fm} = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} \int_0^T U_F(t) dt \right] = U^*$$

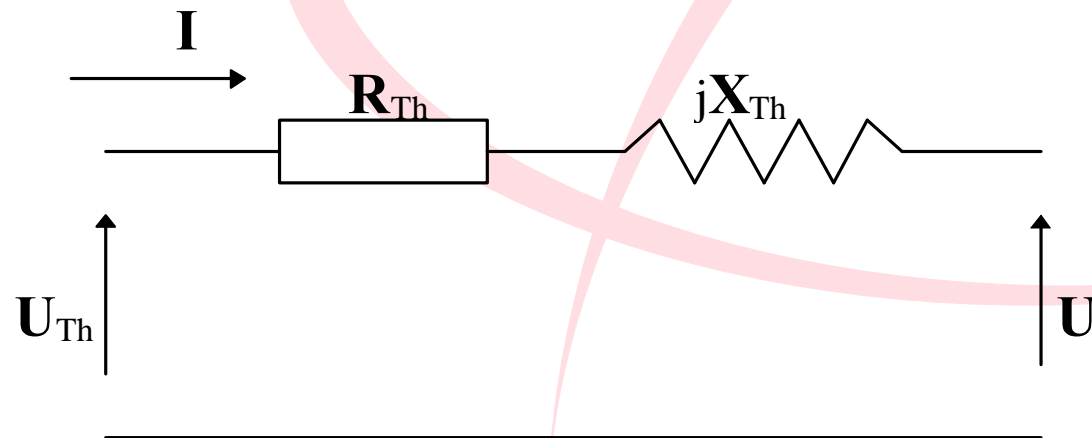


Definició

$$\frac{\delta U}{\sqrt{2U}^*} = g(f_m)$$



Keletkezés



Keletkezés

$$\delta|U| \cong \frac{1}{3|U^*|} (R_{Th} \delta P + X_{Th} \delta Q) = \Delta I_W R_{Th} + \Delta I_M X_{Th} = \Delta U$$

$$U = |U_{Th}| - (I_W R_{Th} + I_M X_{Th}) = |U_{Th}| - \frac{1}{3|U^*|} (P R_{Th} + Q X_{Th})$$

$$\frac{\delta U^*}{\sqrt{2} U^*} * 100 \leq 0.25\% \quad (f_M = 8.8 \text{ Hz} - en)$$

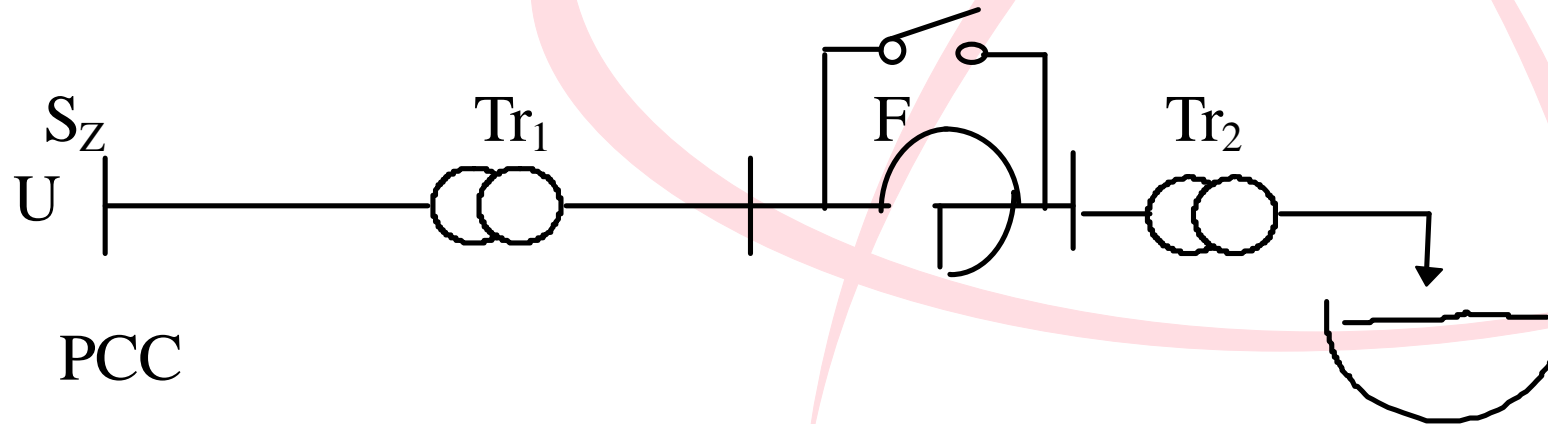


Keletkezés

- nagy terhelések ki- és bekapcsolása,
- nagyteljesítményű motorok indítása (különösen, ha ciklikus),
- ingadozó terhelések (pl. szabályozott nagyteljesítményű fűtések),
- hegesztőkészülékek,
- villamos ívkemencék
- szélerőművek



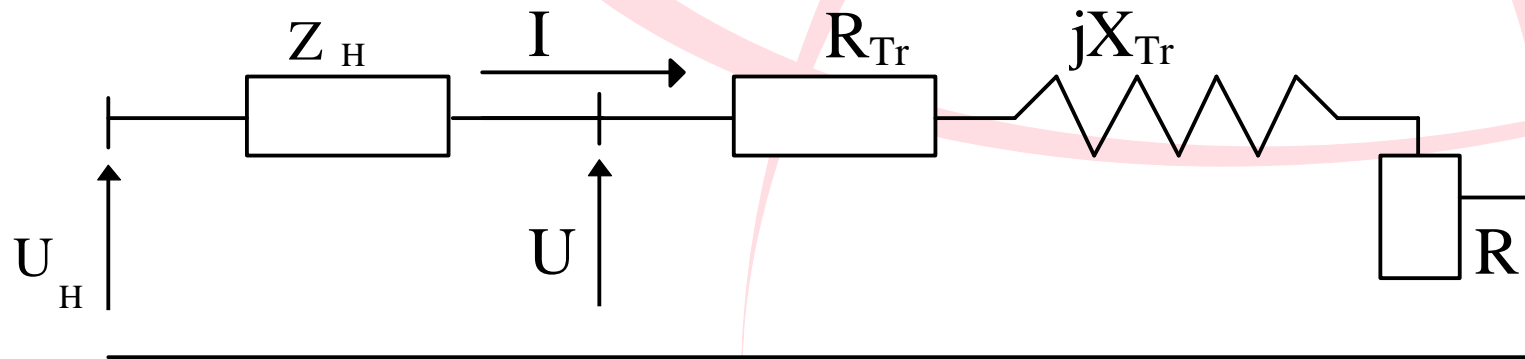
Keletkezés



Az ívkemence tápellátás egyvonalas rajza

Keletkezés

$$r = R_{Tr} + R_H \approx 0.15 - 0.4 m\Omega$$



$$x = X_{Tr} + X_H \approx 3 - 6 m\Omega$$

Az ívkemence ellátás Thevenin ekvivalense



Keletkezés

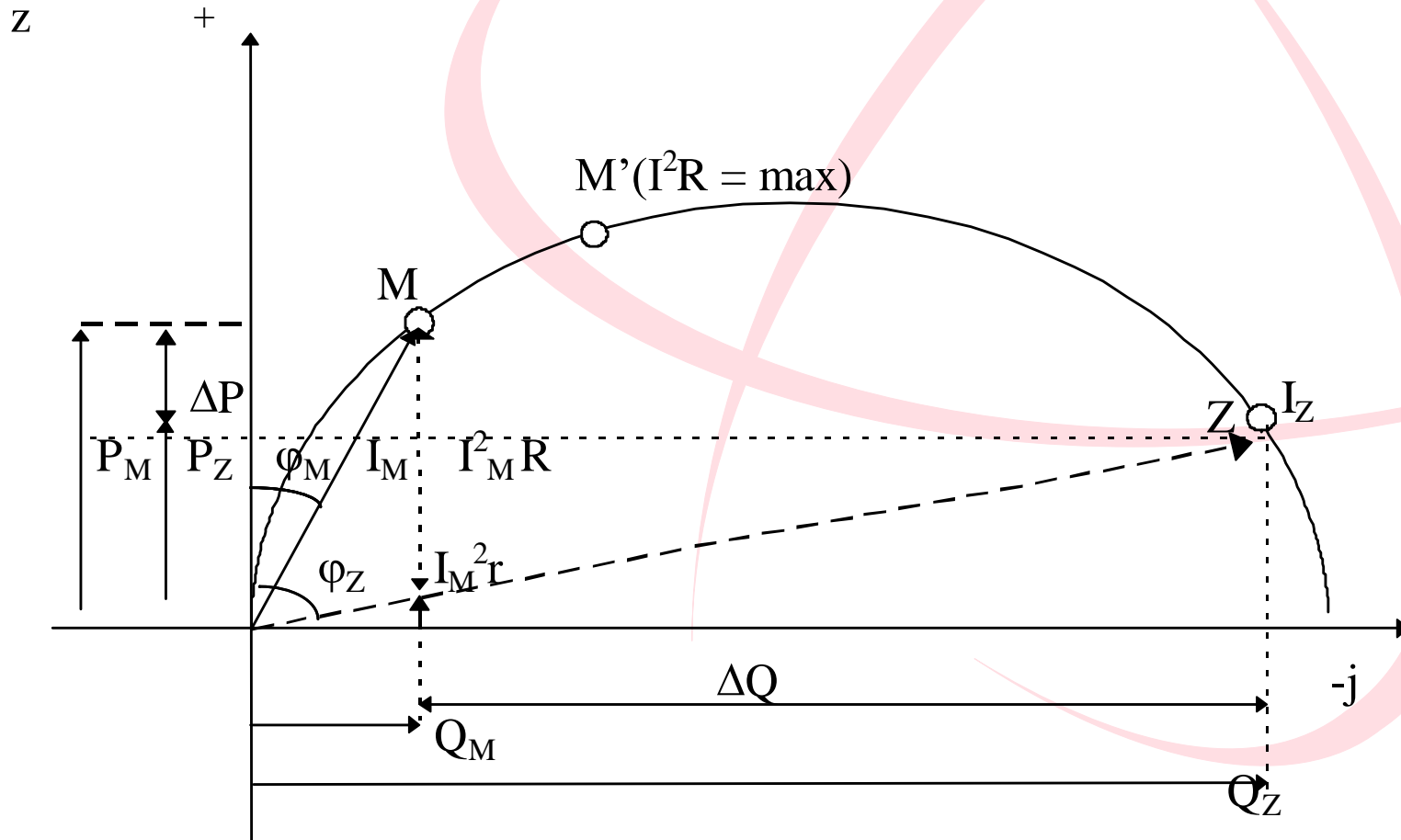
$$[(r + R) + jx]I = U$$

$$I - j\frac{r+R}{x}I = -j\frac{U}{x}$$

$$I_z = \frac{U}{r + jX}$$



Keletkezés



Az ívkemence kördiagramja



Keletkezés

A PCC-n létrejövő hosszirányú feszültségesés változás:

$$\delta|U| \cong \frac{1}{3|U^*|} R_H \delta P + \frac{1}{3|U^*|} X_H \delta Q = \Delta U_W + \Delta U_M$$

$$\Delta I_W < \Delta I_M \quad \frac{\Delta I_W}{\Delta I_M} \approx 0.3$$

$$\frac{R_H}{X_H} \approx 0.1$$

$$\delta|U| \approx \Delta U \approx \Delta I_M X_H$$



Keletkezés

$$\Delta P \approx 0.3\Delta Q$$

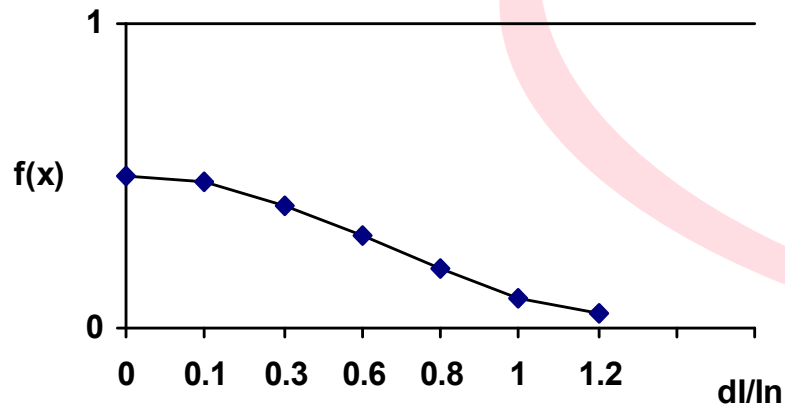
$$\Delta S = \sqrt{\Delta Q^2 + \Delta P^2} \approx \sqrt{\Delta Q^2 + (0.3\Delta Q)^2} = 1.04\Delta Q$$

$$\Delta Q \approx 0.96\Delta S$$

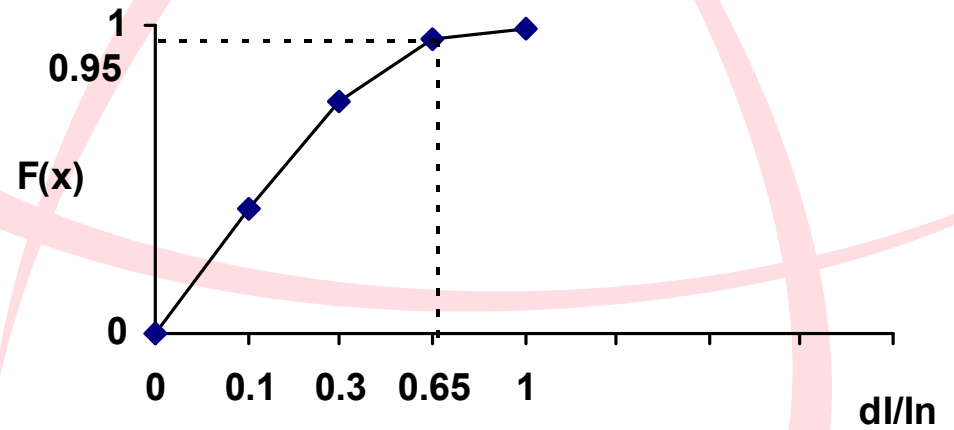
$$\frac{\Delta U}{U} \approx \frac{\Delta Q}{S_z} \approx \frac{0.96\Delta S}{S_z}$$



Keletkezés



Az áramváltás sűrűségfüggvénye



Az áramváltás eloszlásfüggvénye



Keletkezés

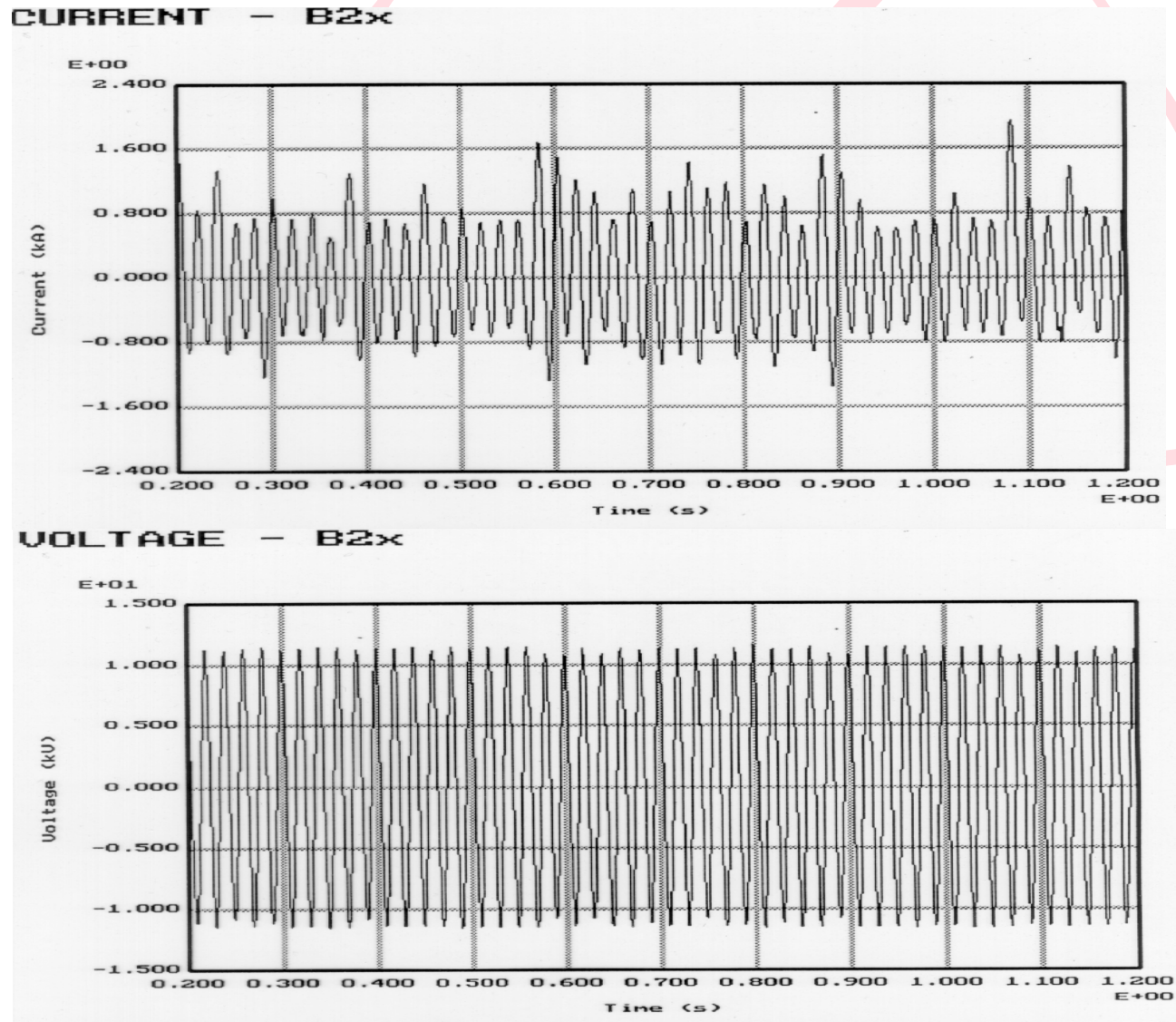
$$\frac{\Delta I}{I_N} = 0.65$$

$$\frac{\Delta S}{S_N} = 0.65$$

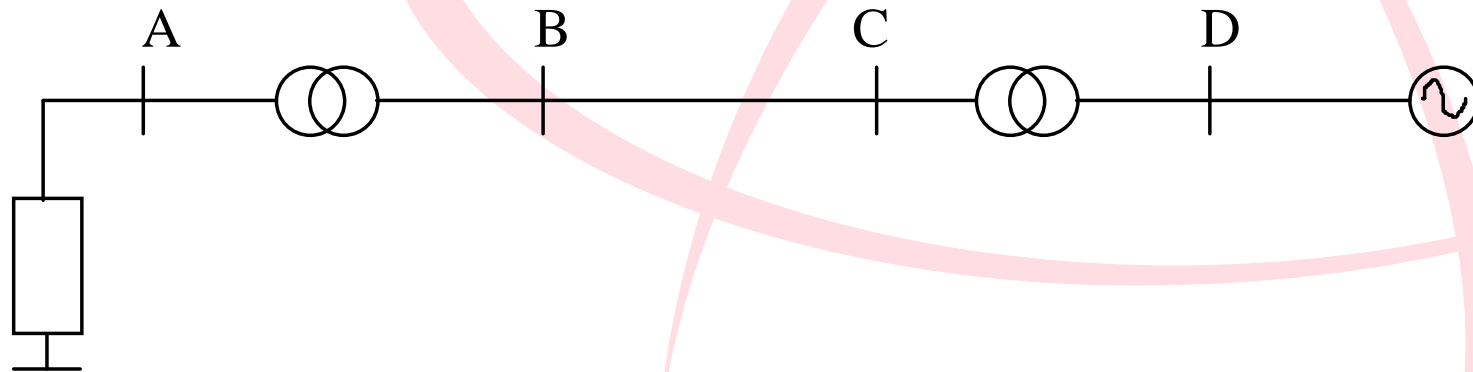
$$\frac{\Delta U}{U} \approx 0.96 \cdot 0.65 \cdot \frac{S_N}{S_z} = 0.624 \frac{S_N}{S_z}$$



Keletkezés



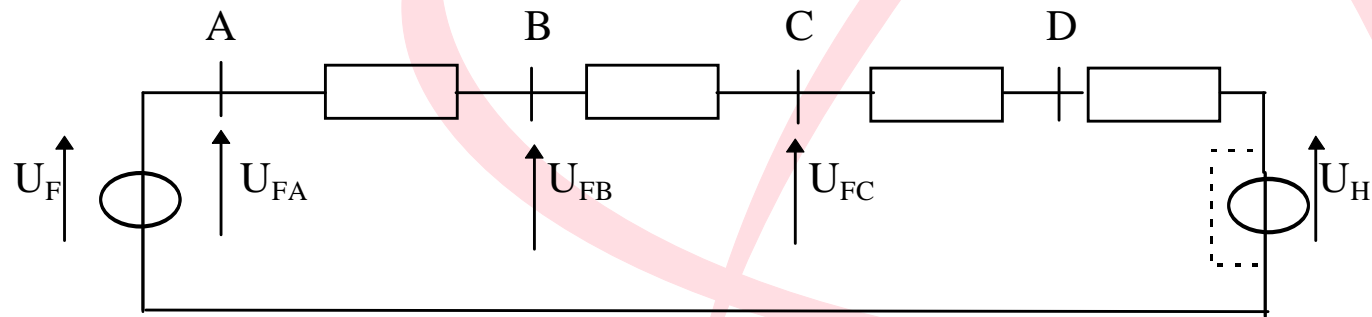
Terjedés (forrás KIF oldalon)



A táphálózat egyvonalas rajza



Terjedés (forrás KIF oldalon)



$$U_{FA} : U_{FB} : U_{FC} = \frac{1}{S_{ZA}} : \frac{1}{S_{ZB}} : \frac{1}{S_{ZC}}$$

Villogásforrás a kisfeszültségű oldalon



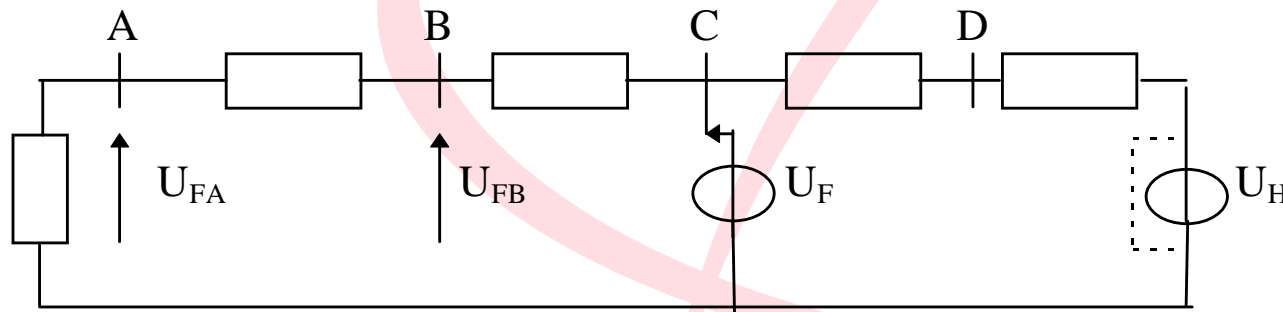
Terjedés (forrás KIF oldalon)

$$\frac{U_{FA}}{U_{FB}} = \frac{S_Z^{(B)}}{S_Z^{(A)}}$$

$$P_{st}^{(B)} = P_{st}^{(A)} \frac{S_Z^{(A)}}{S_Z^{(B)}}$$



Terjedés (forrás KÖF/NAF oldalon)



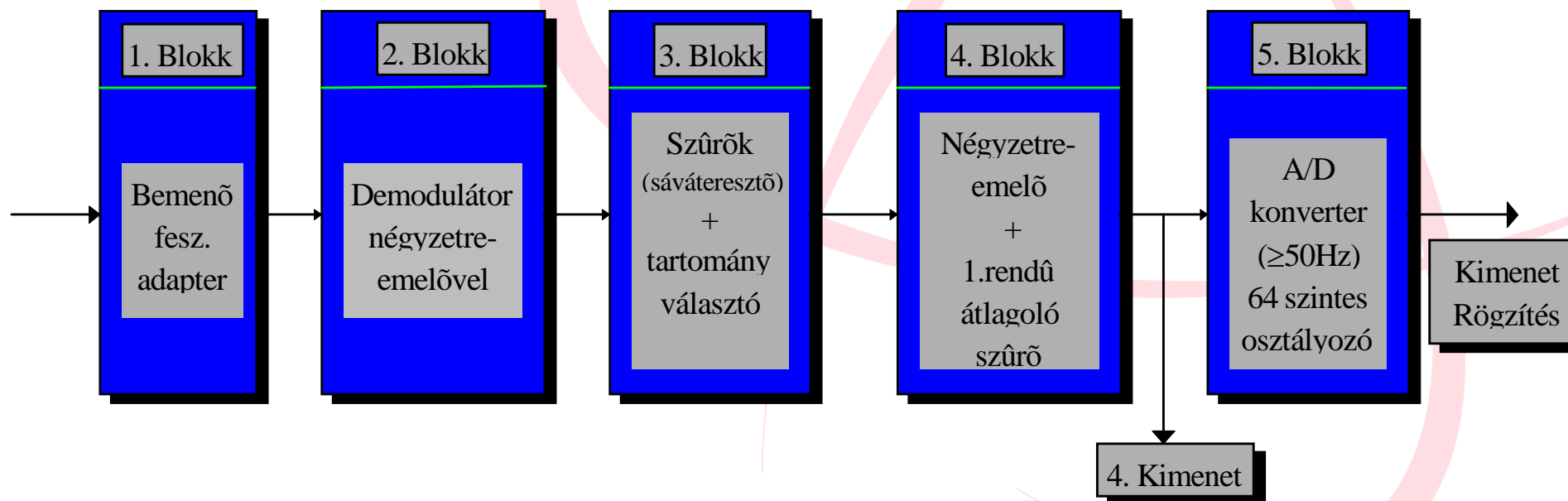
$$P_{st}^{(A)} \approx P_{st}^{(B)} \approx P_{st}^{(C)}$$

$$P_{st}^{(D)} = P_{st}^{(C)} \frac{S_Z^{(C)}}{S_Z^{(D)}}$$

Villogásforrás a közép- vagy nagyfeszültségű oldalon

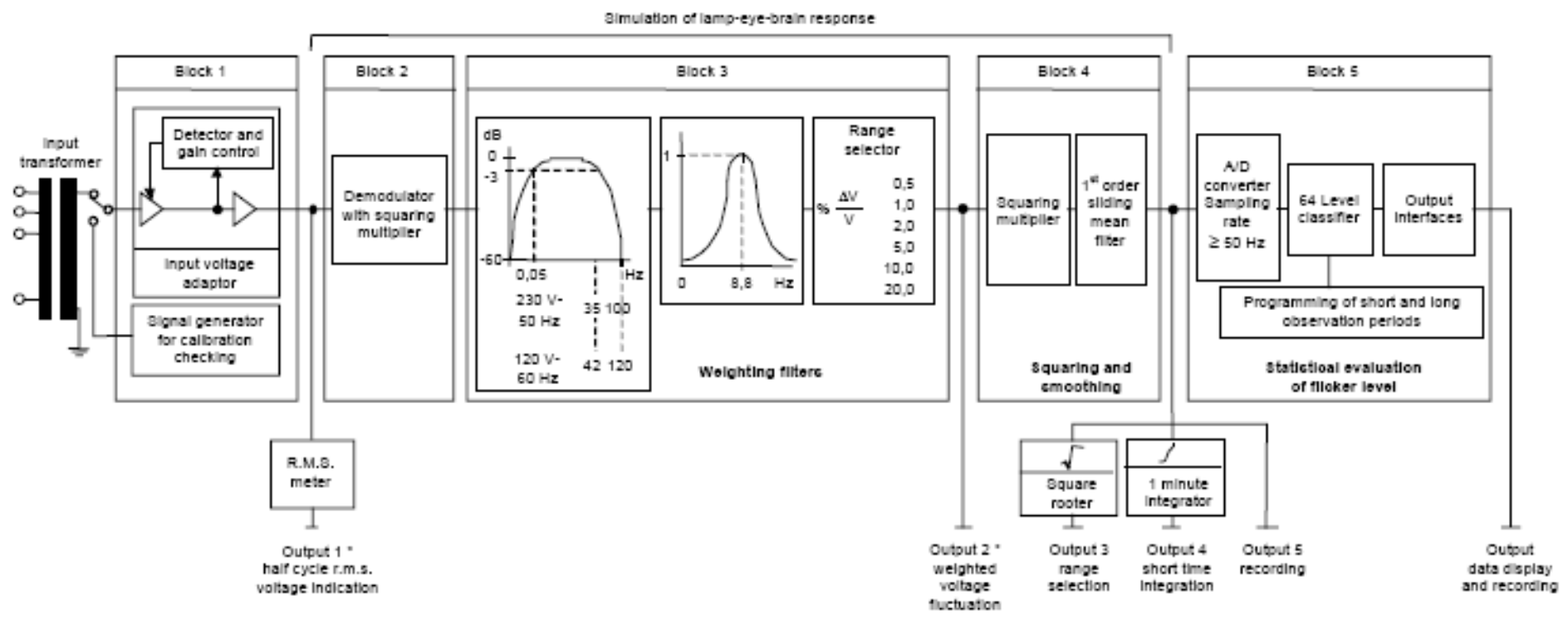


MÉRÉS (MSZ EN 61000-4-15:2003)



Az UIE/IEC flickermérő funkcionális diagramja





* Optional for extended measuring applications

IEC 3137/02

Figure 1 – Functional diagram of IEC flickermeter



MÉRÉS

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_4}\right)}$$

$$k = 1.74802$$

$$\lambda = 2\pi 4.05981$$

$$\omega_1 = 2\pi 9.15494$$

$$\omega_2 = 2\pi 2.27979$$

$$\omega_3 = 2\pi 1.22535$$

$$\omega_4 = 2\pi 21.9$$

A 3. egység szűrőinek átviteli függvénye



Mérés

Table 8 – Indicative values for the parameters of lamps

Variable	230 V lamp 50 Hz system	120 V lamp 60 Hz system
κ	1,748 02	1,635 7
λ	$2 \cdot \pi \cdot 4,059 81$	$2 \cdot \pi \cdot 4,167 375$
ω_1	$2 \cdot \pi \cdot 9,154 94$	$2 \cdot \pi \cdot 9,077 169$
ω_2	$2 \cdot \pi \cdot 2,279 79$	$2 \cdot \pi \cdot 2,939 902$
ω_3	$2 \cdot \pi \cdot 1,225 35$	$2 \cdot \pi \cdot 1,394 468$
ω_4	$2 \cdot \pi \cdot 21,9$	$2 \cdot \pi \cdot 17,315 12$



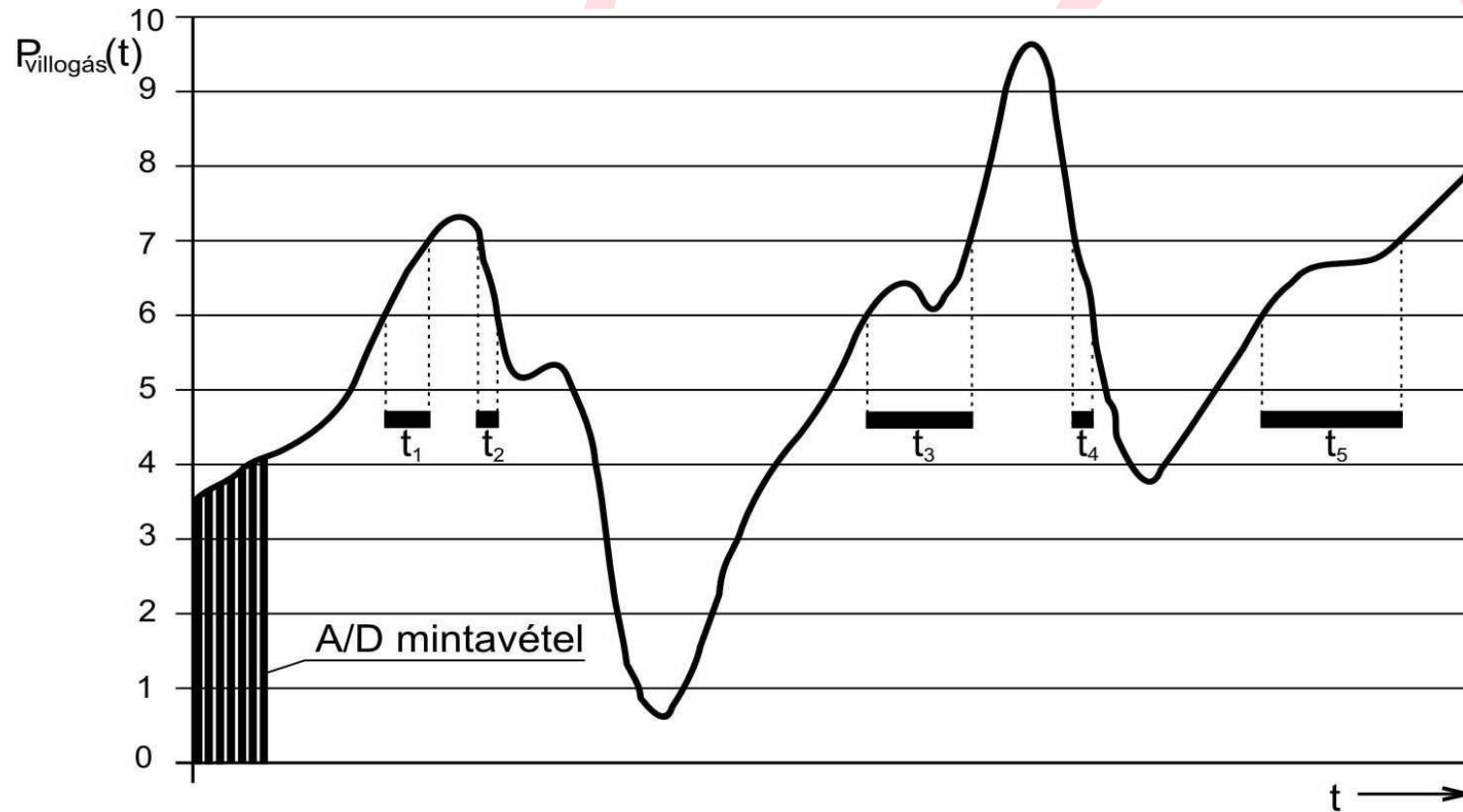
MÉRÉS

A flicker időfüggvény valósidejű feldolgozása:

- 4. egység kimenetén mért pillanatnyi villogásérzet szinteket osztályozzuk értékük szerint
- amikor letelik a megfigyelési időszak, kiszámoljuk az eloszlásfüggvényt



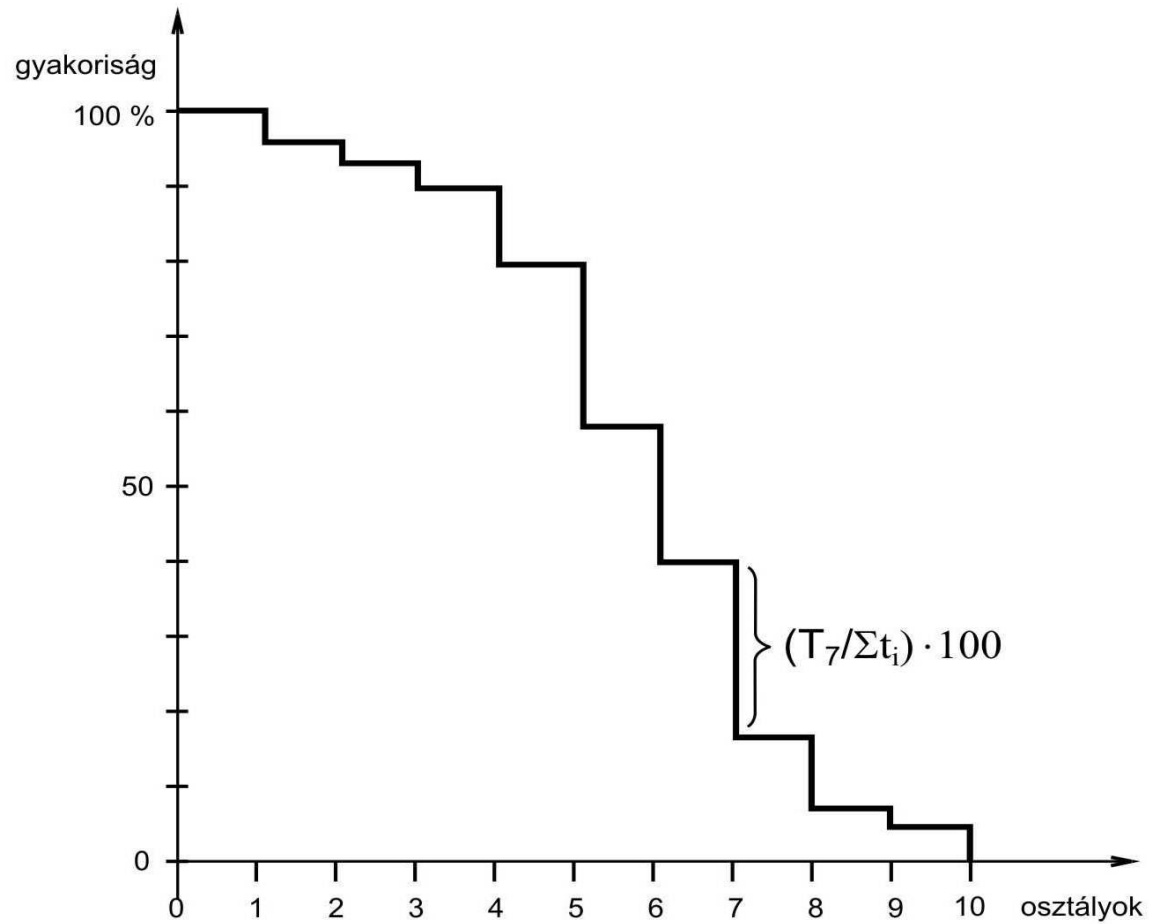
Mérés



a.)



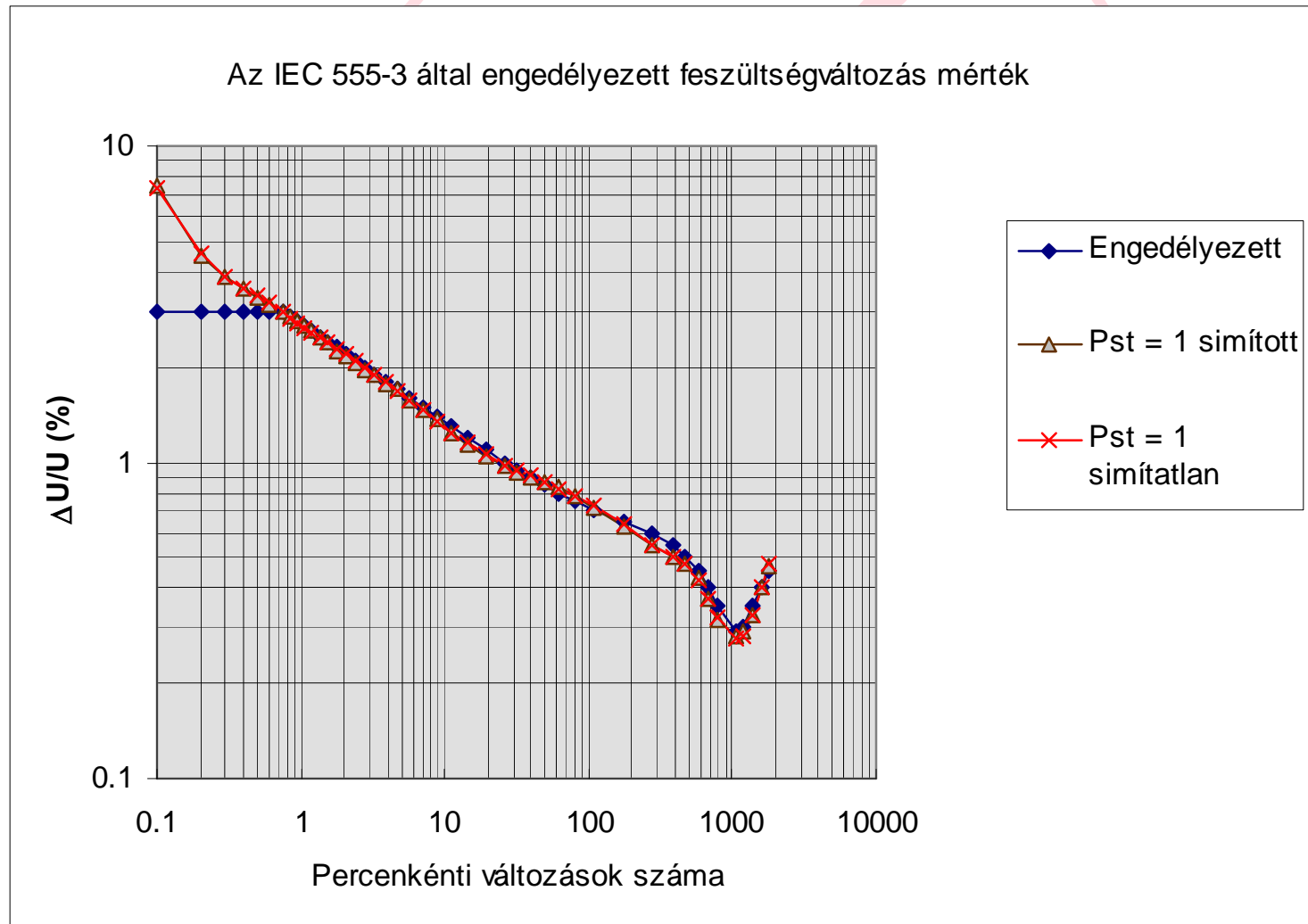
Mérés



b.)



MÉRÉS



Az IEC 555-3 által jóváhagyott maximális feszültségváltozás mérték



Mérés

Table 1 – Normalized flickermeter response for sinusoidal voltage fluctuations
(input relative voltage fluctuation $\Delta V/V$ for one unit of perceptibility at output 5)

Hz	Voltage fluctuation %		Hz	Voltage fluctuation %	
	120-V lamp 60 Hz system	230-V lamp 50 Hz system		120-V lamp 60 Hz system	230-V lamp 50 Hz system
0,5	2,457	2,340	10,0	0,339	0,260
1,0	1,463	1,432	10,5	0,355	0,270
1,5	1,124	1,080	11,0	0,374	0,282
2,0	0,940	0,882	11,5	0,394	0,296
2,5	0,814	0,754	12,0	0,420	0,312
3,0	0,716	0,654	13,0	0,470	0,348
3,5	0,636	0,568	14,0	0,530	0,388
4,0	0,569	0,500	15,0	0,593	0,432
4,5	0,514	0,446	16,0	0,662	0,480
5,0	0,465	0,398	17,0	0,737	0,530
5,5	0,426	0,360	18,0	0,815	0,584
6,0	0,393	0,328	19,0	0,897	0,640
6,5	0,366	0,300	20,0	0,981	0,700
7,0	0,346	0,280	21,0	1,071	0,760
7,5	0,332	0,266	22,0	1,164	0,824
8,0	0,323	0,256	23,0	1,262	0,890
8,8	0,321	0,250	24,0	1,365	0,962
9,5	0,330	0,254	25,0	1,472	1,042
			33,33	Test not required	2,130
			40,0	4,424	Test not required



Mérés

Table 2 – Normalized flickermeter response for rectangular voltage fluctuations
(input relative voltage fluctuation $\Delta V/V$ for one unit of perceptibility at output 5)

Hz	Voltage fluctuation %		Hz	Voltage fluctuation %	
	120 V lamp 60 Hz system	230 V lamp 50 Hz System		120 V lamp 60 Hz system	230 V lamp 50 Hz system
0,5	0,600	0,514	10,0	0,264	0,205
1,0	0,547	0,471	10,5	0,280	0,213
1,5	0,504	0,432	11,0	0,297	0,223
2,0	0,471	0,401	11,5	0,309	0,234
2,5	0,439	0,374	12,0	0,323	0,246
3,0	0,421	0,355	13,0	0,369	0,275
3,5	0,407	0,345	14,0	0,411	0,308
4,0	0,394	0,333	15,0	0,459	0,344
4,5	0,371	0,316	16,0	0,513	0,376
5,0	0,349	0,293	17,0	0,580	0,413
5,5	0,323	0,269	18,0	0,632	0,452
6,0	0,302	0,249	19,0	0,692	0,498
6,5	0,282	0,231	20,0	0,752	0,546
7,0	0,269	0,217	21,0	0,818	0,586
7,5	0,258	0,207	22,0	0,853	0,604
8,0	0,255	0,201	23,0	0,946	0,680
8,8	0,253	0,199	24,0	1,072	0,743
9,5	0,257	0,200	33,33	Test not required	1,67
			40,0	3,46	Test not required



MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

P0.1 szint, amelyet csak a megfigyelési időszak 0.1%-a halad meg
P1 szint, amelyet csak a megfigyelési időszak 1%-a halad meg
P3 szint, amelyet csak a megfigyelési időszak 3%-a halad meg
P10 szint, amelyet csak a megfigyelési időszak 10%-a halad meg
P50 szint, amelyet csak a megfigyelési időszak 50%-a halad meg

$$P_{st} = \sqrt{K_1 P_1 + K_2 P_2 + \dots + K_n P_n}$$



MÉRÉS

- **K0,1 a 0.1%-os szinthez =0.0314**
- **K1 az 1%-os szinthez =0.0525**
- **K3 a 3%-os szinthez =0.0657**
- **K10 a 10%-os szinthez =0.28**
- **K50 az 50%-os szinthez =0.08**

$$P_{50S} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3$$

$$P_{10S} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5$$

$$P_{3S} = (P_{2.2} + P_3 + P_4)/3$$

$$P_{1S} = (P_{0.7} + P_1 + P_{1.5})/3$$



MÉRÉS

2 órás Plt

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st_i}^3}{12}}$$

Egy hétre Plt(95):

$$Plt \leq 1$$



A MŰSZER KALIBRÁLÁSA

Table 5 – Test specification for flickermeter classifier

Rectangular changes per minute	Voltage changes $\frac{\Delta V}{V}$ %	
	120 V lamp 60 Hz system	230 V lamp 50 Hz system
1	3,166	2,724
2	2,568	2,211
7	1,695	1,459
39	1,044	0,906
110	0,841	0,725
1 620	0,547	0,402
4 000	Test not required	2,40
4 800	4,834	Test not required

NOTE 1 620 rectangular changes per minute corresponds to 13,5 Hz.

In each case, the flicker severity, P_{st} , shall be $1,00 \pm 0,05$ (see 4.10.1).



ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection

1 Scope

This part of IEC 61000 is concerned with the limitation of voltage fluctuations and flicker impressed on the public low-voltage system.

It specifies limits of voltage changes which may be produced by an equipment tested under specified conditions and gives guidance on methods of assessment.

This part of IEC 61000 is applicable to electrical and electronic equipment having an input current equal to or less than 16 A per phase, intended to be connected to public low-voltage distribution systems of between 220 V and 250 V line to neutral at 50 Hz, and not subject to conditional connection.

Equipment which does not comply with the limits of this part of IEC 61000 when tested with the reference impedance Z_{ref} of 6.4, and which therefore cannot be declared compliant with this part, may be retested or evaluated to show conformity with IEC 61000-3-11. Part 3-11 is applicable to equipment with rated input current ≤ 75 A per phase and subject to conditional connection.

The tests according to this part are type tests. Particular test conditions are given in annex A and the test circuit is shown in figure 1.

NOTE The limits in this part of IEC 61000 are based mainly on the subjective severity of flicker imposed on the light from 230 V/60 W coiled-coil filament lamps by fluctuations of the supply voltage. For systems with nominal voltage less than 220 V line to neutral and/or frequency of 60 Hz, the limits and reference circuit values are under consideration.



5 Limits

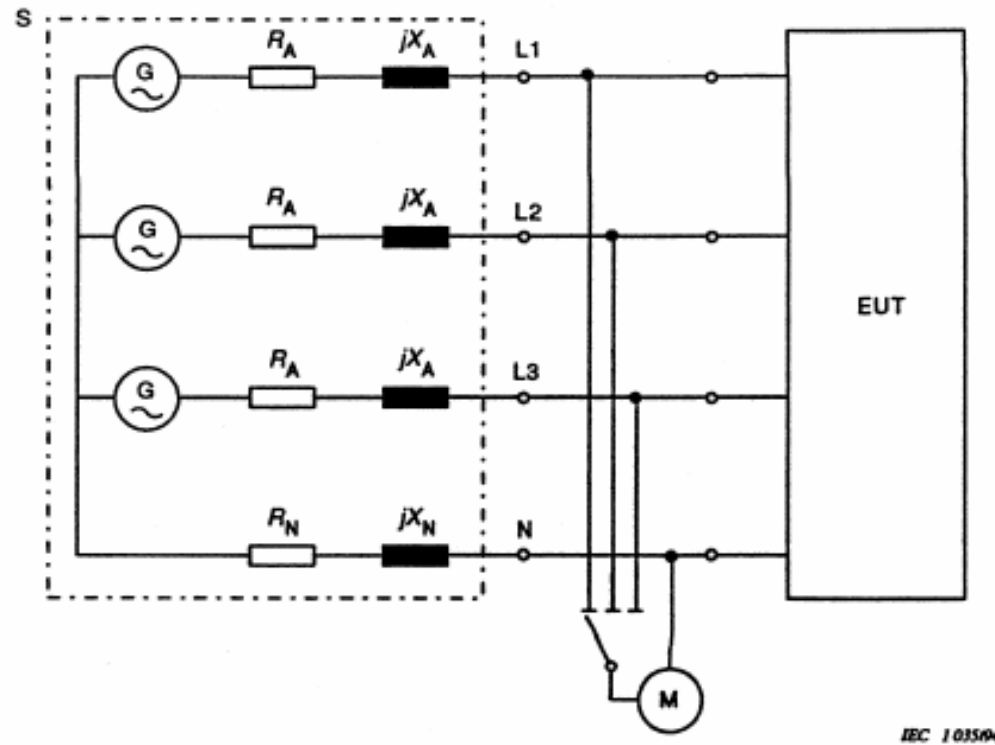
The limits shall be applicable to voltage fluctuations and flicker at the supply terminals of the equipment under test, measured or calculated according to clause 4 under test conditions described in clause 6 and annex A. Tests made to prove compliance with the limits are considered to be type tests.

The following limits apply:

- the value of P_{st} shall not be greater than 1,0;
- the value of P_{it} shall not be greater than 0,65;
- the value of $d(t)$ during a voltage change shall not exceed 3,3 % for more than 500 ms;
- the relative steady-state voltage change, d_c , shall not exceed 3,3 %;
- the maximum relative voltage change d_{max} , shall not exceed
 - a) 4 % without additional conditions;
 - b) 6 % for equipment which is:
 - switched manually, or
 - switched automatically more frequently than twice per day, and also has either a delayed restart (the delay being not less than a few tens of seconds), or manual restart, after a power supply interruption.

NOTE The cycling frequency will be further limited by the P_{st} and P_{it} limit. For example: a d_{max} of 6 % producing a rectangular voltage change characteristic twice per hour will give a P_{it} of about 0,65.





EUT equipment under test

M measuring equipment

S supply source consisting of the supply voltage generator G and reference impedance Z with the elements:

$$R_A = 0,24 \, \Omega; \quad jX_A = 0,15 \, \Omega \text{ à } 50 \text{ Hz};$$

$$R_N = 0,16 \, \Omega; \quad jX_N = 0,10 \, \Omega \text{ à } 50 \text{ Hz}.$$

The elements include the actual generator impedance.

When the source impedance is not well defined, see 6.2.

G voltage source in accordance with 6.3.

NOTE In general, three-phase loads are balanced, and R_N and X_N can be neglected, as there is no current in the neutral wire.

Figure 1 – Reference network for single-phase and three-phase supplies derived from a three-phase, four-wire supply



Feszültségváltozás

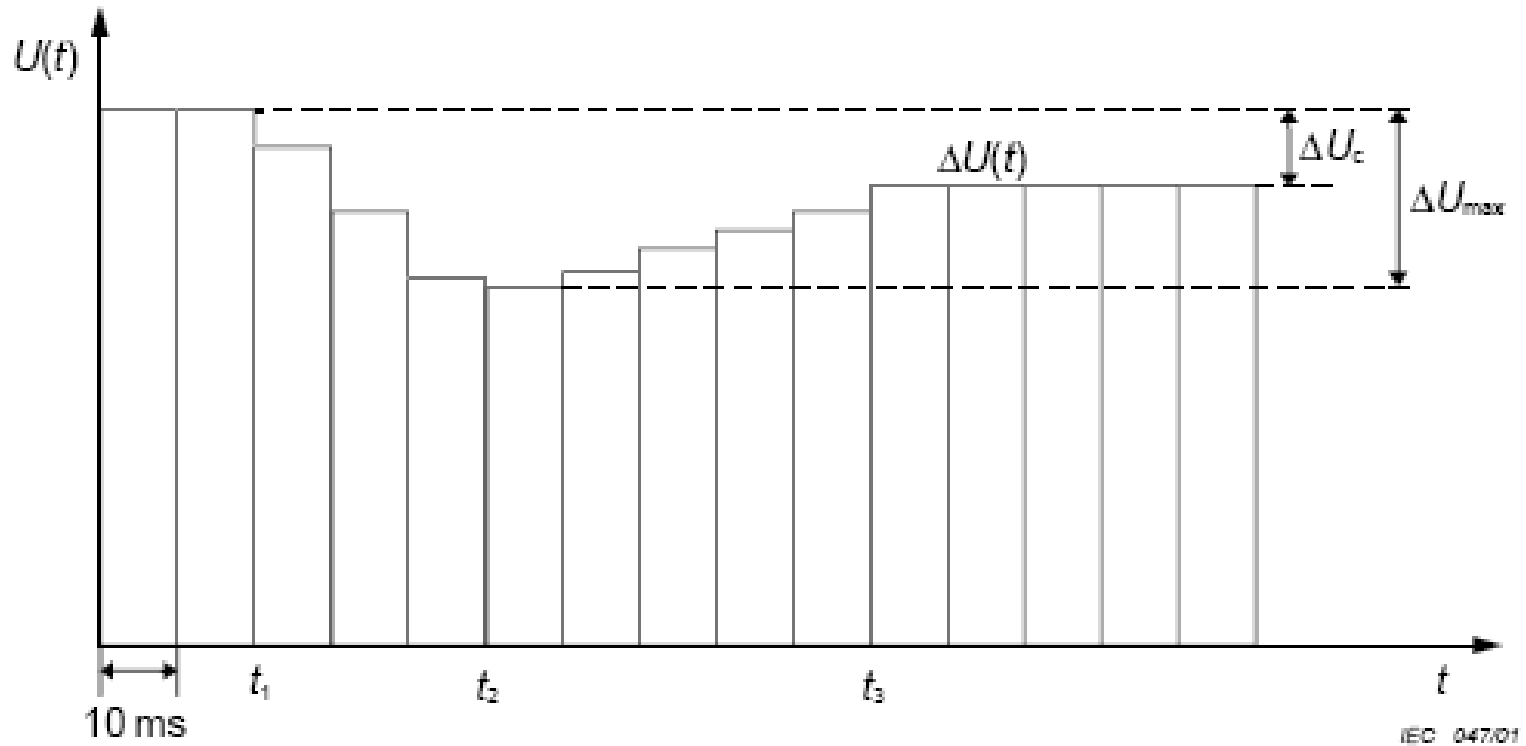


Figure 2 – Histogram evaluation of $U(t)$



Feszültségváltozás

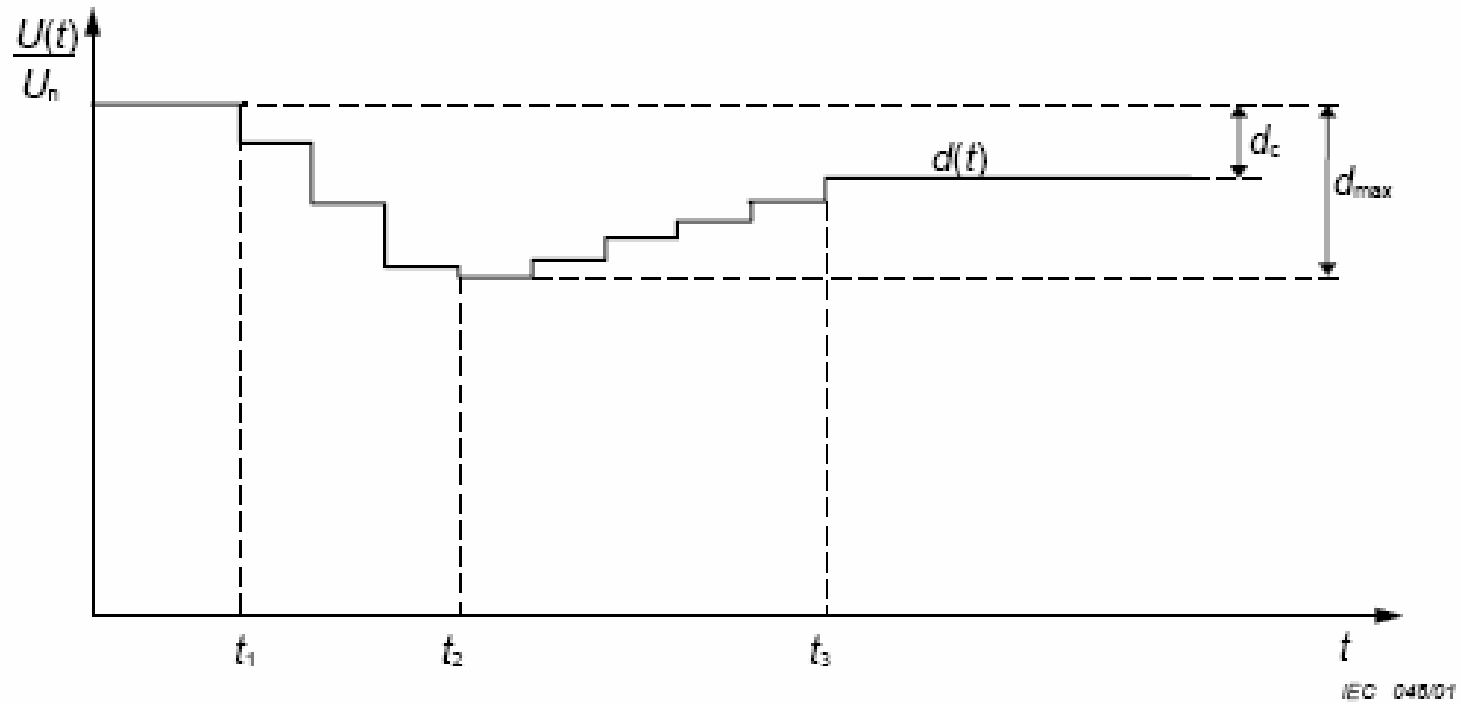
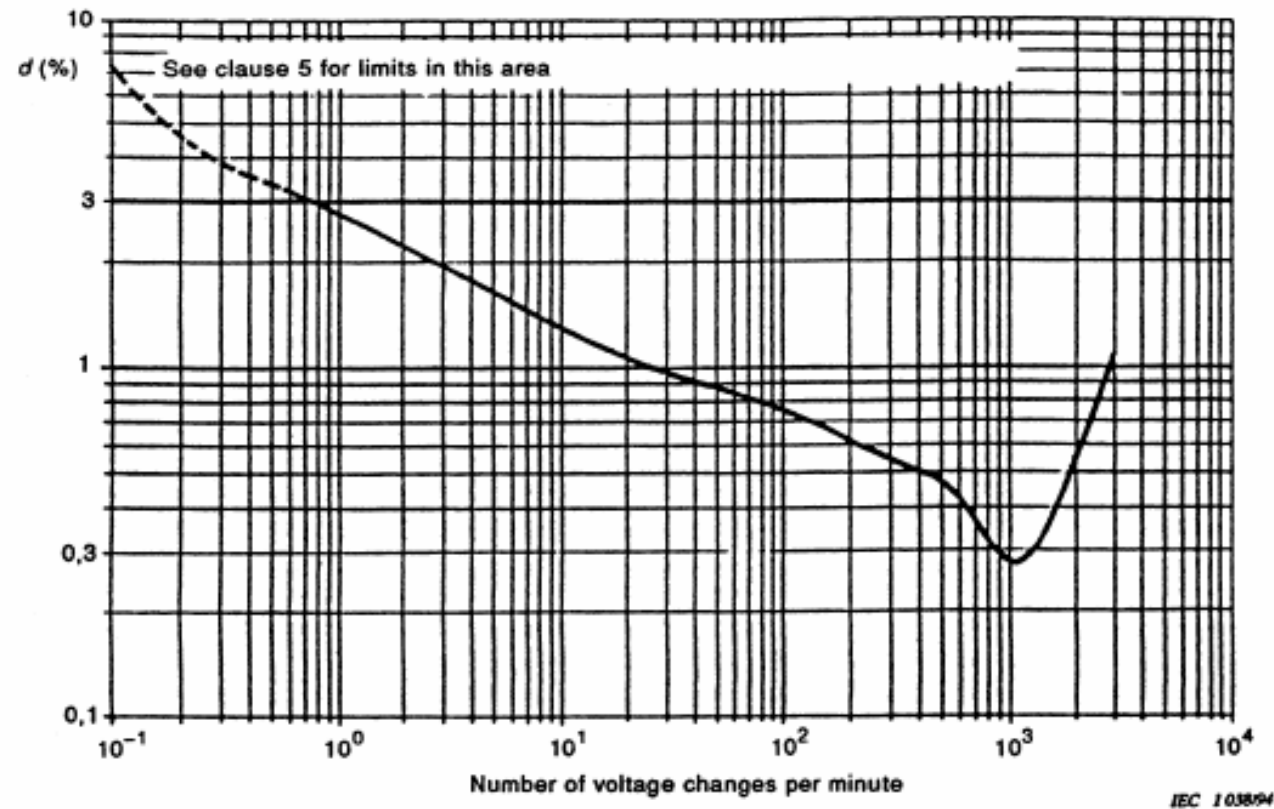


Figure 3 – Relative voltage change characteristic



Feszültségváltozás



NOTE 1 200 voltage changes per minute give 10 Hz flicker.



Feszültségváltozás

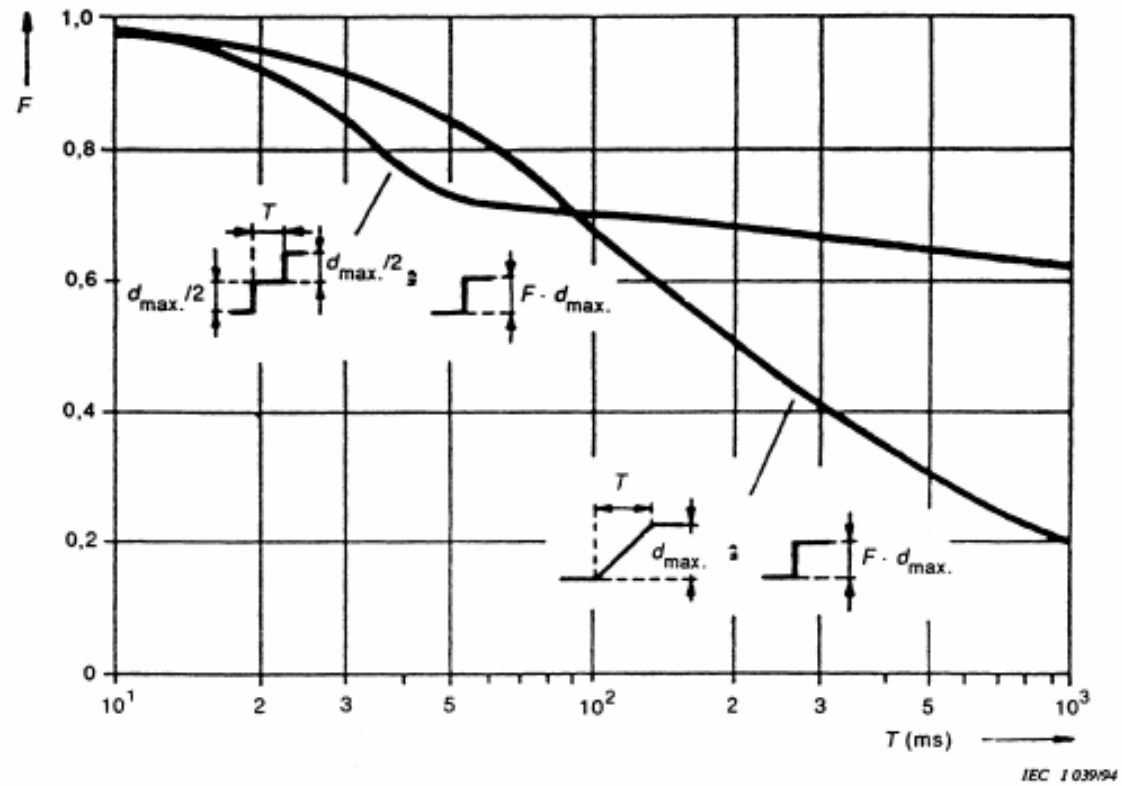


Figure 5 – Shape factors F for double-step and ramp-voltage characteristics



Feszültségváltozás

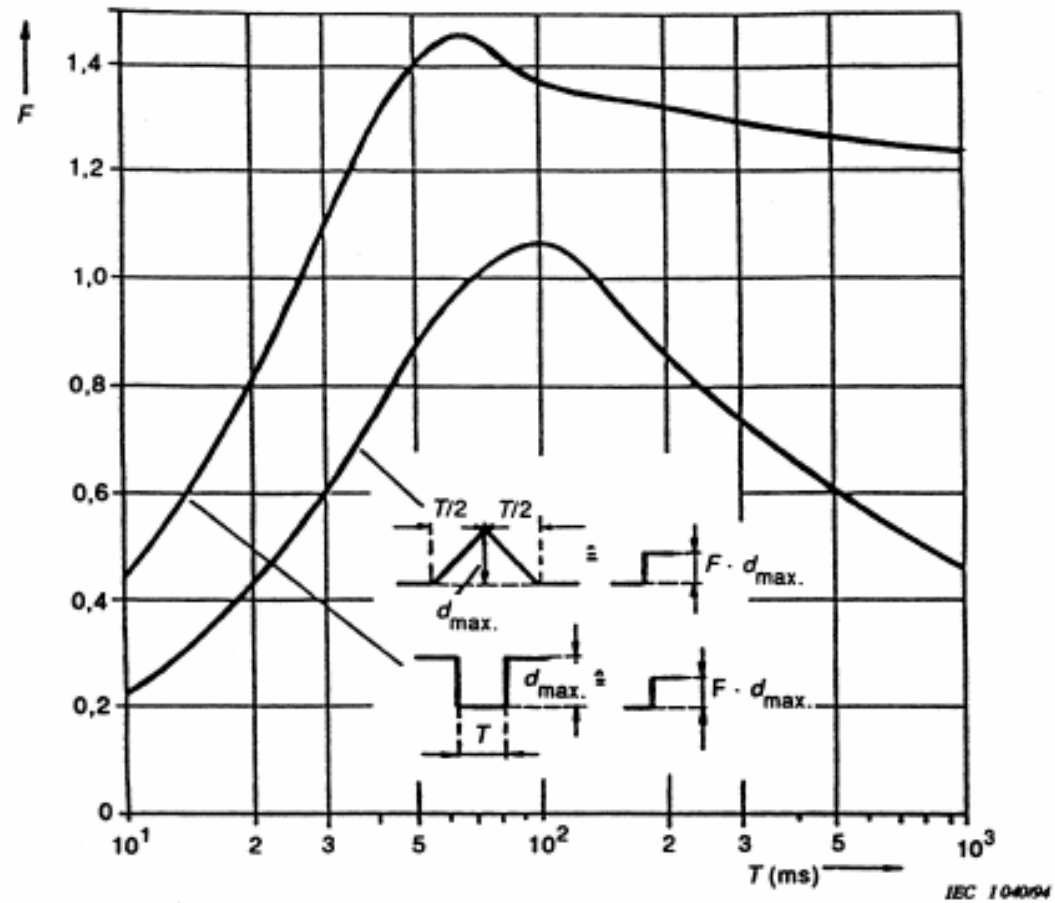
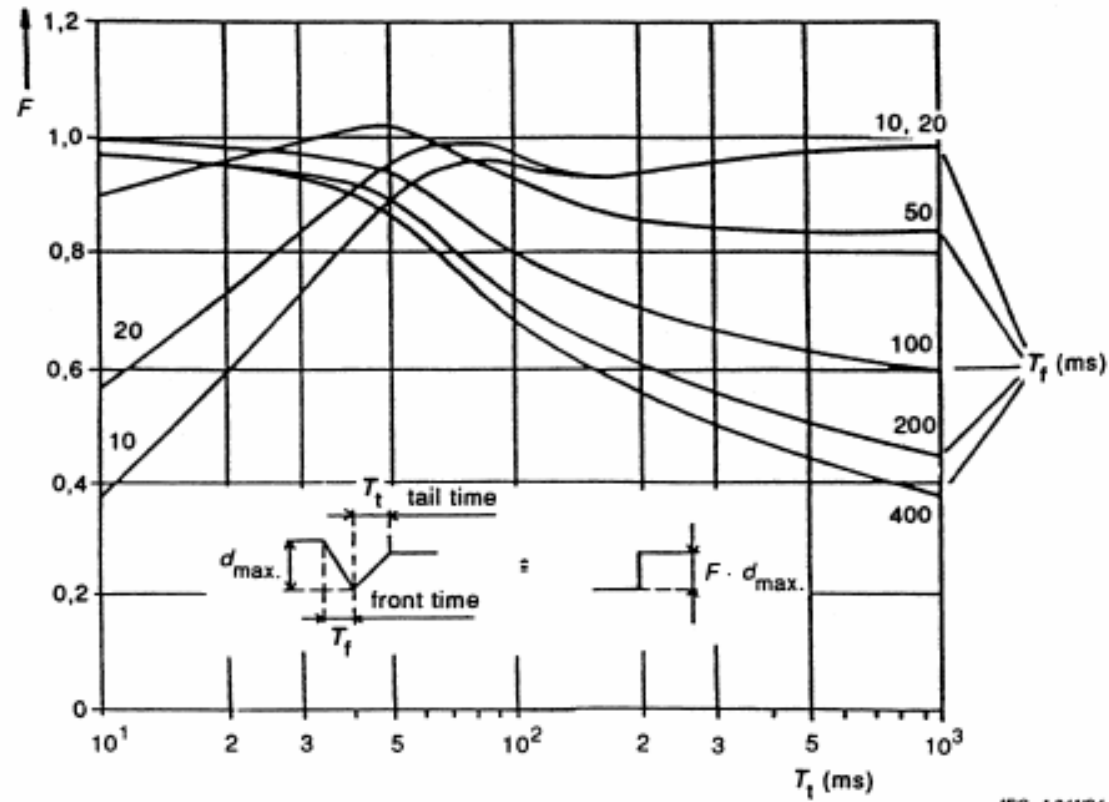


Figure 6 – Shape factors F for rectangular and triangular voltage characteristics



Feszültségváltozás



IEC 104194

NOTE $T_t = t_3 - t_2$, $T_f = t_2 - t_1$ (see figure 3).

Figure 7 – Shape factor F for motor-start voltage characteristics having various front times



ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection

1 Scope and object

This part of IEC 61000 is concerned with the emission of voltage changes, voltage fluctuations and flicker produced by equipment and impressed on the public low-voltage supply system.

It specifies the limits of voltage changes produced by equipment tested under specified conditions.

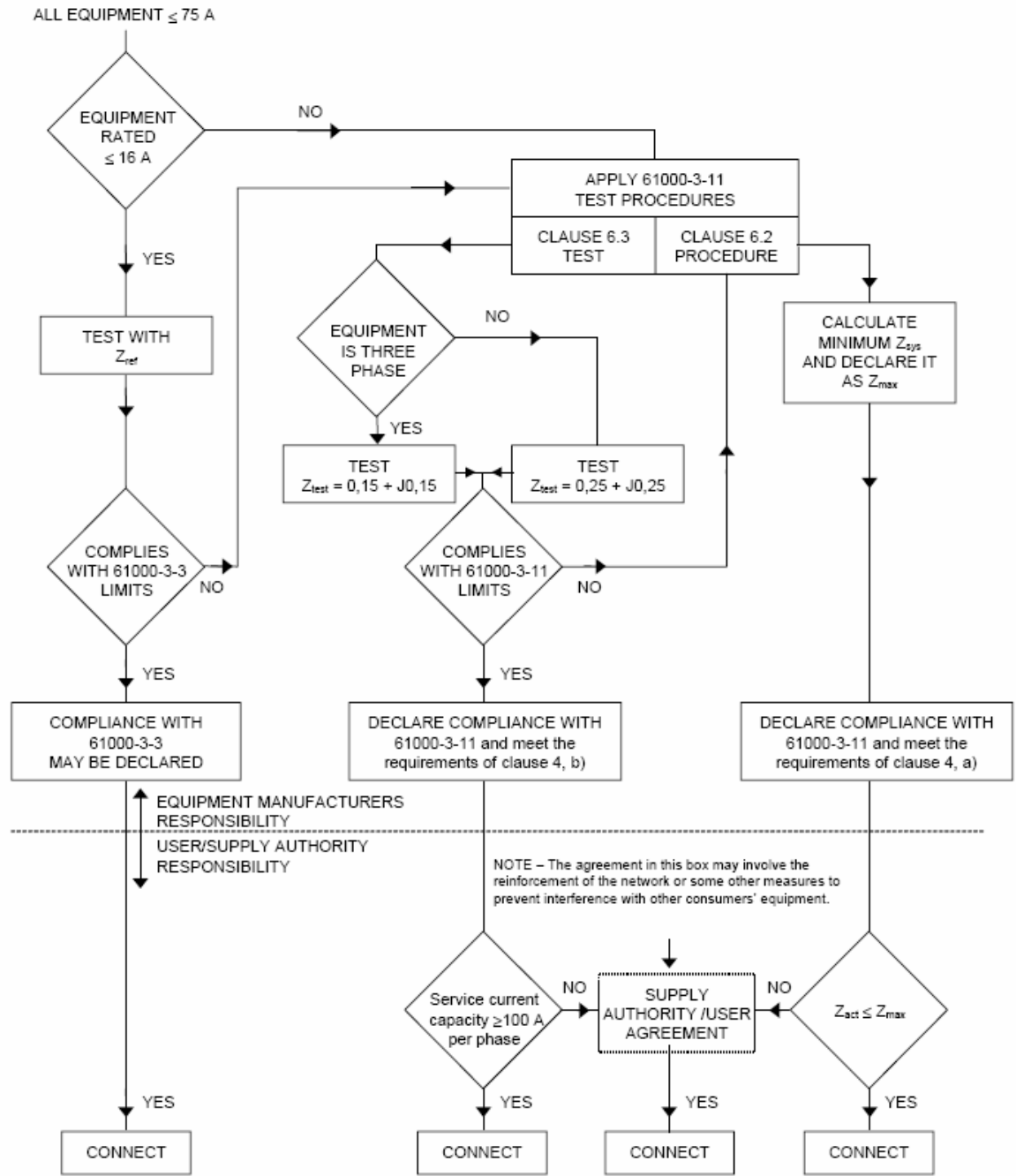
This part of IEC 61000 is primarily applicable to electrical and electronic equipment having a rated input current from 16 A up to and including 75 A, which is intended to be connected to public low-voltage distribution systems having nominal system voltages of between 220 V and 250 V, line-to-neutral at 50 Hz, and which is subject to conditional connection.

This part of IEC 61000 is also applicable to equipment within the scope of IEC 61000-3-3 that does not meet the limits when tested or evaluated with reference impedance Z_{ref} and is therefore subject to conditional connection. Equipment which meets the requirements of IEC 61000-3-3, is excluded from this part of IEC 61000.

Equipment tests made in accordance with this part of IEC 61000 are type tests.

NOTE The flicker limits specified in this part, being the same as those in IEC 61000-3-3, are based on the subjective severity of the flicker imposed on the light from 230 V/60 W coiled-coil filament lamps when subjected to fluctuations of the supply voltage. For systems with nominal voltages less than 220 V, line-to-neutral and/or frequency of 60 Hz, the limits and reference circuit values are under consideration.





Tápfeszültség a vizsgálatkor

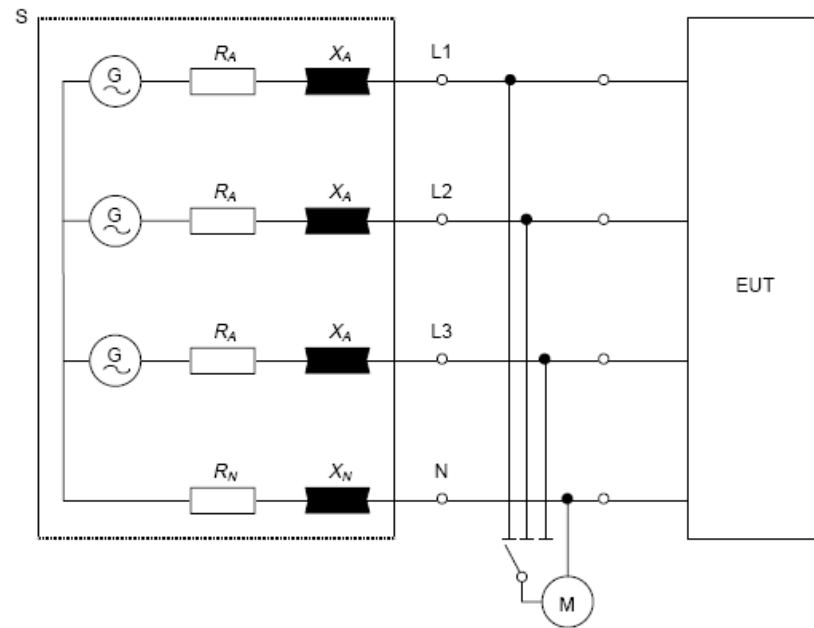
6.3 Test supply voltage

The test supply voltage (open-circuit voltage) shall be the rated voltage of the equipment. If a voltage range is stipulated for the equipment, the test voltage shall be 230 V single-phase or 400 V three-phase. The test voltage shall be maintained within $\pm 2\%$ of the nominal value. The frequency shall be $50\text{ Hz} \pm 0,5\%$.

The percentage total harmonic distortion of the supply voltage shall be less than 3 %.

Fluctuations of the test supply voltage during a test may be neglected if the P_{st} value is less than 0,4. This condition shall be verified before and after each test.





EUT equipment under test

M measuring equipment

G voltage source in accordance with 6.3 of IEC 61000-3-3.

S supply source consisting of the supply voltage generator G and test impedance Z with the following elements which include the generator impedance:

For testing relevant to 6.1 and 6.2 using Z_{ref}

$$R_A = 0,24 \Omega; \quad X_A = j 0,15 \Omega \text{ at } 50 \text{ Hz};$$

$$R_N = 0,16 \Omega; \quad X_N = j 0,10 \Omega \text{ at } 50 \text{ Hz}.$$

otherwise Z_{test} values shall comply with 6.1.1.

For testing relevant to 6.3 using Z_{test}

$$R_A = 0,15 \Omega; \quad X_A = j 0,15 \Omega;$$

$$R_N = 0,10 \Omega; \quad X_N = j 0,10 \Omega.$$

See 6.2 of IEC 61000-3-3 when the source impedance is not well defined.

NOTE In general, three-phase loads are balanced, and R_N and X_N can be neglected, as there is no current in the neutral wire.



Figure 1 – Reference network for single and three-phase supplies derived from a three-phase, four-wire supply.

Villogás hatás csökkentés

- Ipartelepen belül :
 - zárlati teljesítmény növelés
 - hálózatátalakítással
 - fogyasztó átcsoportosítással
 - kompenzálás
- Hálózaton:
 - zárlati teljesítmény növelés a PCC-n
 - PCC áthelyezés nagyobb S_z táppontra
 - kompenzálás



Zárlati teljesítmény növelése

▪ **A fogyasztó belső hálózatának átrendezése**

Az átrendezés alatt két alapvető megoldást, illetve ezek kombinációját értjük.

- A villogást okozó fogyasztó **külön betáp transzformátorról** történő ellátása. A megoldásnak csak akkor van értelme, ha ezzel a fölérendelt hálózaton okozott villogás mértéke a megengedett érték alá csökkenthető.
- **A motoros fogyasztók, kiserőművek** (ha van) átcsoportosítása a villogást okozó fogyasztót tápláló gyűjtősínre (betápra). A forgógépeket negatív sorrendű reaktanciájukkal kell figyelembe venni a zárlati teljesítmény számításánál, amely reaktancia a forgógép nélküli mögöttes hálózati reaktanciával párhuzamosan kapcsolódik, tehát a forgógép hatására jelentősen csökkenhet a villogás mértéke.

A fogyasztói betáplálás áthelyezése nagyobb feszültségszintre

Ez a megoldás a PCC áthelyezését jelenti nagyobb zárlati teljesítményű pontra. (A villogás mértéke a zárlati teljesítménnyel fordított arányban változik.)

Soros kondenzátor



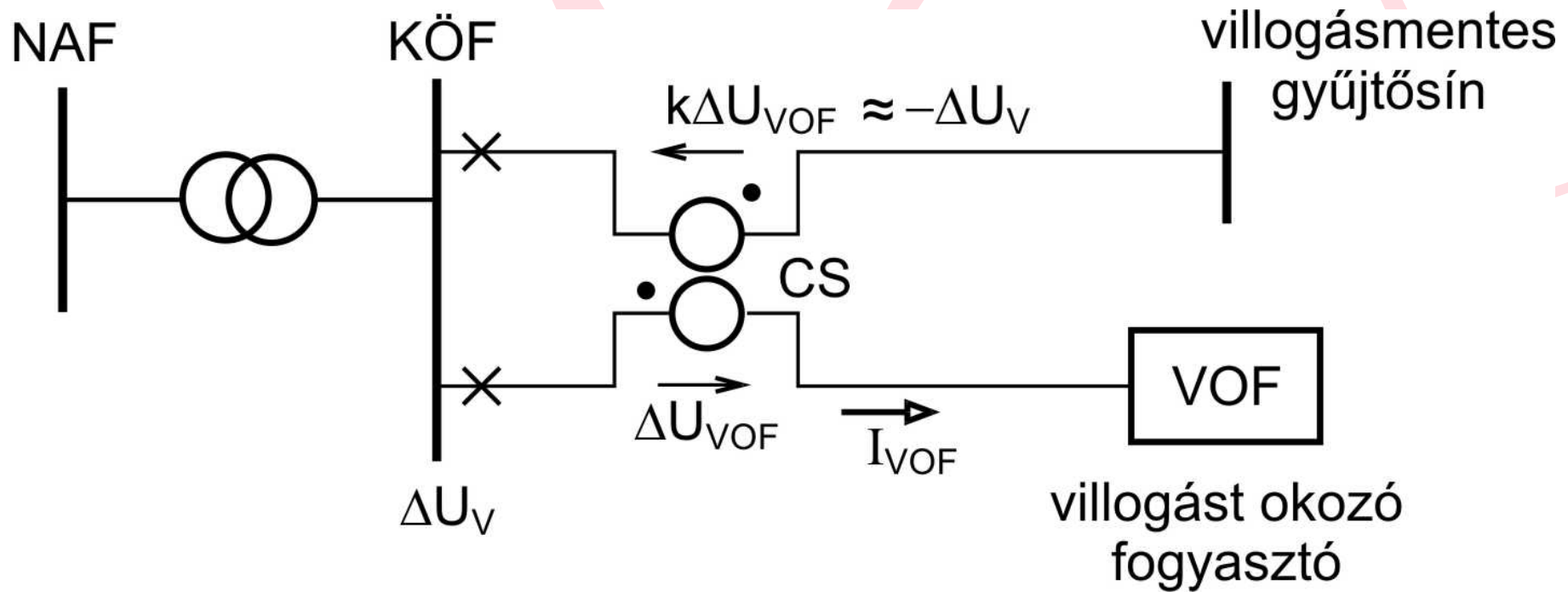
Egyéb módszerek

- **A villogást okozó fogyasztó technológiájának változtatása**
- **A villogást keltő leágazás áramával a többi leágazás feszültségének kompenzálása**

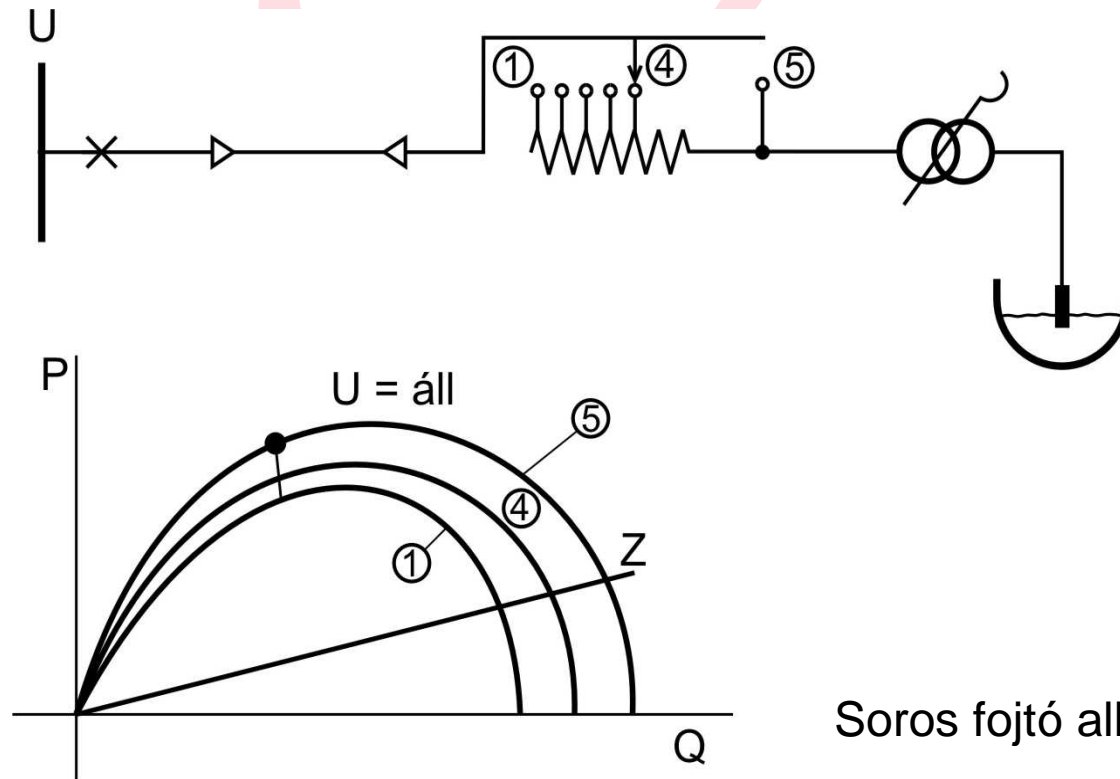
Nem elterjedt változata a villogás csökkentésének.



Leágazás feszültségének villogás mentesítése ellencsatolással



Technológia változtatása



Soros fojtó alkalmazás



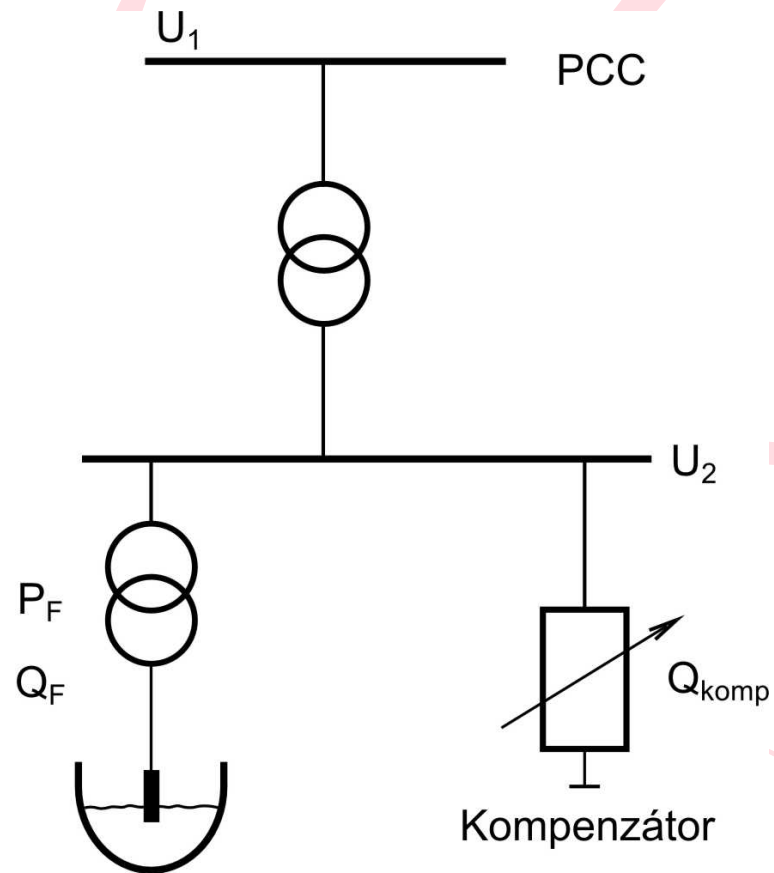
Kompenzálás (elvi alapok)

Feltételek:
egyfrekvenciás moduláció

$$\frac{\Delta U}{U} \approx \frac{\Delta Q}{S_Z}$$



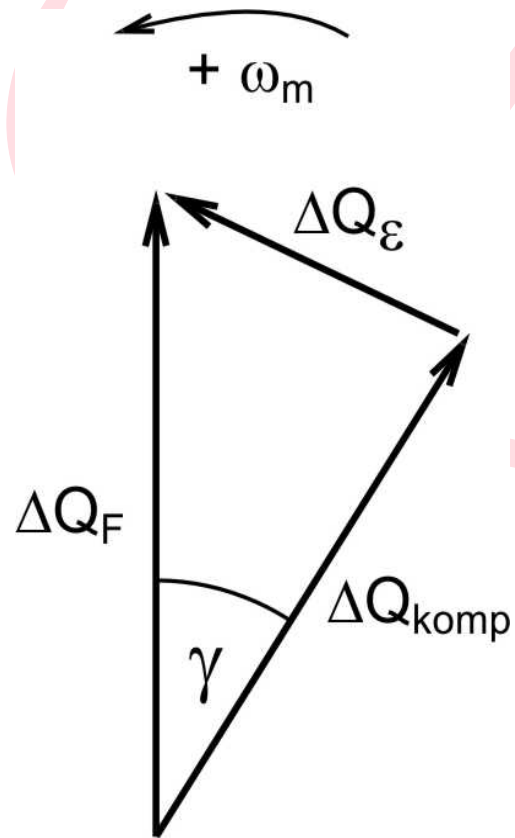
Elvi alapok



Villogást okozó
fogyasztó
(pl. ívkemence)



Elvi alapok



A kompenzátor időbeli késésének hatása



Elvi alapok

- Kompenzálási tényező: $C = \frac{\Delta Q_{komp}}{\Delta Q_F}$
Ahol: ΔQ_F : a fogyasztó meddőteljesítmény
változási tartománya
 ΔQ_{komp} : a kompenzátor változtatható
meddőteljesítménye
- Villogás elnyomási tényező:
 $F = \text{abs}(\Delta Q_F / \Delta Q_\epsilon)$
- Meddőteljesítmény szabályozási hiba:
 $\Delta Q_\epsilon(t) = \Delta Q_F(t) - \Delta Q_{komp}(t)$

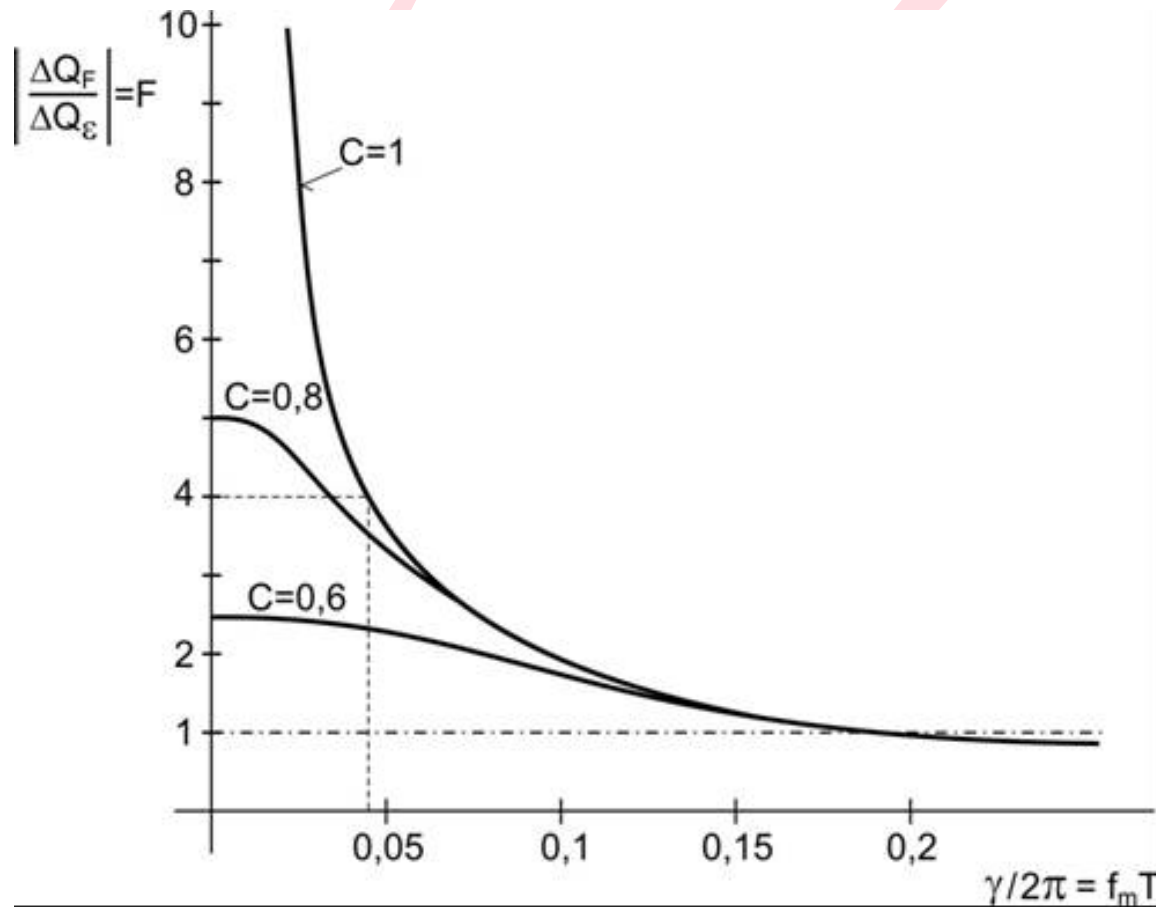


Elvi alapok

- $\Delta Q_F(t) = \Delta Q_{Fmax} \sin \omega_m t$
- $\Delta Q_{komp}(t) = \Delta Q_{kompmax} \sin(\omega_m t - \gamma) = C \Delta Q_{Fmax} \sin(\omega_m t - \gamma)$
- $\Delta Q_\varepsilon^2 = \Delta Q_F^2 + \Delta Q_{komp}^2 - 2C \Delta Q_F^2 \cos \gamma$
- $F = abs(\Delta Q_F / \Delta Q_\varepsilon) = \frac{1}{\sqrt{1 + C^2 - 2C \cos \gamma}}$



Elvi alapok



A villogás elnyomási tényező az időkésleltetés x modulációs frekvencia függvényében



Elvi alapok

A viszonyok szemléltetésére két számpéldát ismertetünk.

a./ Legyen $C=1$, $\gamma=\pi/3$, az értékeket behelyettesítve $F=1$, tehát a villogást a kompenzátor nem csökkenti, nem növeli, vagyis a villogás változatlan a kompenzálás dacára. Látjuk, hogy növekvő késleltetéssel F csökken, tehát a villogás növekedni fog. $C=1$ mellett F legkisebb értéke 0.5. Ekkor a villogás hatás kétszerese a kompenzátor nélküli értéknek.

b./ Legyen $F=4$, és $C=1$, kérdés mekkora késleltetéssel oldható meg a feladat.

A megengedhető késleltetési szög számítható F és C ismeretében. Az eredmény:
 $\gamma=14.36^\circ$

Vegyük figyelembe, hogy

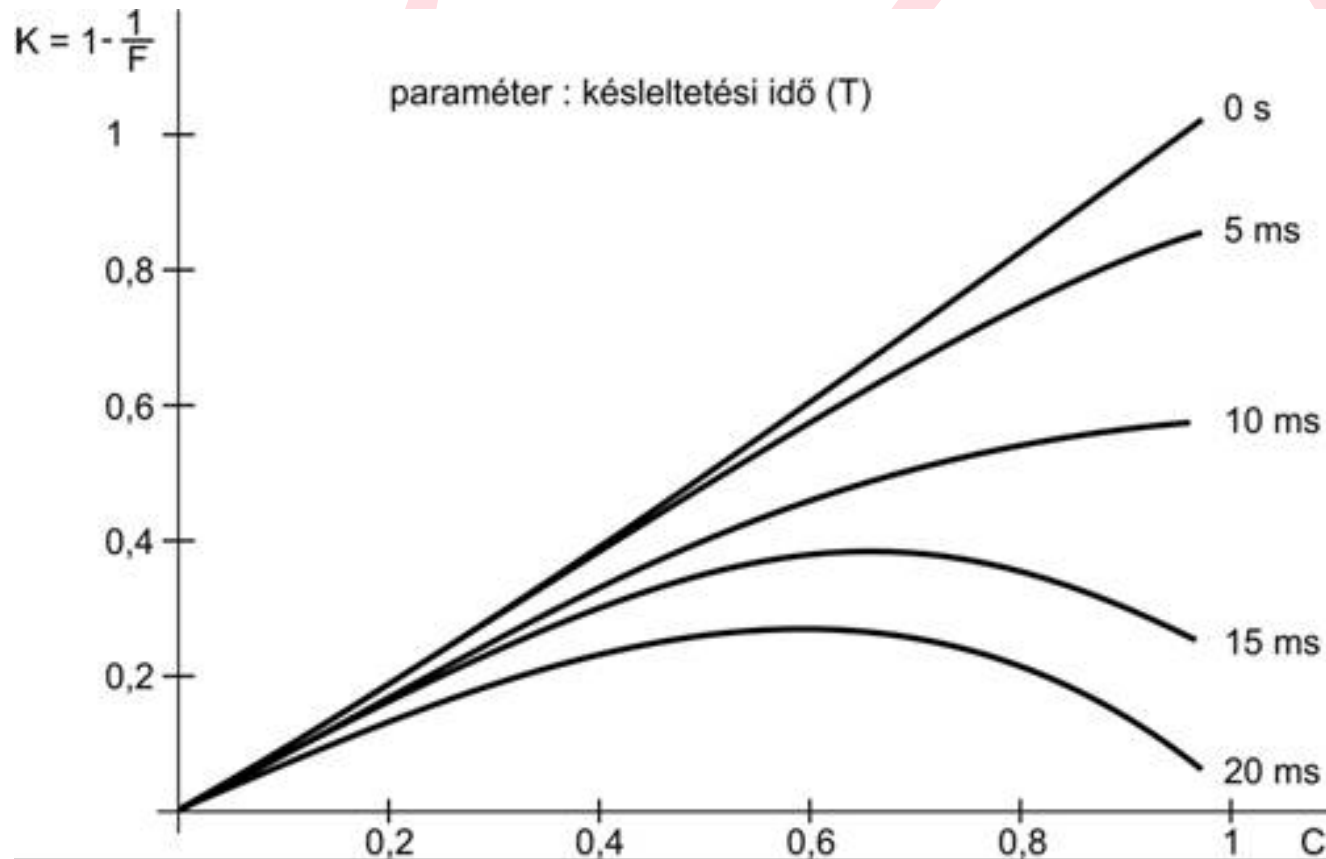
$$\gamma = \omega_m T = 2\pi f_m T$$

ekkor, a modulációs frekvenciát 10Hz-re felvéve, a késleltetési idő $T=3.98\text{ms}$.

A számított értékpárt bejelöltük az ábrán.



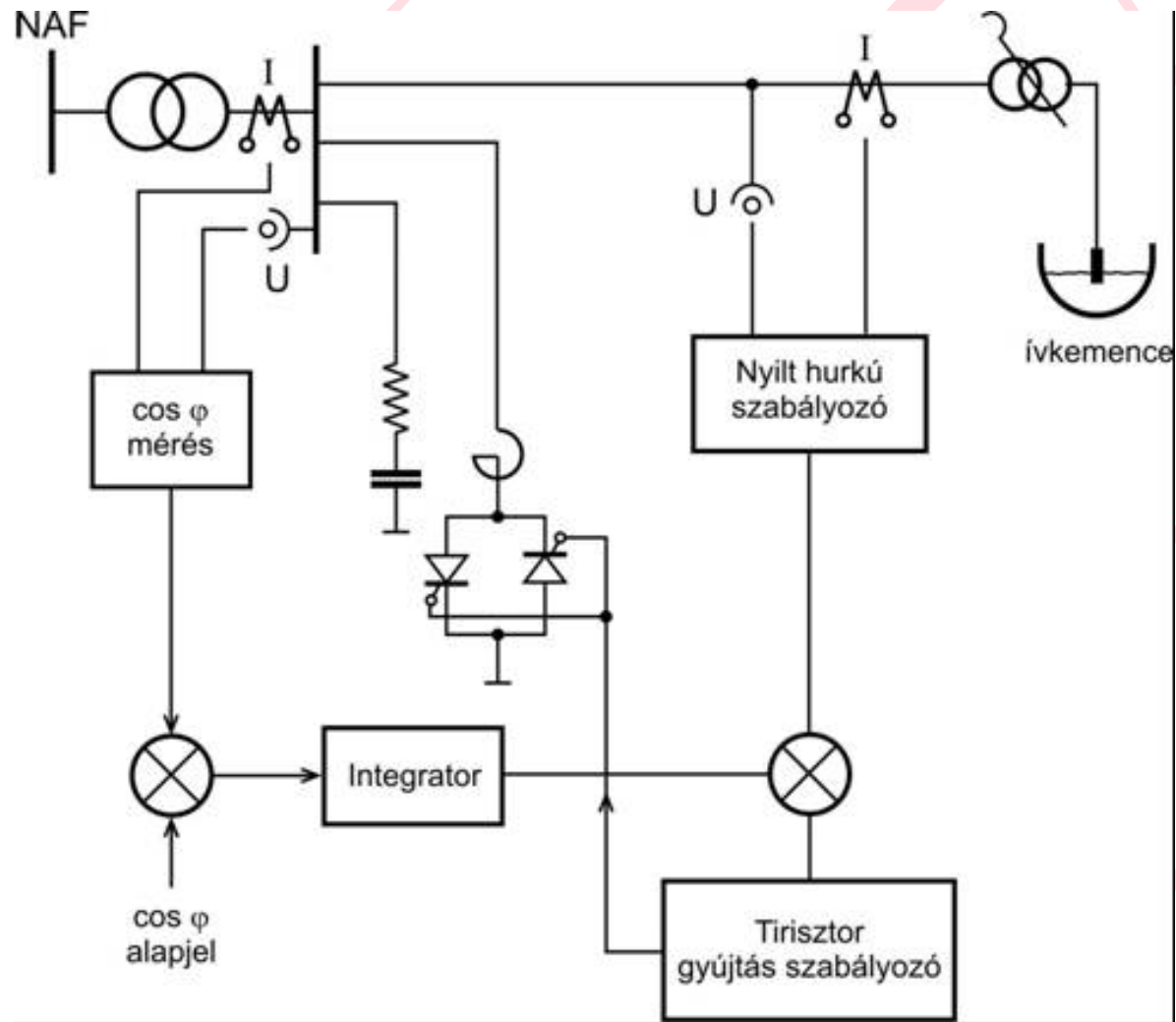
Elvi alapok



A villogás kompenzációs tényező (K) a kompenzációs tényező (C) függvényében



Elvi alapok

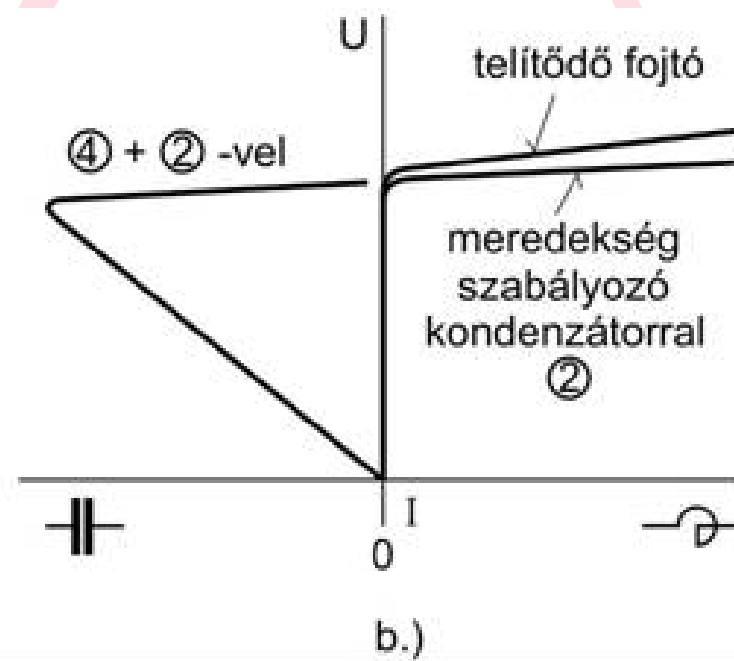
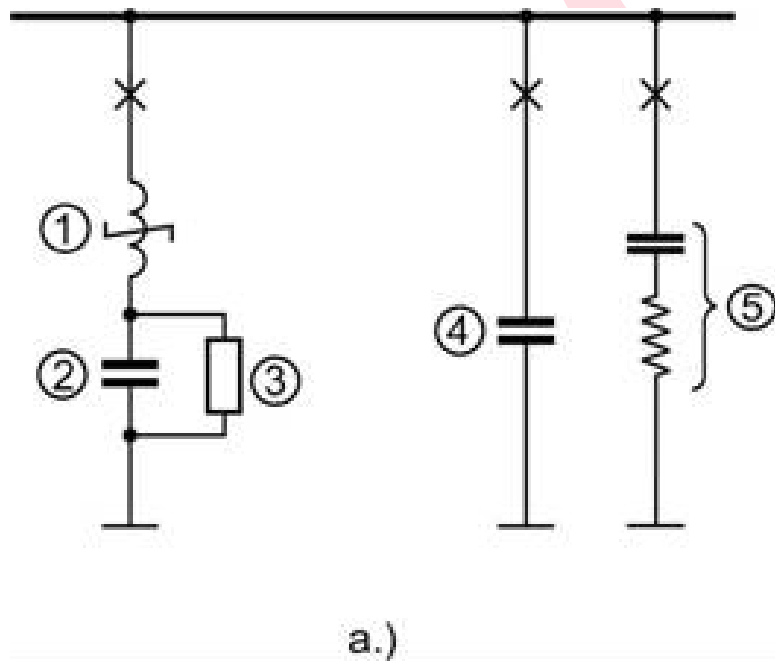


Villogás kompenzátor szabályozás elvi blokkvázlata



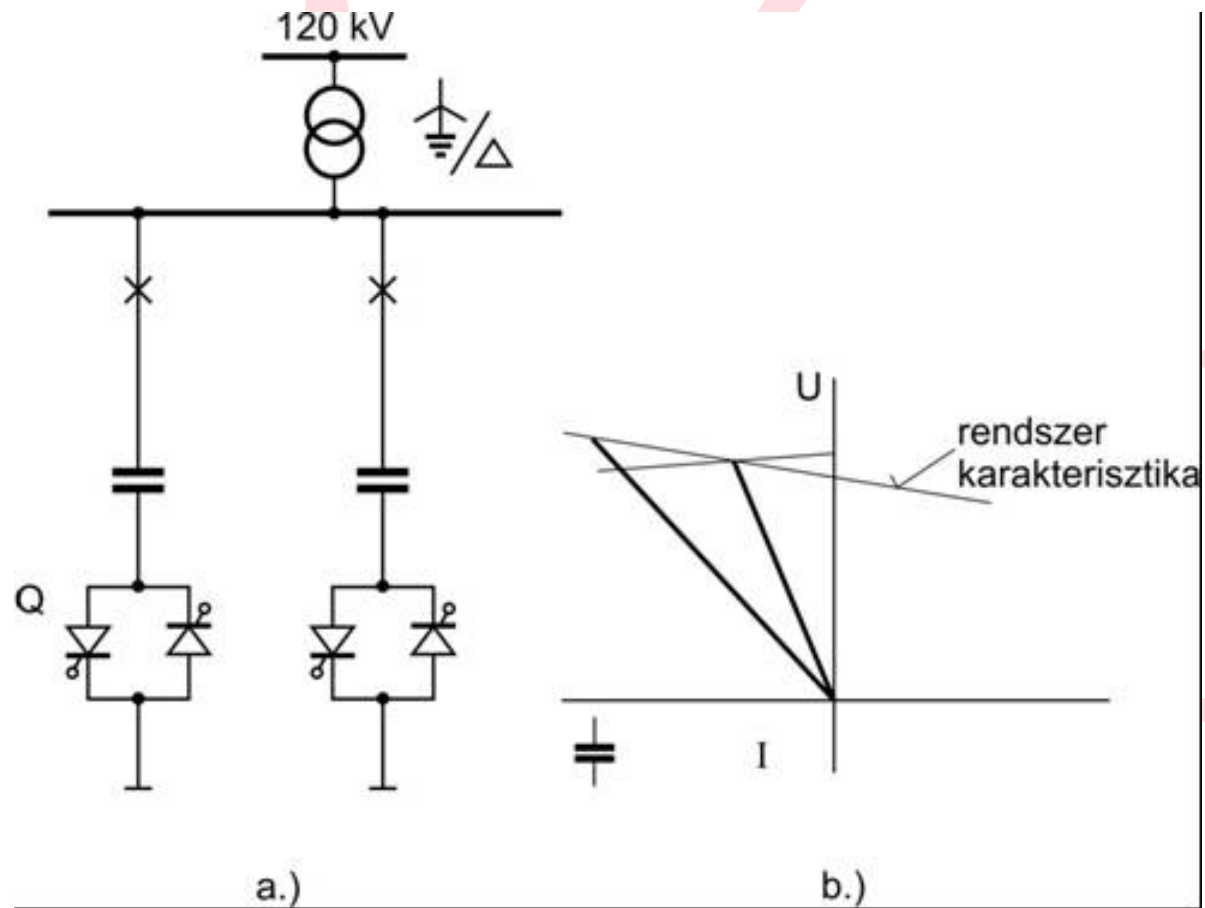
Hagyományos kompenzátorok

- Telítődő söntfojtó



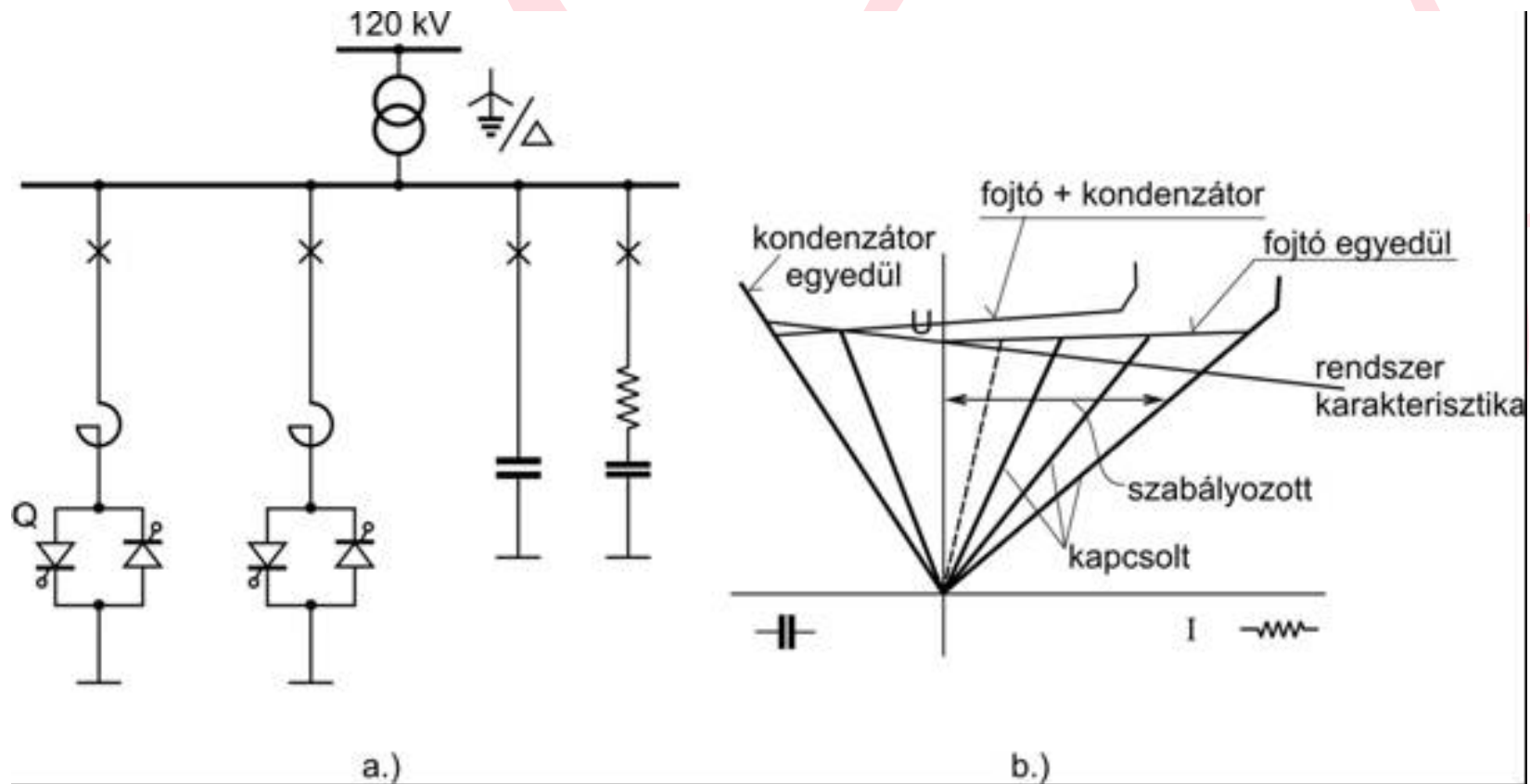
Hagyományos kompenzátorok

- Tirisztorral kapcsolt kondenzátor

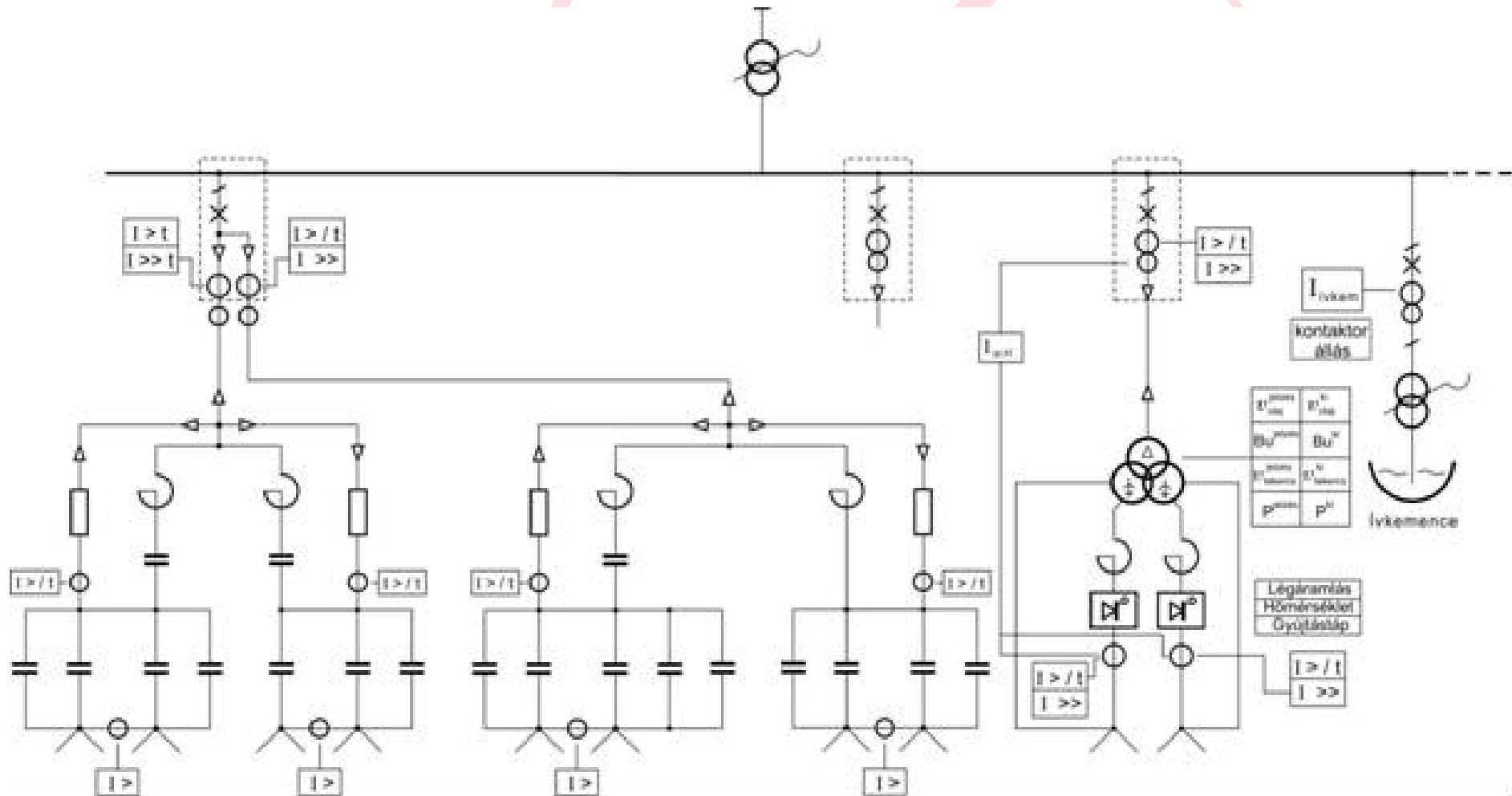


Hagyományos kompenzátorok

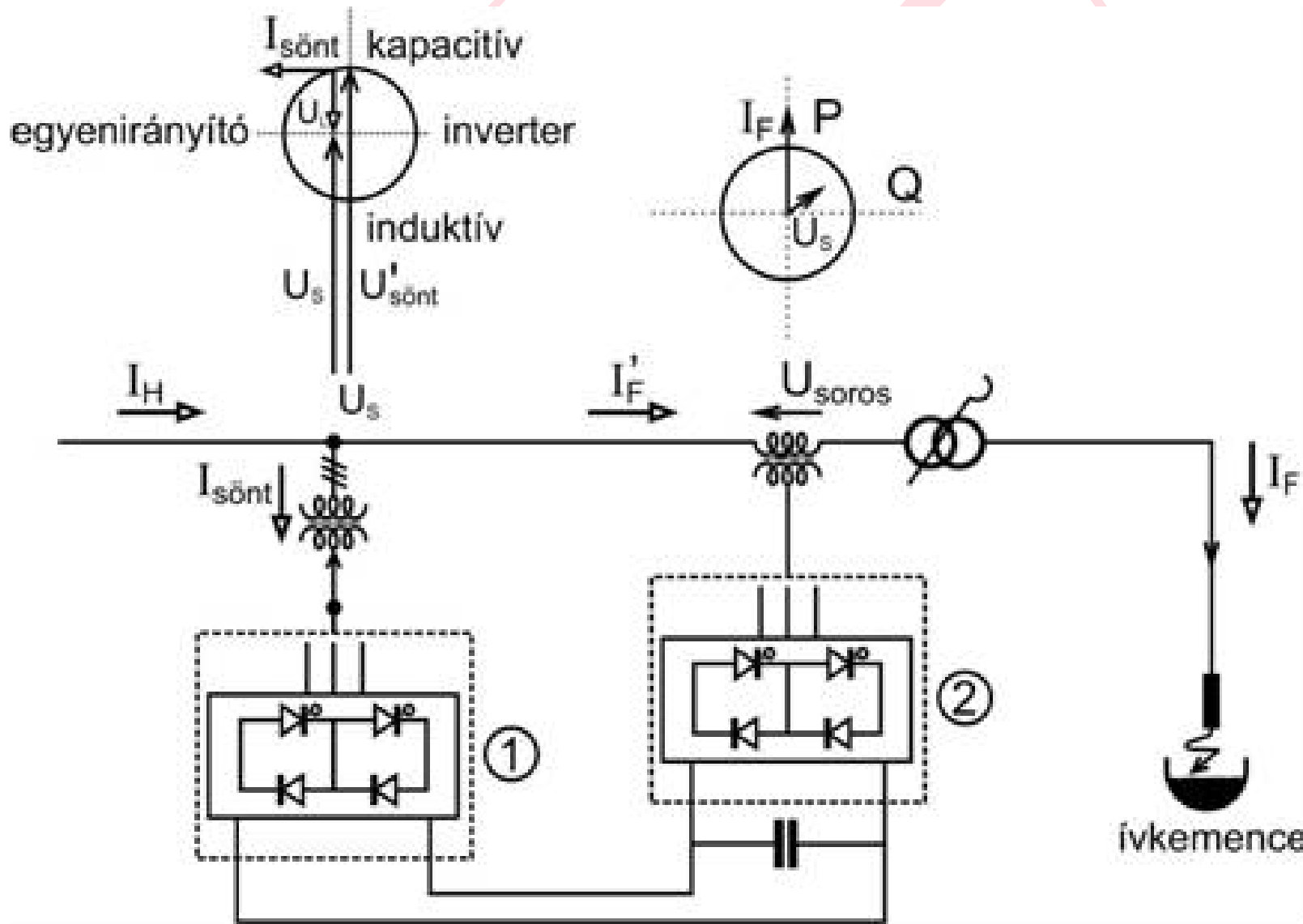
- Tirisztorral szabályozott fojtó és (kapcsolt) kondenzátor



Hagyományos kompenzátor és védelme



Aktív kompenzálás



Forrás identifikáció

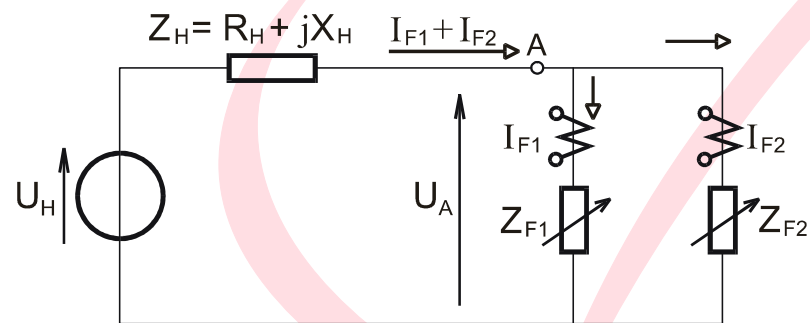
Probléma felvetés:

Több villogást okozó fogyasztó csatlakozik a gyűjtősínre.

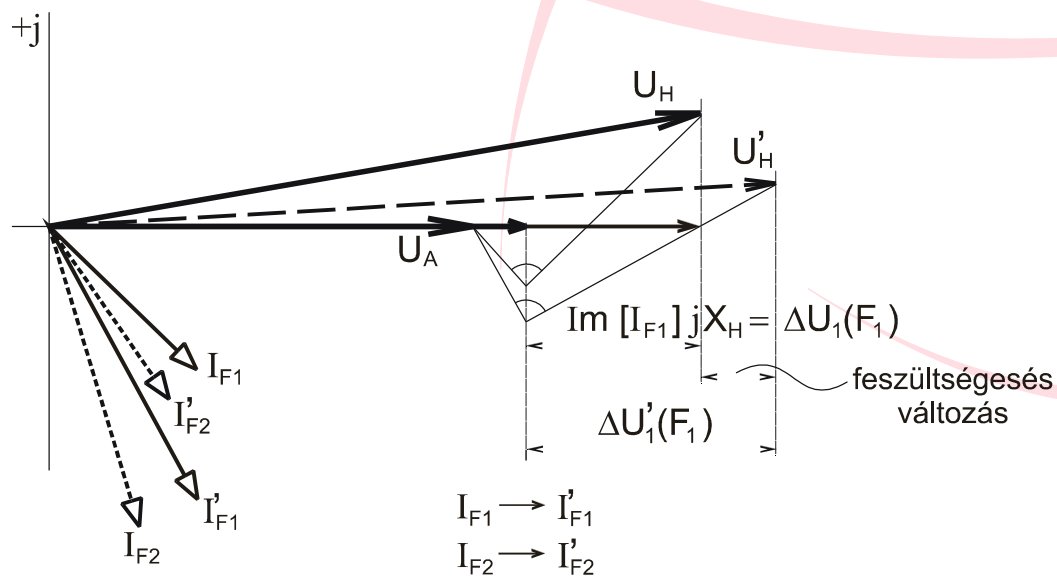
Kérdés: szétválasztható-e a hatásuk egymástól és a háttérzajtól?



Forrás identifikáció



a)



b)



Forrás identifikáció

$$U_1^A = U_H - i_1 R_H - L_H \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$$

$$U_n^A = U_H - i_n R_H - L_H \frac{\Delta i_n}{\Delta t}$$

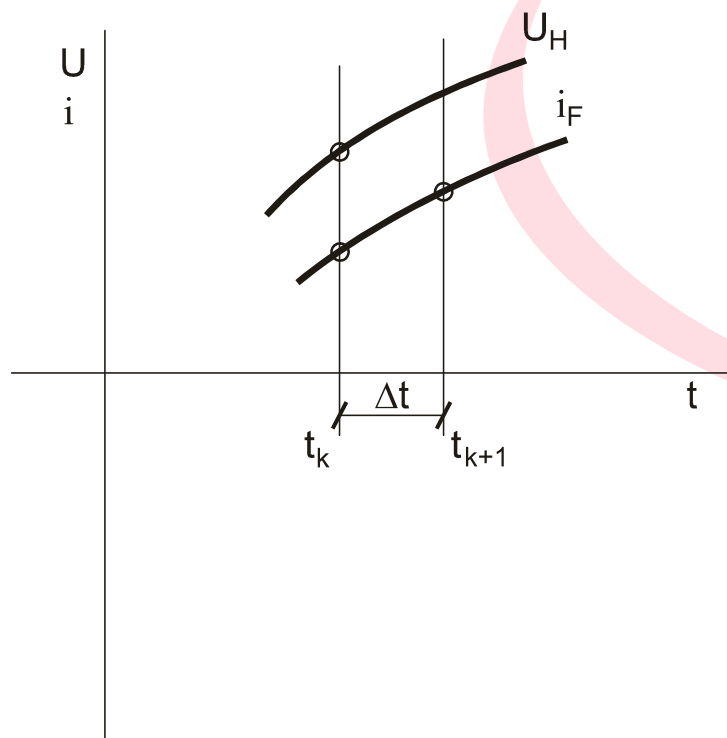
ahol $\Delta t = t_{k+1} - t_k$ a mintavételek közötti idő

$$i_n = \frac{i_n(t_{k+1}) + i_n(t_k)}{2}.$$

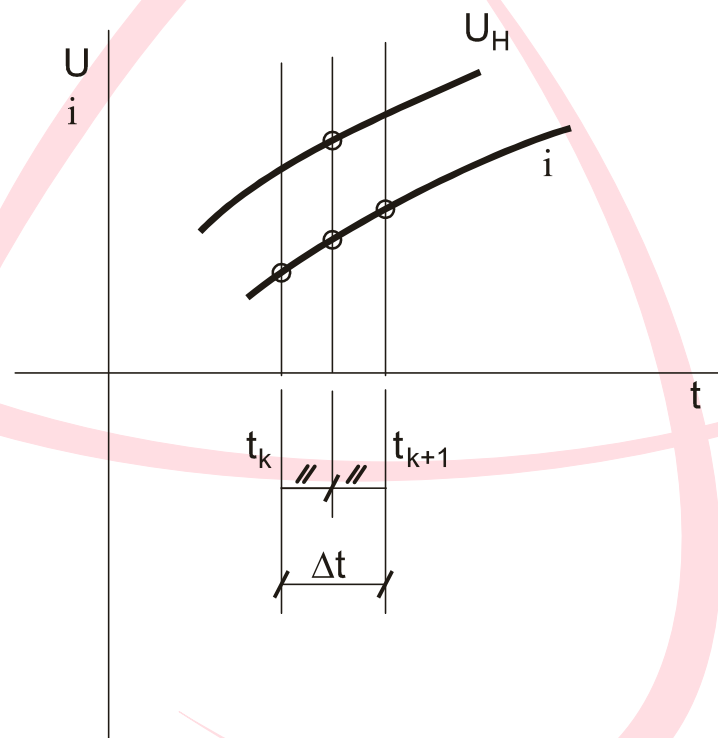
$$\Delta i_n = i_n(t_{k+1}) - i_n(t_k),$$



Forrás identifikáció



a)



b)

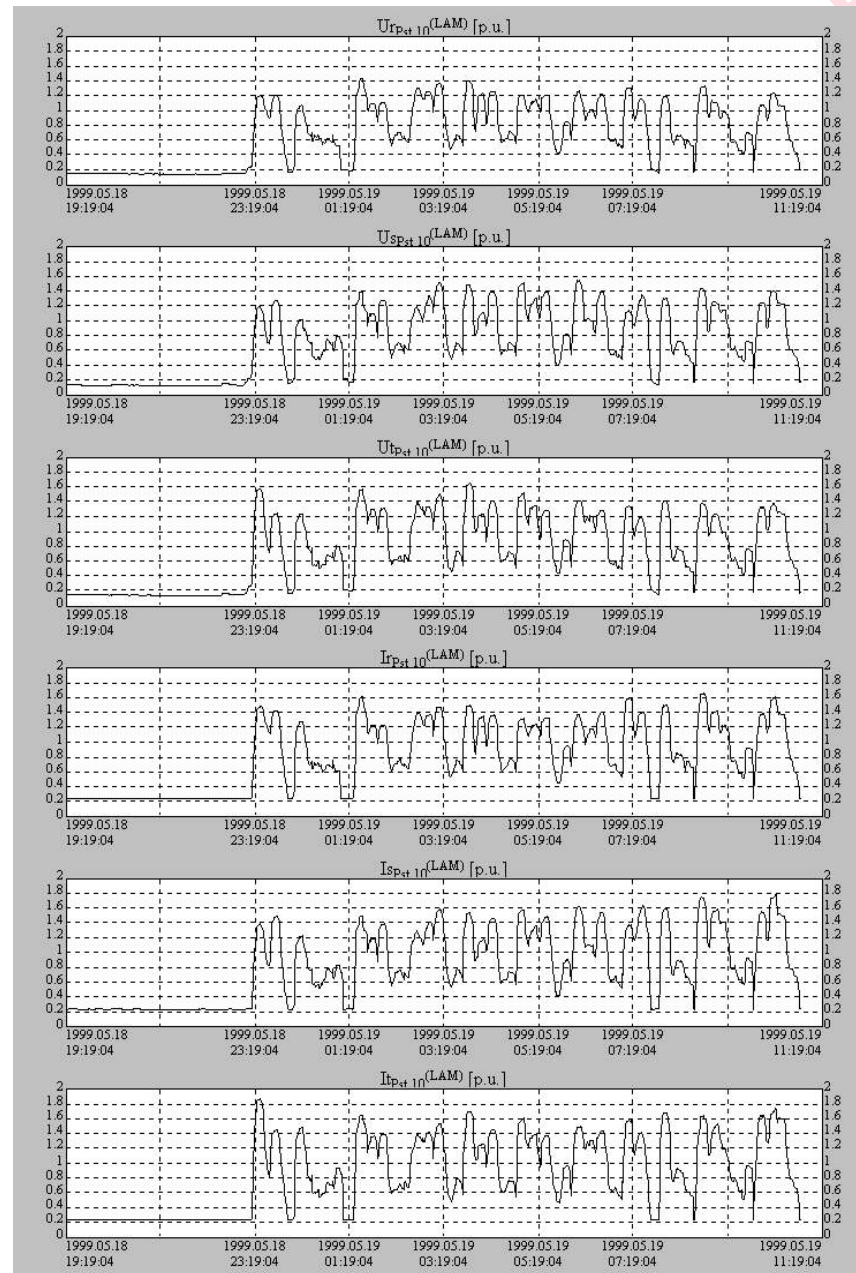
A differencia egyenlet módszer mintavételi szabálya

a. Mintavételi sebesség: 1600 minta/s

b. Növelt mintavételi sebesség: 12800 minta/s



Forrás identifikáció



Villogás mérés eredménye (közvetlen feszültségméréssel és áramméréssel) 

Kiserőművek hatása

- Gázmotor + generátor
 - Egyenetlen járás
- Szélgenerátor
 - megengedhető: $P_{lt} \leq 0.4$
 - villogásszám:

$$P_{lt} = c^{id} \frac{S_n}{S_Z}$$

- mért villogásszám:

$$\operatorname{tg} \varphi_Z = \frac{X_Z}{R_Z} \quad \text{és} \quad \operatorname{tg} \varphi_n = \frac{Q_n}{P_n}$$

$$c = P_{lt, \text{mért}} \frac{S_Z}{S_n \cos(\varphi_Z + \varphi_n)}$$



Kiserőművek hatása

$$P_{lt} = c \frac{S_n}{S_Z} \cos(\varphi_Z + \varphi_n)$$

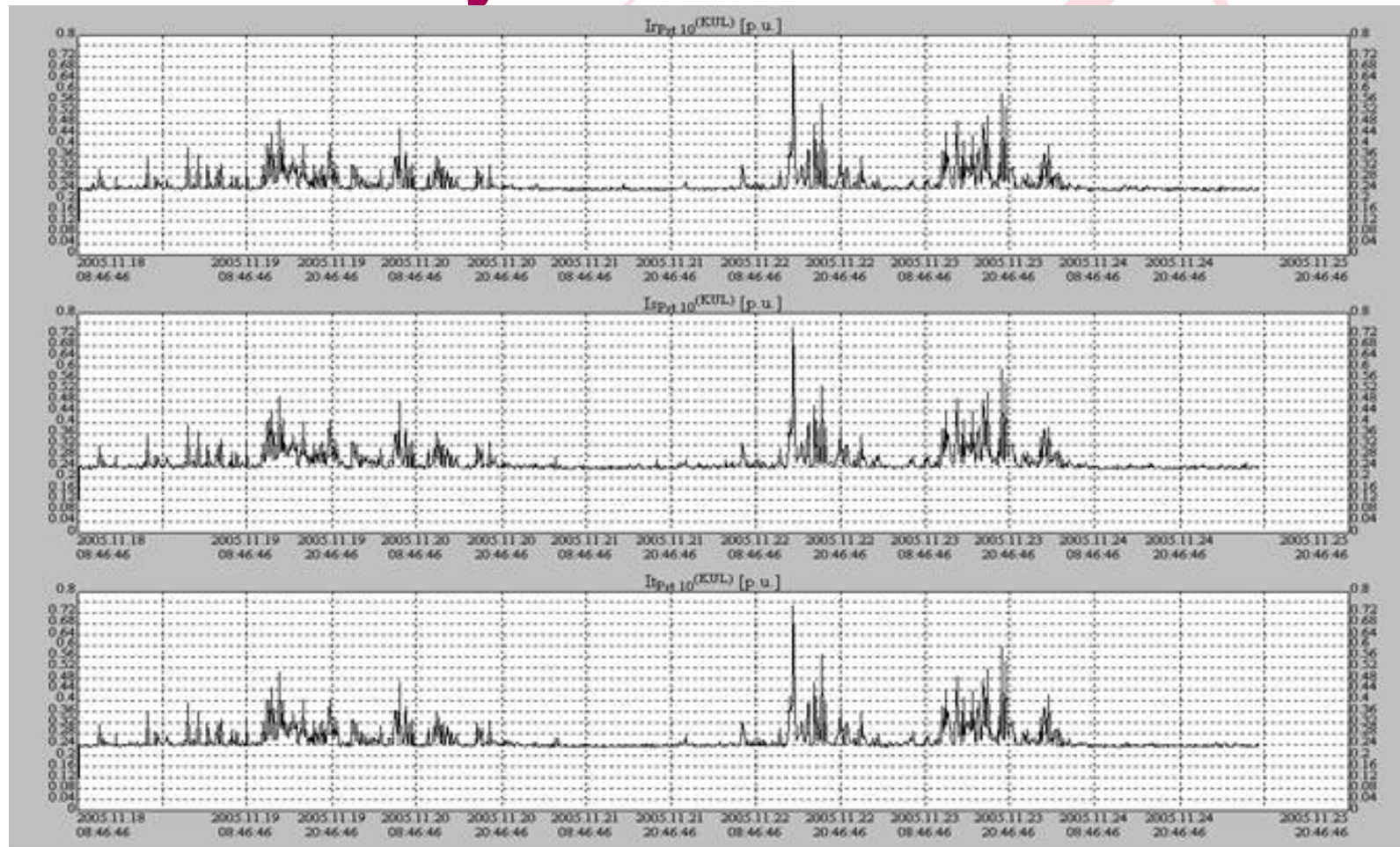
- Szélerőműpark:

$$c_{er} = \frac{\sqrt{\sum_i (c_i S_{ni})^2}}{\sum_i S_{ni}}$$

$$c_{er} = \frac{c}{\sqrt{i}}$$



Esettanulmány



- Szélerőmű egy hetes villogásmérés időfüggvénye (Pst) az áramokból mérve 10MVA zárlati teljesítményre vonatkoztatva.



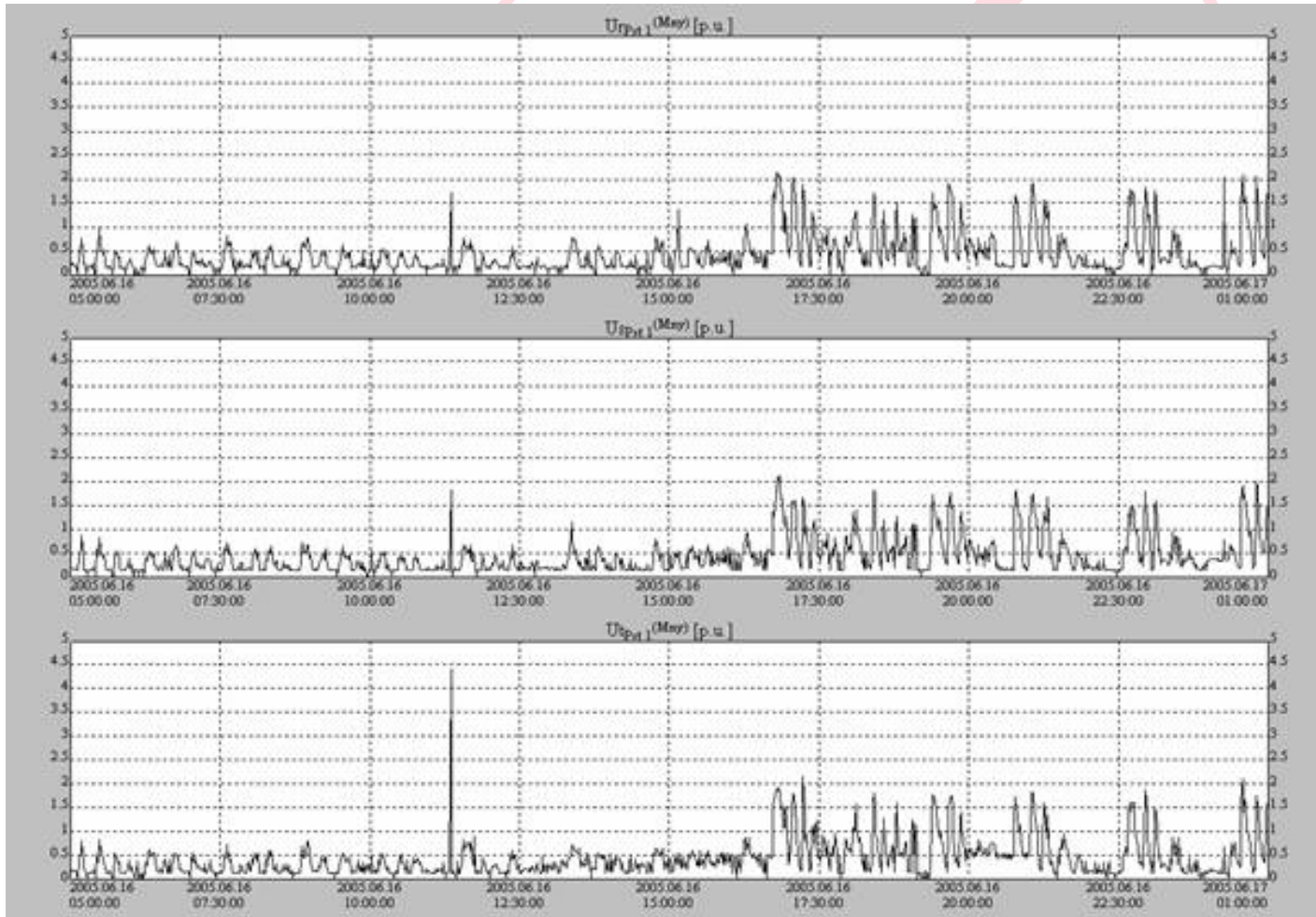
Esettanulmány

- mérés alapján számított villogásszám

$$c = P_{lt} \frac{S_Z}{S_n} = 0.31 \frac{10 \cdot 50}{50 \cdot 0.6} = 0.31 \frac{10}{0.6} = 5.17$$



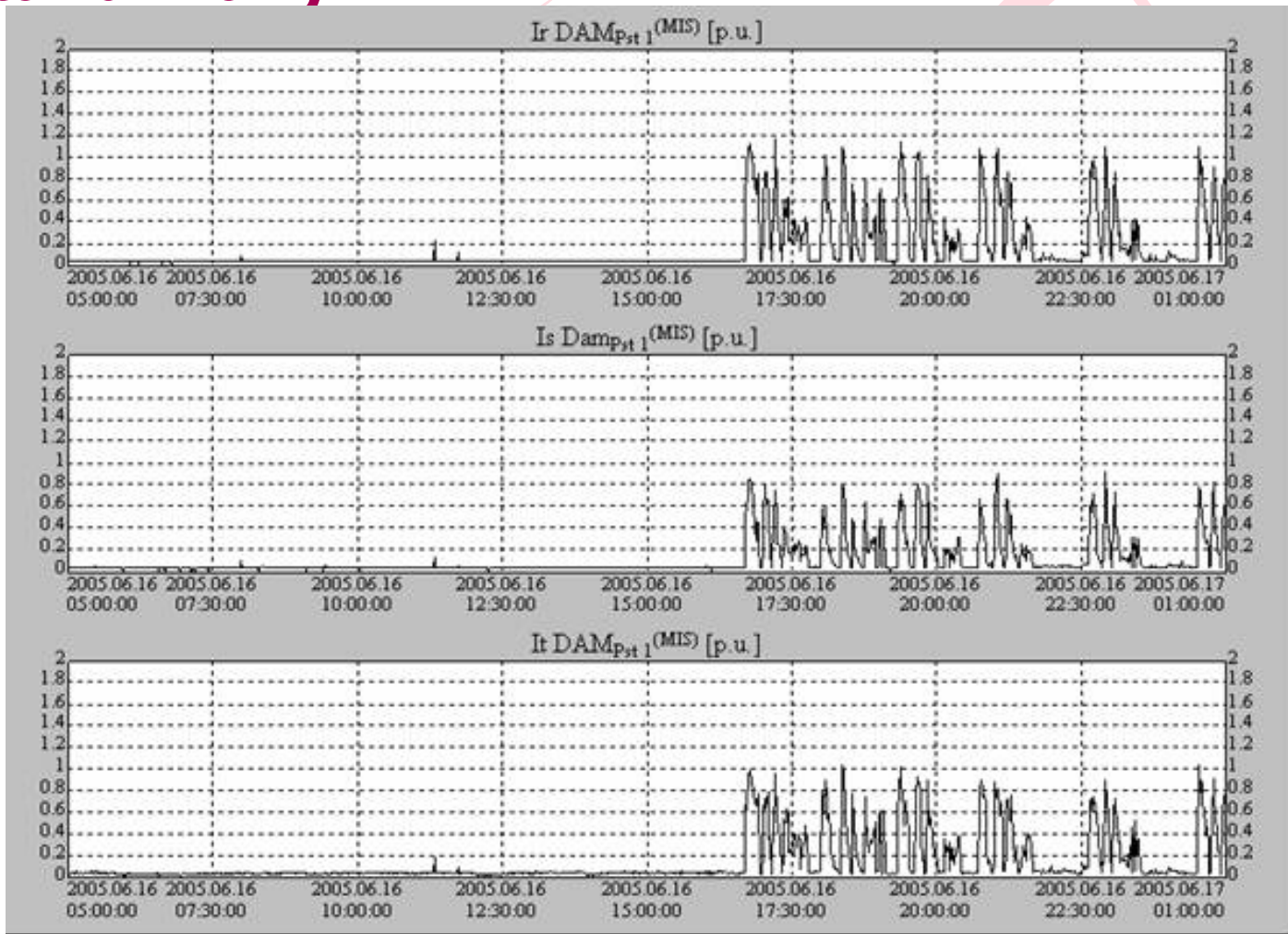
Esettanulmány



A kisfeszültség flicker 1 perces Pst értékeinek időfüggvényei



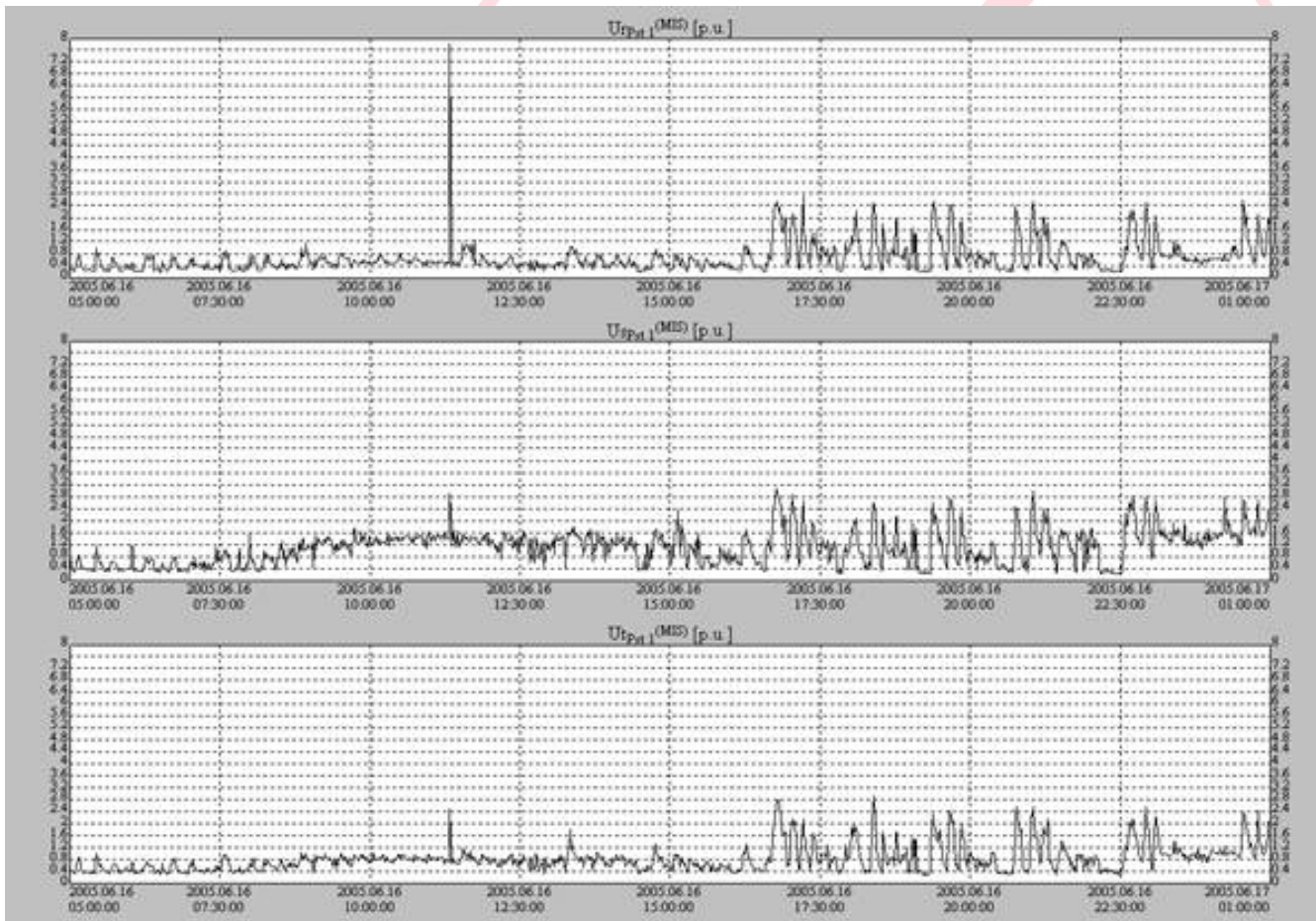
Esettanulmány



A DAM áram flicker 1 perces Pst értékeinek időfüggvényei



Esettanulmány



A 120kV feszültség flicker 1 perces Pst értékeinek időfüggvényei



NEW results of PQ (RVC) tests in Norway

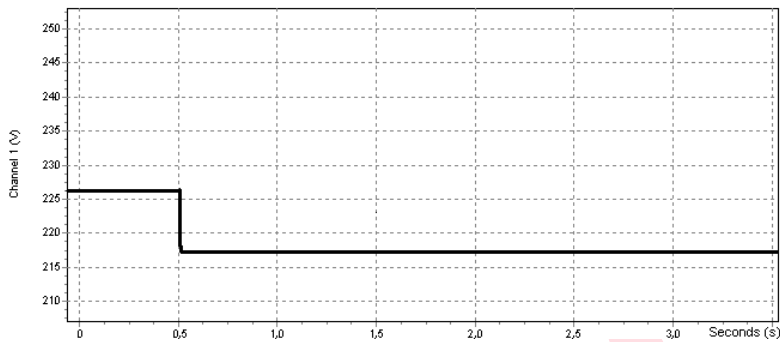
- One of the most common reasons for customer complaints on power quality in Norway is caused by rapid voltage changes (RVC).
- The customers simply get annoyed by the light intensity changing often
- Most common in rural areas with a weak distribution network
- EN50160 states indicative 5 % and 10 % limits for RVC but little about how often they may occur until they are so often that PIt flicker value are exceeded.
- A RVC of 5 % every 5 minutes (288 times per day) is roughly Pst of 1,1. (A Pst of less than 1,2 is required by the Norwegian PQ regulations).



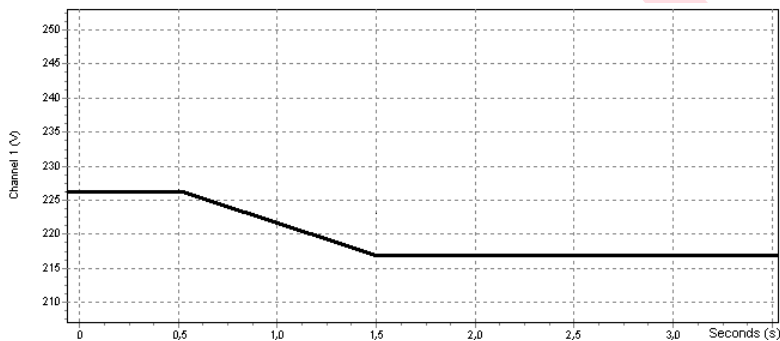
The RVC tests in Norway

- Test carried out with 96 test persons
- Two main groups of age
 - Young people (16 to 26 years old)
 - Elderly people (65 to 80 years old)
- Two types of tests
 - What is visible?
 - What is acceptable?
- Tests with 60 W incandescent lamps only
- No, or almost no daylight in the test rooms
- Mainly RVC from 0,5 % to 5 %
- Both motorstart RVC, “ramp” RVC and rectangular RVC

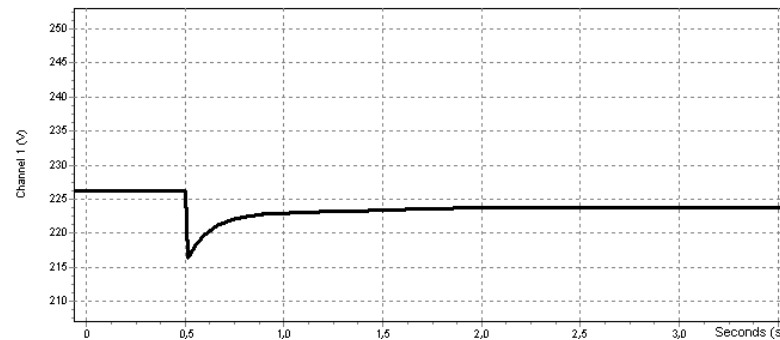




Rectangular
 Visibility depends on voltage change



Ramp
 Visibility depends on voltage change
 and duration of the change



Motor start
 Visibility depends on the initial peak
 voltage change, the duration of voltage
 recovery to the new voltage level and the
 voltage change from the previous to the
 new voltage level



Some highlights from the results

- The visibility of change in lighting intensity from a RVC caused by a motor start is in between a rectangular RVC equal to the initial voltage drop of the motor start and a rectangular RVC equal to the new stationary voltage after the motor have reached its normal speed.
- Equal limits to motor start initial voltage drop as to rectangular RVCs may be too conservative for motor starts.
- Equal limits to the new stationary voltage after the motor have reached its normal speed as to rectangular RVCs causes motor starts to be clearly more visible than rectangular RVCs.
- => Choice: Special requirements for RVCs caused by motor starts or a simplified approach?



Visibility of rectangular RVCs

Magnitude of RVC	Average visibility	Standard deviation
0,5 %	0,04	0,18
1,0 %	0,21	0,22
2,0 %	0,67	0,21
3,0 %	0,84	0,11
4,0 %	0,95	0,11
5,0 %	1,00	0,00
6,0 %	1,00	0,00
7,0 %	1,00	0,00



Visibility of ramp RVCs

Magnitude of RVC	dV/dt change pr sec.	Average visibility
2,0 %	0,2 V/s	0,00
2,0 %	0,5 V/s	0,08
2,0 %	1 V/s	0,14
2,0 %	2 V/s	0,39
2,0 %	5 V/s	0,52
4,0 %	0,2 V/s	0,05
4,0 %	0,5 V/s	0,18
4,0 %	1 V/s	0,56
4,0 %	2 V/s	0,81
4,0 %	5 V/s	0,95
5,0 %	0,2 V/s	0,05
5,0 %	0,5 V/s	0,22
5,0 %	1 V/s	0,61
5,0 %	2 V/s	0,95
5,0 %	5 V/s	1,00



Visibility of motor starts

Initial voltage drop	Speed up time in seconds	Average visibility
2,0 %	0,5 s	0,21
2,0 %	1,5 s	0,32
3,0 %	0,5 s	0,35
3,0 %	1,5 s	0,54
4,0 %	0,5 s	0,52
4,0 %	1,5 s	0,71
5,0 %	0,5 s	0,68
5,0 %	1,5 s	0,86
6,0 %	0,5 s	0,79
6,0 %	1,5 s	0,98



What is acceptable?

- Clearly the most difficult test to perform
- The test must be considered as “an indication” as support for the “what is visible” test.
- All test persons were unaware of that a test was carried out
- The test persons: a large choir doing their weekly rehearsal (2,5 hours)
- Only 60 W incandescent lamps in the rehearsal room and little daylight (evening)
- Pre-break situation: Only 1% and 2 % RVCs at intervals causing a Pst of only 0,2 to 0,5
- Post-break situation: 3 %, 4 % and 5 % RVC's at intervals causing an increasing Pst from 0,8 (20 min.), 1,2 (20 min.) and 1,5 (20 min.)
- One of the tricky things (legal issue) was recording a video to be able to evaluate the test person response and correlate any visible reaction to light intensity variations (RVC) and the test persons answers to the post-test questions about the lighting quality



Post-test questions (translated from Norwegian)

1. Did you notice if the lighting did change (become brighter or dimmer) one or more times during the rehearsal?
 1. Before the break?
 2. After the break?
2. Was the lighting conditions in the rehearsal room such that you would have accepted it in your home (flat, house)?
 1. Before the break?
 2. After the break?
3. Was the lighting conditions in the rehearsal room such that you would have accepted it in your home (flat, house) if you got compensated with a lower price for the electricity?
 1. Before the break?
 2. After the break?

NOTE! With lighting conditions we mean ONLY the perceived variations in the lighting and NOT if you felt the lighting was a bit too bright or too dim.



Results from the post test questions

%	Noticed lighting changes?		Acceptable in your home?		Acceptable if price compensation?	
	YES	NO	YES	NO	YES	NO
Pre-break	58,3	41,7	75	25	83,3	16,7
Post-break	97,2	2,8	16,7	83,3	25	75

- It is interesting to see that 25 % of the choir members found a number and magnitude of RVC's that causes a flicker level of only up to $P_{st}=0,5$ as unacceptable in their home.
- **A wish:** a joint European effort to investigate RVC further
 - What is visible is now quite well documented
 - What is acceptable should however be investigated further



Mérés bemutató

