

TDK DOLGOZAT

Fémek és egyéb szilárd anyagok felületi
struktúrájának átalakítása villamos kisülések
segítségével

Szerző neve:

Sovák Miklós

Konzulens:

Dr. Kiss Endre, főiskolai tanár

Műszaki Intézet, Természettudományi és
Környezetvédelmi Tanszék

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRE

DUNAÚJVÁROS

2011. November 9.

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
Adatlap

Dolgozat címe: Fémek és egyéb szilárd anyagok felületi struktúrájának átalakítása villamos kisülések segítségével

Szerző neve	Neptun kód	Email cím	Aktív félévek száma	Képzés típusa
Sovák Miklós	VKU2S5	sovakm11@gmail.com	3	alap

Konzulens neve	Beosztása	Email cím	Tanszék
Dr. Kiss Endre	Főiskolai tanár	kisse@mail.duf.hu	Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék

A dolgozat rövid tartalma
A kutatás célja egyrészt fémek felületének villamos kisülésekkel történő átalakítása oly módon, hogy a felületi struktúra megváltozzon. A fémfelületek ezáltal egy vékony réteget kapnak, ami megnöveli a felület ellenállását a különböző mechanikai hatásokkal szemben, javul a felület kopásállósága. A kutatás másik célja a fémek és a nemfémes anyagok (polietilén, plexi, teflon, stb.) felületének elektrosztatikus kisülések útján történő kezelése, aktiválása. A felületükön nehezen festhető anyagok így egy egyenletesen kezelt felületet kapnak, ami lehetővé teszi a felületük színezését, festését, és az anyag könnyebb ragaszthatóságát.

2011. november 9.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Irodalmi összefoglalás	5
2.1. Felületkezelés korona kisüléssel	5
2.2. A koronakisülés.....	5
2.3. Az elektronlavina.....	7
2.4. Kezdeti korona pozitív csúcson.....	8
2.5. Kezdeti korona negatív csúcson.....	10
3. A felületkezeléshez általam elkészített és alkalmazott eszközök.....	13
3.1. Villamos tápegység.....	13
3.2. A félvezető eszközök.....	14
3.3. A tápegység kapcsolási rajza	15
3.4. Tápegység hullámformái.....	16
3.5. A nagyfeszültségű transzformátorok.....	25
4. Mérési eredmények.....	26
4.1. Desztillált víz nedvesítési szögének meghatározása különböző felületek esetében	26
4.2. Különböző felületen megmaradó ózon mennyiségének az elemzése	28
4.3. Különböző nemfémes anyagok ragaszthatóságának vizsgálata	30
5. Összefoglalás.....	32
6. Irodalomjegyzék	33

1. Bevezetés

Napjaink gépészeti technológiai között egyre nagyobb jelentőségű a felületek kezelése. Történetileg először az ívkisüléses felületkezelés alakult ki, majd a folyadék alatt történő felületkezelés, megmunkálás, az ún. szikraforgácsolás kezdett el fejlődni. A múlt század 60-as éveinek végén a 70-es évek elején a csendes villamos kisülések alkalmazását kezdték vizsgálni [1].

Az egyik legrégebb óta ismert módszer, tehát az ívkisülés. Az ívkisülés valamely gázban vagy vákuumban az elrendezés villamos szilárdságát meghaladó feszültség esetén a két elektród között bekövetkező átütés, amely során a töltések folyamatos utánpótlással rendelkeznek[2].

A szikraforgácsolás olyan fémforgácsolási technológia, ahol az elektróda és a munkadarab között mindkettőt elborító folyadékban lejátszódó szabályozott villamos ívkisülések folyamata választja le a munkadarabról az anyagi részecskéket. Azon kevés fém megmunkálási technológiák közé tartozik, ahol a szerszám anyaga puhább, mint a vele megmunkálni kívánt anyagé, és ennek ellenére a legkeményebb anyagokat (pl. wolframkarbid) is meg lehet munkálni. Síkbeli alakzatok kivágására, hajszálvékony furatok készítésére, illetve térbeli alakzatok készítésére használják [3].

Az elektródát a megmunkálandó anyaghoz 0,1-0,2 mm távolságra közelítik, és a köztük lévő elektromos feszültség következtében elkezdődik az ívkisülés és ez által a munkadarab felületéről részecskék válnak le. A munkadarabot szigetelő folyadék (dielektrikum) veszi körül, amely a leválasztott részecskék eltávolítását, a munkadarab és a szerszám hűtését és a szikra kialakulásának egyenletességét hivatott szolgálni. A felületi minőséget elsősorban az impulzusáram határozza meg az egyéb technológiai paraméterek mellett.

A felületkezelés céljai

A fémek felületének villamos kisülésekkel történő átalakítása olyan módon, hogy a felületi struktúra megváltozzon. A fémfelületek legfelső (vékony) rétege módosul, ami megnöveli a felület ellenállását a különböző mechanikai hatásokkal szemben, javul a felület kopásállósága. A kutatás másik célja a fémek és nemfémes anyagok (polietilén, teflon) felületének elektrosztatikus kisülések útján történő kezelése, aktiválása. A felületükön nehezen festhető anyagokban így egy egyenletesen kezelt felület alakul ki, ami lehetővé teszi a felületük színezését, festését, és az anyag könnyebb ragaszthatóságát.

A fémfelületek és a nemfémes anyagok közül néhány anyag felülete nem, vagy nehezen kezelhető, színezhető. Az elektrosztatikus kisülésekkel a felületet könnyen gyorsan és olcsón alkalmassá lehet tenni a festésre, színezésre.

A nagy igénybevételnek kitett szerszámok, gépalkatrészek hamar elkophatnak, a cseréjük költséges lehet. Az elektrosztatikus felületkezeléssel létrehozott felületi réteg ellenállóvá teszi a fémek felületét a mechanikai hatásokkal szemben, ezzel megnöveli az alkatrészek élettartamát.

Műanyagok festhetősége és ragaszthatósága javítható korona kisülésekkel történő kezeléssel.

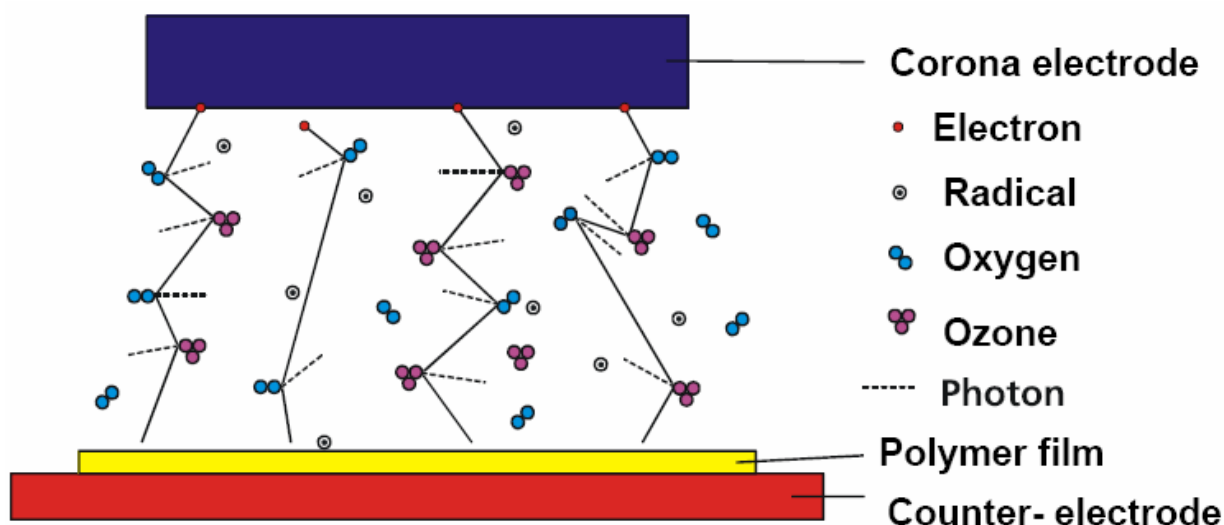
Ebben a dolgozatban leírt kutatások során csendes villamos kisüléseket (koronakisülés, térfogati kisülés, impulzuskorona kisülés) állítottunk elő, és ezeknek a hatását vizsgáljuk meg a felületek festhetősége, ragaszthatósága, élettartam növelése, színezése érdekében.

2. Irodalmi összefoglalás

2.1. Felületkezelés korona kisüléssel

A korona kisülés tulajdonképpen egy atmoszférikus nyomáson végbemenő „nemtermikus” vagy „hideg” plazma kisülés két elektród között. A korona kisülésben egyrészt az alkalmazott gáz, vagy gázkeverék ionjai, egymással reakcióba lépő szabad gyökei jelennek meg gerjesztett állapotban. A korona kisülésben jelentős számban ott vannak az elektromos tér által felgyorsított szabad elektronok amik a gázmolekulákkal és ionokkal létrejövő ütközésük folytán gerjesztést ionozást, illetve kémiai kötések felbontását okozzák.

Amennyiben a korona kisülés oxigéntartalmú gázban, vagy gázkeverékben megy végbe, mindig keletkezik ózon. Az ózon molekula viszonylag rövid idő után felbomlik O_2 molekulára és atomos állapotú oxigénre. Ezek az oxigénatomok igen reakcióképesek, és könnyen lépnek a polimerekkel reakcióba, ezzel a felület tulajdonságait módosítva. (2.1.1. ábra)



2.1.1. ábra. A korona kisülés hatása a polimerek felületére

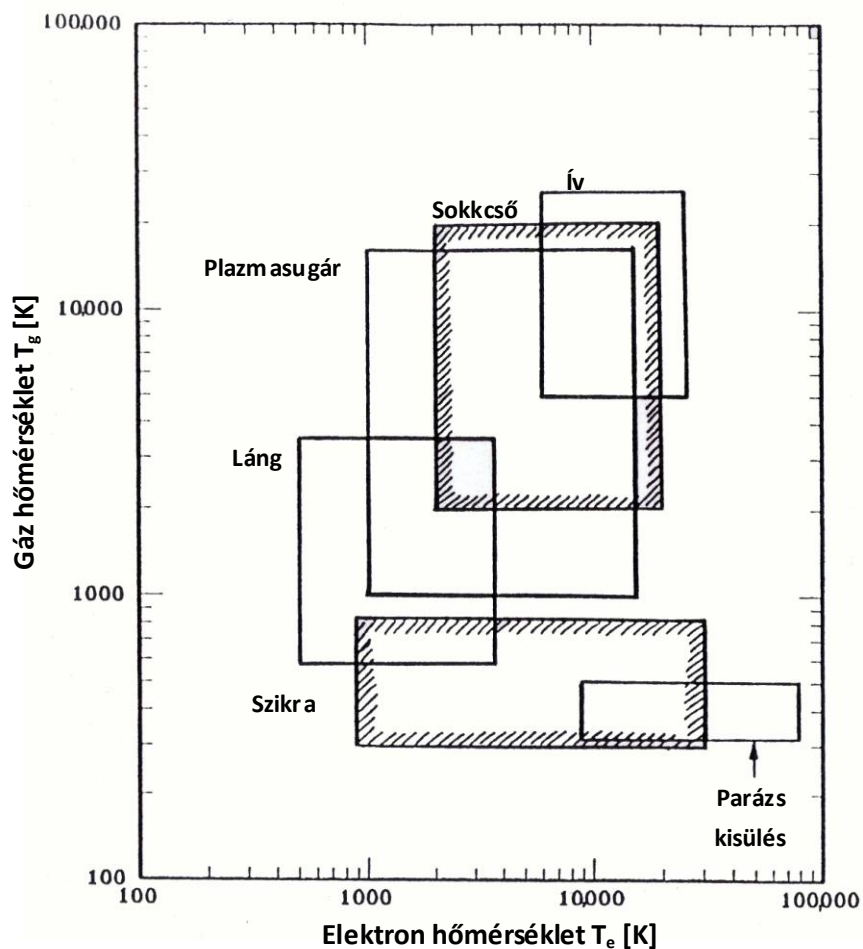
2.2. A koronakisülés

A koronakisülés fizikailag nem egyértelmű fogalom, hanem az összefoglaló neve az erősen inhomogén terekben kialakuló részleges átütéseknek. Így a koronakisülés fogalmába tartoznak a pamatos kisülés, az elektronlavinák, de a csatorna kisülés is. Az erősen inhomogén tér létrejöhet kis átmérőjű huzal mentén, tű hegyén, vagy egy elektróda éles szélén. A „korona” név a tengerészektől származik, akik viharos időben az árboc hegyén figyelték meg a jelenséget. Abban az esetben, amikor legalább az egyik elektród csúcs, csúcskisülésről beszélünk [4] [5].

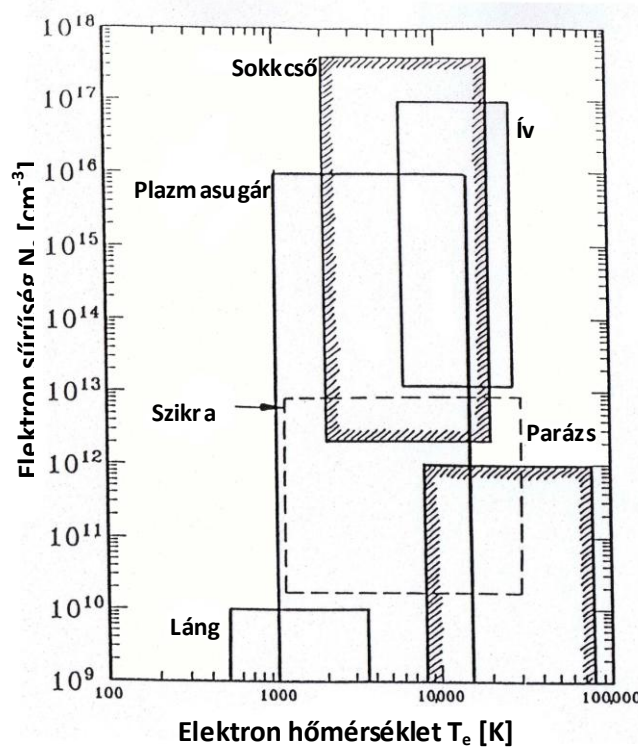
Mivel a koronakisülésben az elektronok sebessége nagy, ezért a hőmérséklet definícióját kiterjesztve azt szokás mondani, hogy az elektron hőmérséklet magas, és mivel az ionok tömege több ezerszerese az elektronokénak, az ionok sebessége az elektronokénak csak törtrésze, ezért a korona kisülésben az ionhőmérséklet alacsony.

A különböző kisülési formák gázhőmérsékletét az elektron hőmérséklet függvényében a 2.2.1. ábra mutatja be.

A plazmában fellépő elektron sűrűség – elektron hőmérséklet diagramot az 2.2.2. ábrán látjuk.



2.2.1 ábra. A különböző plazmák elektron és gázhőmérsékletének összehasonlítása



2.2.2. ábra. Az elektronsűrűség kapcsolata az elektron hőmérséklettel különböző plazmák esetében

2.3. Az elektronlavina

Ha egy elektront a villamos erőter felgyorsít, ütközési ionozás révén újabb szabad elektronok keletkeznek és ezek is ionozást okozó ütközéseket hoznak létre. Az elektronok száma tehát szaporodik.

Az elektronok számának növekedését az 6. ábrán látjuk, ahol feltételezzük, hogy a katód közelében az $x=0$ helyen, n_0 elektron indul el. Ezeket az elektronokat valamilyen külső hatás, pl. nagy energiájú fotonok hozzák létre. Ha az 1. ábra szerint x távolságban levő síkon $n(x)$ elektron halad át, akkor ezek egy dx vastagságú rétegben [1]

$$dn = n\alpha dx$$

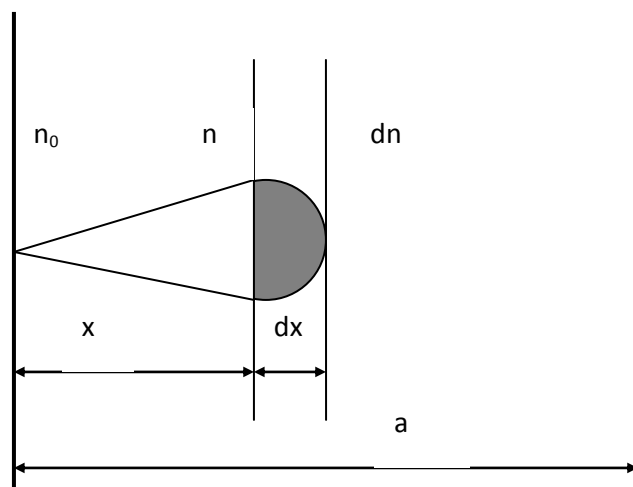
újabb elektront szabadítanak ki ütközési ionozás útján. A képletben α az ütközési ionozás Townsend-féle tényezője. A fenti differenciálegyenletet megoldva, az

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \int_0^x \alpha dx$$

integrálokat kapjuk, amiből:

$$n(x) = n_0 e^{\alpha x} \quad (1)$$

függvény szerint nő a szabad elektronok száma.



2.3.1. ábra. Az elektronlavina fejlődése

A szaporodás mértékét érzékelteti a z alábbi táblázat, amiből látható, hogy $E=20 \text{ kV/cm}$ esetén a növekedés nagyon lassú, $E=30 \text{ kV/cm}$ hatására azonban az elektronok száma lavinaszerűen növekedik, és 1 cm út befutása után már megközelíti a $4 \cdot 10^6$ értéket. [1]

	$E=20 \text{ kV/cm}$	$E=30 \text{ kV/cm}$
$x(\text{cm})$	n/n_0	n/n_0
0	1	1
0.1	1.079	4.554
0.2	1.163	20.74
0.3	1.255	94.45
0.4	1.353	430.2
0.5	1.460	1959
0.6	1.574	8922
0.7	1.698	$4.063 \cdot 10^4$
0.8	1.831	$1.850 \cdot 10^5$
0.9	1.975	$8.427 \cdot 10^5$
1.0	2.131	$3.838 \cdot 10^6$

2.3.1. táblázat. Az elektronok számának növekedése ütközési ionozás hatására 1.0136 bar nyomású, 20 °C hőmérsékletű levegőben

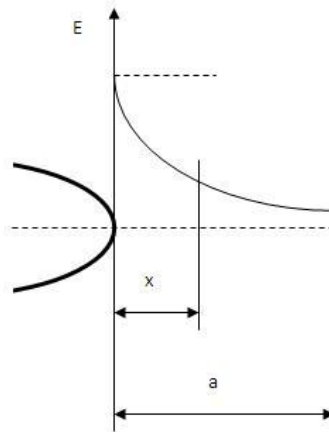
Az elektronlavina még nem átütés, mert az elektródok között folyó áram, a külső okok által létrehozott n_0 kezdeti elektronszámtól függ. [6]

2.4. Kezdeti korona pozitív csúcson

Ha az inhomogén teret egy csúcselektrod hozza létre, akkor az elektród környezetében egy kétköpenyű hiperboloid írja le a térerősség hely szerinti változását [1]:

$$E(x) = E_{\max} \frac{ar}{x(2a - x) + ar}$$

ahol r a tüelektrod görbületi sugara, a az elektródák távolsága, x a tüelektrodtól mért távolság (2.3.2. ábra).

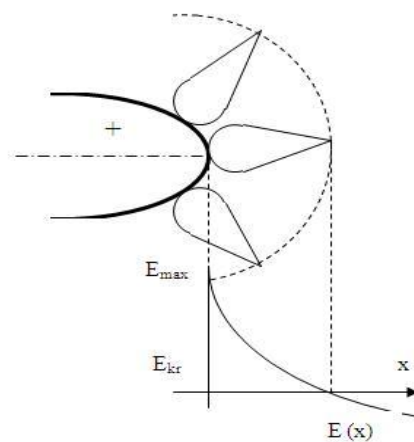


2.3.2. ábra. A térerősség változása a forgási paraboloid alakú csúcs környezetében

A csúcstól távolodva a fenti összefüggés szerint csökken az elektromos mező erőssége.

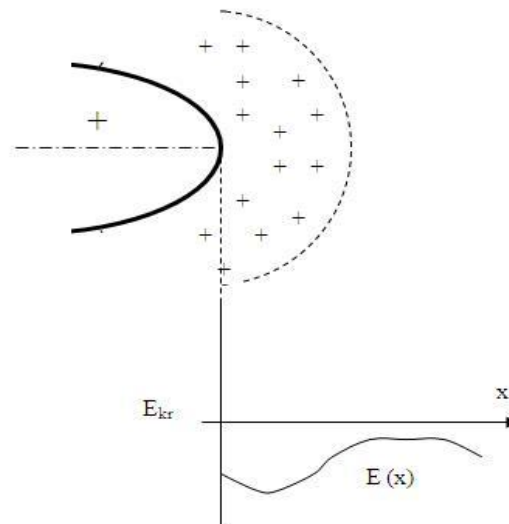
A képletben az elektróda távolságnak kicsi a hatása, az elektród görbületi sugarának viszont jelentős. Az elektronlavinák kifejlődésének feltétele, hogy a térerősségnek olyan x távolságban is túl kell lépni az ütközési ionizáshoz szükséges értéket, ahonnan még elég hosszú út van az elektród felületéig. A kisülés tehát akkor indulhat meg, amikor a csúcson az $E_{\max}$ térerősség már jelentősen meghaladja ezt a kritikus értéket.

Az elektronlavinákat a külsősugárzások hatására keletkező elektronok, vagy a nagy térerősség hatására felbomló negatív ionokból felszabaduló elektronok indítják meg, és ezek a lavinák a pozitív csúcs irányában mozognak (2.3.3. ábra).



2.3.3. ábra. Koronakisülés pozitív csúcson: a kritikusértéknél nagyobb térerősségű zónában elektronlavinák keletkeznek

Az elektródra érkező elektronokat a pozitív csúcs elnyeli, helyükön pozitív ionok maradnak vissza, amelyeket a szintén pozitív csúcs kissé távolabb taszít, és a csúcs környezetében pozitív tértöltés jön létre. Ez a tértöltés úgy hat, mintha a csúcs sugara megnövekedett volna, ezért a térerősség az elektród felületén, és a tértöltés külső oldalán az ütközési ionozáshoz szükséges kritikus érték alá csökken, így a lavinaképződés megszűnik (2.3.4. ábra). Újabb elektronlavinák csak akkor keletkeznek, ha a pozitív tértöltés rekombináció révén megszűnik, vagy szétoszlik, és a térerősség ismét eléri a kritikus értéket. Ekkor azonban ismét csak néhány lavina jön létre, mert a kialakuló pozitív tértöltés a térerősséget újra lecsökkenti. Így a pozitív csúcson rövid áramimpulzusok alakulnak ki az elektronlavinák következtében [1] [7].

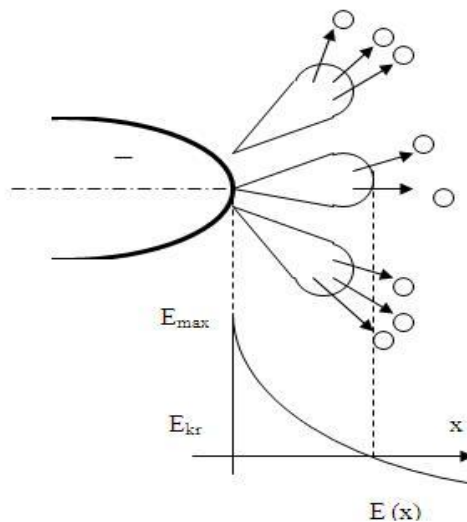


2.3.4. ábra. Az elektronlavinák után visszamaradó pozitív tértöltés következtében a térerősség a kritikus érték alá csökken, és a kisülés megáll

2.5. Kezdeti korona negatív csúcson

Ebben az esetben a negatív elektródából kilépő elektronok az $E_{\max}$ térerősségű helyen jelennek meg, és ütközési ionozást indítanak el, de elektronlavinák csak akkor keletkeznek, ha az erősen inhomogén térben hosszabb úton is elég nagy a térerősség. A kisülés megindításához a negatív csúcson is lényegesen nagyobb térerősség szükséges, mint homogén erőterben.

Negatív korona esetén az elektronlavinák a csúcstól távolodva végül olyan helyre érnek, ahol a térerősség nem elég nagy az ütközési ionozáshoz, így a lavina növekedése megszűnik. Az elektronok sebessége ekkor azonban még elég nagy, ezért a csúcstól távolabb szétszóródnak a térben, és csak ott lassulnak le.



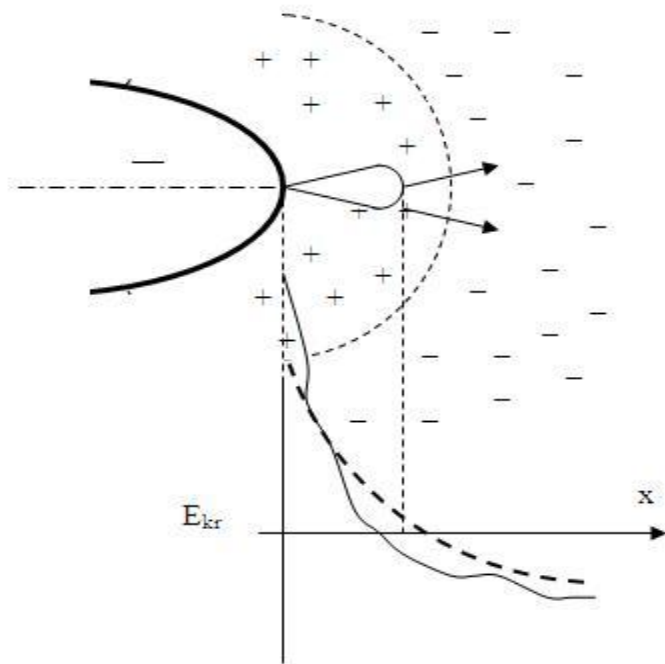
2.5.1. ábra. Az E_{kr} kritikus térerősségnél nagyobb térerősségű zóna határán a lavinák elektronokat szórnak szét a térben

Abban az esetben, ha a gázban nincsenek negatív iont alkotó elektronegatív molekulák, az elektronok eléri az anódot, és eltűnnek. Ha azonban vannak elektronegatív molekulák, akkor ezek befogják az elektronokat és negatív ionokból álló tértöltés keletkezik. A lavinák nyomában közvetlenül a csúcstól kialakult pozitív tértöltés azonban további lavinák keletkezését eredményezi, amelyek a kisebb térerősségű helyre érve kifulladásnak, és tovább növelik a negatív tértöltést.

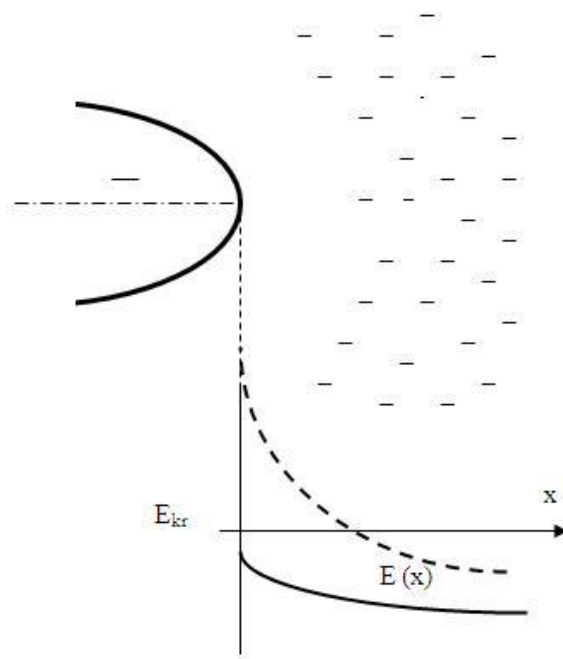
A pozitív tértöltés növekedését korlátozza az, hogy a pozitív ionok közel vannak a negatív csúcshoz, így gyorsan eléri az elektródot, és eltűnnek. A pozitív tértöltés növekedése tehát lelassul, majd megáll, a negatív tértöltés viszont folyamatosan nő.

Végül a pozitív ionokat a csúcstól teljesen magához vonzza, és csak a negatív tértöltés marad meg. Ekkor viszont a további kisülés feltételei megszűnnek, mert a csúcson a negatív tértöltés az eredetivel ellentétes térerősséget hoz létre.

További elektronlavinák csak a negatív tértöltés eltűnése után keletkeznek, ehhez azonban hosszabb idő szükséges, mert a negatív ionok a kis térerősségű helyről csak lassan vándorolnak az anód felé. Az így kialakuló áramimpulzusok között hosszabb szünetek vannak, mint pozitív csúcstól esetén, viszont nagyobbak az áramimpulzusok, mert az elektronlavinák nagyobb tértöltést hoznak létre. Ezeket az impulzusokat felfedezőjéről *Trichel-féle impulzusok* nevezik és csak olyan gázokban jönnek létre, amelyekben negatív ionok képződhetnek. Más gázokban a negatív csúcson keletkező kisülés folyamatos [1].



2.5.2. ábra. A csúcs körül pozitív, távolabb negatív ionok keletkeznek

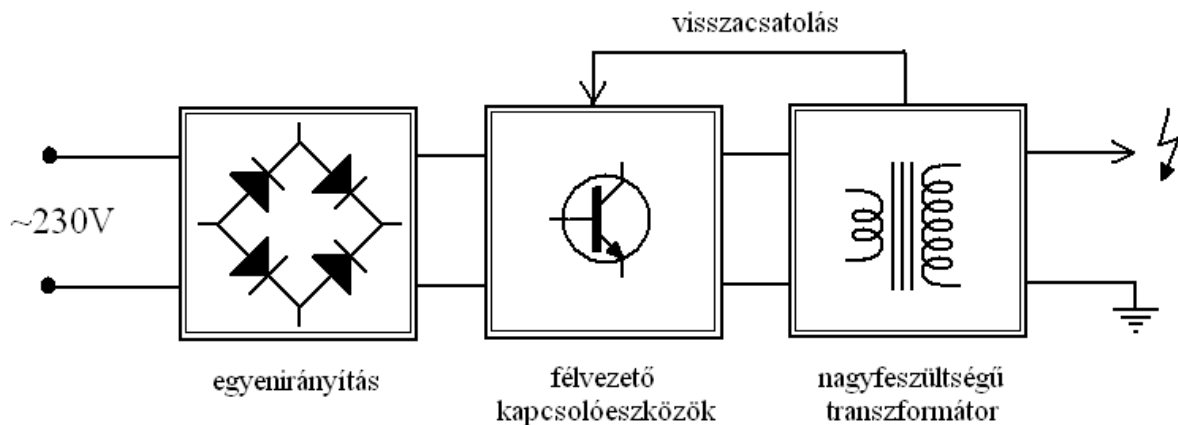


2.5.3. ábra. A csúcs a pozitív ionokat kivonja a térből, és a negatív tértöltés a kritikus érték alá csökkenti a térerősséget, a kisülés megáll

3. A felületkezeléshez általam elkészített és alkalmazott eszközök

3.1. Villamos tápegység

A villamos kisülések előállításához nagyfeszültségű tápegységre van szükség, amely képes mind egyen mind váltakozó feszültség előállítására. A legegyszerűbben a hálózati 50 Hz-es váltakozó feszültség feltranszformálásával állítható elő a kisülések létrehozásához szükséges feszültség. Ez a módszer nagyméretű, nehéz berendezést eredményez. A transzformátorok súlya, tömege, jelentősen csökkenthető nagyfrekvenciás áramkör alkalmazásával. Az ebben a dolgozatban alkalmazott berendezésben a nagyfrekvenciát egytranszistoros blocking oszcillátor segítségével állítottuk elő az alábbiak szerint.



3.1.1. ábra A nagyfeszültségű tápegység blokksémája

A berendezés 3 fő egységből áll (3.1.1. ábra):

- a hálózati váltakozó feszültségből egyenáramot előállító egyenirányító kapcsolás
- az előállított egyenáramot megszagató félvezetős kapcsolóeszközök (blocking oszcillátor)
- a megszaggatott feszültséget megnövelő nagyfeszültségű transzformátor, valamint ha szükséges nagyfeszültségű egyenirányító

A hálózati áramot először egyenirányítani kell, hogy felhasználható legyen a további áramkörökben. A 230V-os hálózati feszültségből körülbelül 324V egyenfeszültség lesz, mivel a Graetz híd diódáin is esik feszültség. Ez táplálja a félvezetős kapcsolóelemeket, melyek az egyenfeszültséget nagyfrekvenciás váltakozó feszültséggé alakítják. A berendezés speciális eleme a nagyfeszültségű transzformátor, mely a körülbelül 300V-os feszültséget megnöveli akár több százezer voltra (esetünkben 20-30 kV_{csk}-ra).

3.2. A félvezető eszközök

A félvezető eszközök tulajdonságainak (maximális feszültségének és áramának, valamint a disszipálható teljesítményének), ilyen speciális alkalmazásokban igen magasnak kell lenniük. Kapcsolóelemként elsősorban nagyfeszültségű gyors tranzisztorok, az úgynevezett teljesítmény MOS FET-ek, (MOS = metal oxide semiconductor; FET = field effect transistor) (ún. szigetelt kapus térvezérlésű tranzisztorok), vagy az IGBT-k (insulated gate bipolar transistor) (szigetelt bázisú bipoláris tranzisztor)-ok jöhetnek szóba. Ezeknek számos előnye van pl.:

-Nagyon magas feszültségig használhatóak (az IGBT-k akár 1700V-ig)

-Nagyon gyorsak (néhányszor tíz nanoszekundum alatt átkapcsolnak)

-Nyitott állapotban nagyon kicsi az ellenállásuk (A FET-eknek milliohm nagyságrendű)

A modern energia átalakító berendezésekben (tápegységekben, szünetmentes áramforrásokban, különböző motorszabályozó és vezérlő áramkörökben elterjedten használják ezeket. Számos előnyük mellett hátrányuk az, hogy ha a határparamétereket túllépi a terhelés, azonnal bekövetkezik a tönkremenetel.

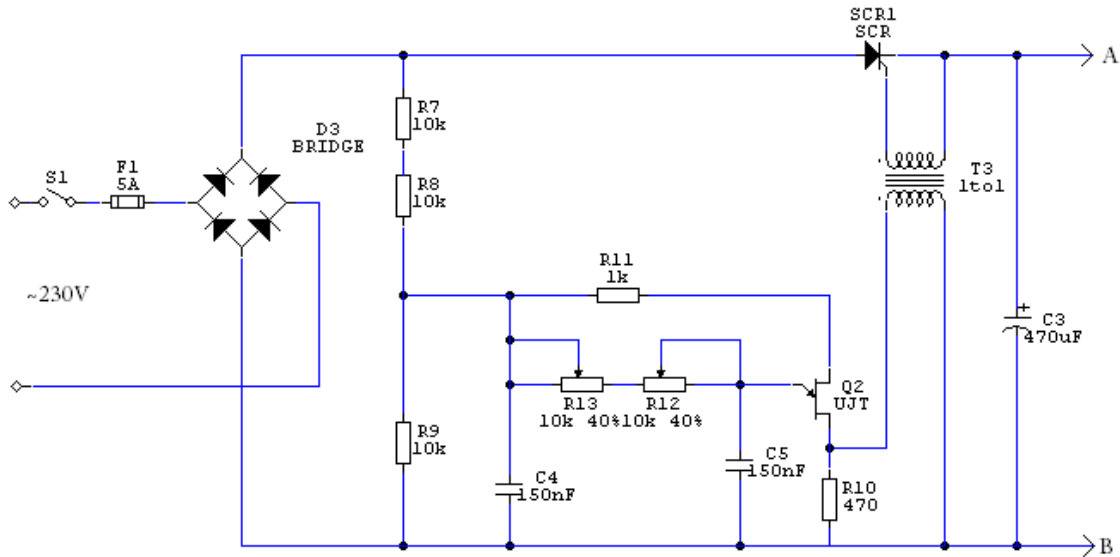
Az általam készített áramkörben egy BU2525AW nagyfeszültségű, nagysebességű NPN tranzisztor működik. A tranzisztor főbb paramétereit a 3.2.1. táblázatban ismertetem.

3.2.1. táblázat A BU2525 tranzisztor néhány fontosabb paramétere

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYP.	MAX	UNIT
V _{CESM}	Collector-emitter voltage peak value	V _{BE} = 0	-	1500	V
V _{CEO}	Collector-emitter voltage (open base)		-	800	V
I _C	Collector current (DC)		-	12	A
I _{CM}	Collector current peak value		-	30	A
P _{tot}	Total power dissipation	T _{mb} ≤ 25 °C	-	125	W
V _{CEsat}	Collector-emitter saturation voltage	I _C = 8.0 A; I _B = 1.6 A	-	5.0	V
I _{Csat}	Collector saturation current		8	-	A
t _f	Fall time	I _{Csat} = 8.0 A; I _{B(end)} = 1.1 A	0,2	0.35	μs

3.3. A tápegység kapcsolási rajza

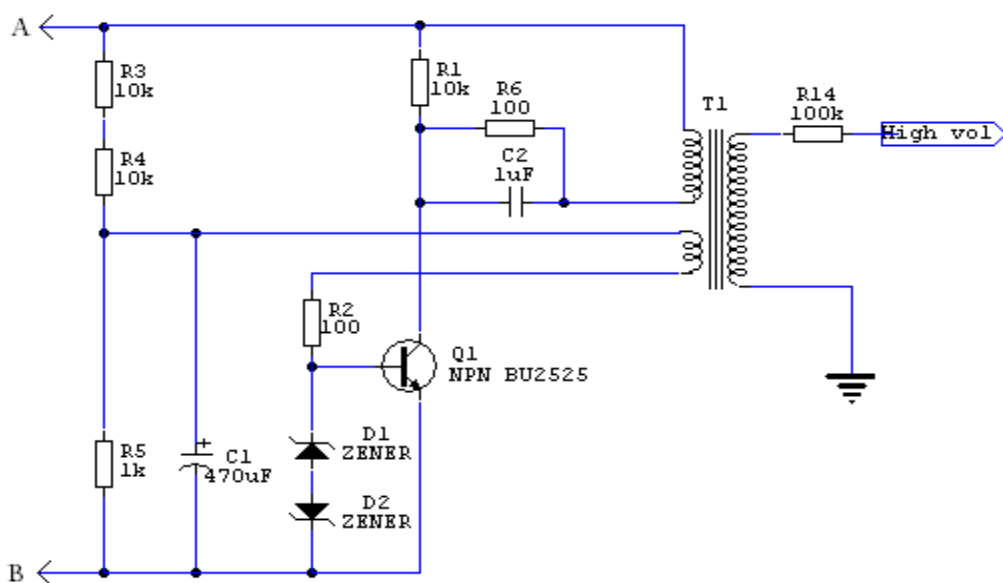
A tápegység egyenirányítóját és a tirisztoros szabályzó egység kapcsolási rajzát a 3.3.1 ábrán ismertetem.



3.3.1. ábra A nagyfeszültségű tápegység szabályozható tápegységének kapcsolási rajza

Az egyenirányító Graetz kapcsolás nagyteljesítményű diódákból áll. Az egyenirányított feszültséget (kb. 324V) fokozatmentesen lehet szabályozni ezen kapcsolás segítségével.

Az „A” jelű pozitív ág és a „B” jelű GND kapcsolódik a blocking oszcillátor megfelelő jelű pontjaihoz, melyet a 3.3.2. ábrán mutatok be.



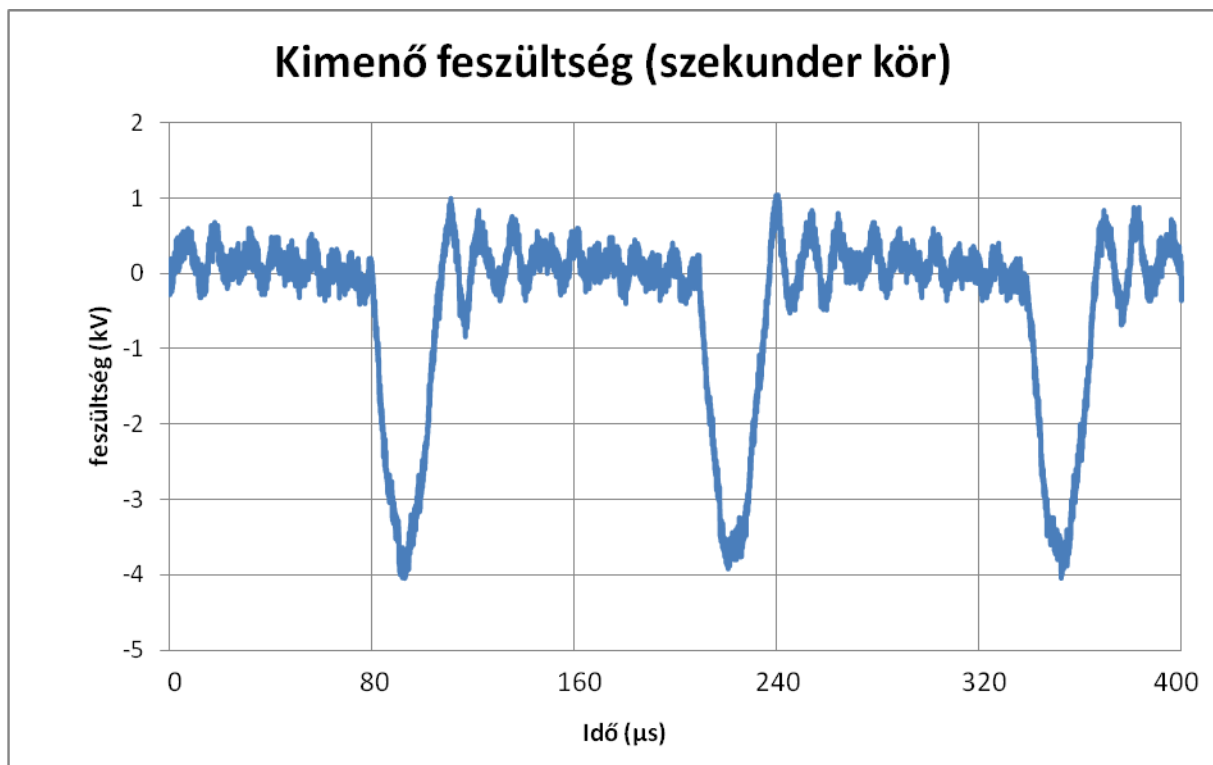
3.3.2. ábra. A nagyfeszültségű tápegység blocking oszcillátorának kapcsolási rajza

A szabályozott feszültséget, mely még nem egyenletes egyenfeszültség, egy puffer kondenzátor (C_3) simítja ki. A tranzisztor bázisfeszültségét két egymással ellentétesen sorba kötött Zener dióda korlátozza. A bázis vezérlése a nagyfeszültségű transzformátoron lévő visszacsatoló tekercs segítségével történik, ami 4 menetből áll. A bázis védelme érdekében 100 ohmos ellenállás (R_2) lett beiktatva sorosan a körbe. A munkapont beállítása az R_3 , R_4 , R_5 ellenállásokkal történik.

3.4. Tápegység hullámformái

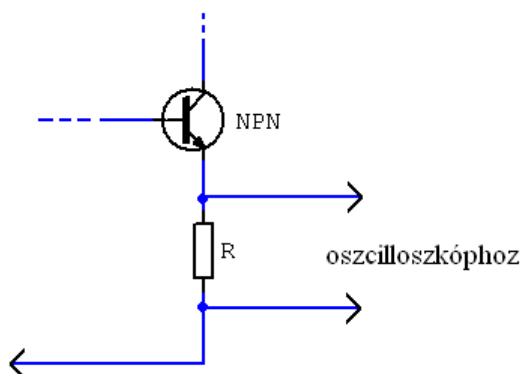
A megépített tápegység hullámformáit Tektronix TDS 380 típusú digitális oszcilloszkóppal vizsgáltuk meg, a nagyfeszültséget a hozzá vásárolt nagyfeszültségű mérőfejjel mértük. Az elérhető felbontás 2 GS/s.

A következőkben az oszcilloszkópos mérések által rögzített hullámformákat mutatom be. Az adott grafikonok más és más bemenő feszültség mellett ábrázolják az oszcillátor kollektor, emitter és bázis körében lévő feszültség, illetve áramformákat. A 3.4.1. ábrán 28,2 V puffer kondenzátor (C_3) feszültség mellett a transzformátor szekunder tekercsén létrejövő feszültség értékét és hullámformáját látjuk. A feszültség maximuma +1 kV-nál van, a minimuma -4 kV, tehát csúctól csúcsig 5kV a feszültség abszolút értéke.



3.4.1. ábra A nagyfeszültségű tápegység kimenő feszültsége 28,2 V puffer feszültség esetében

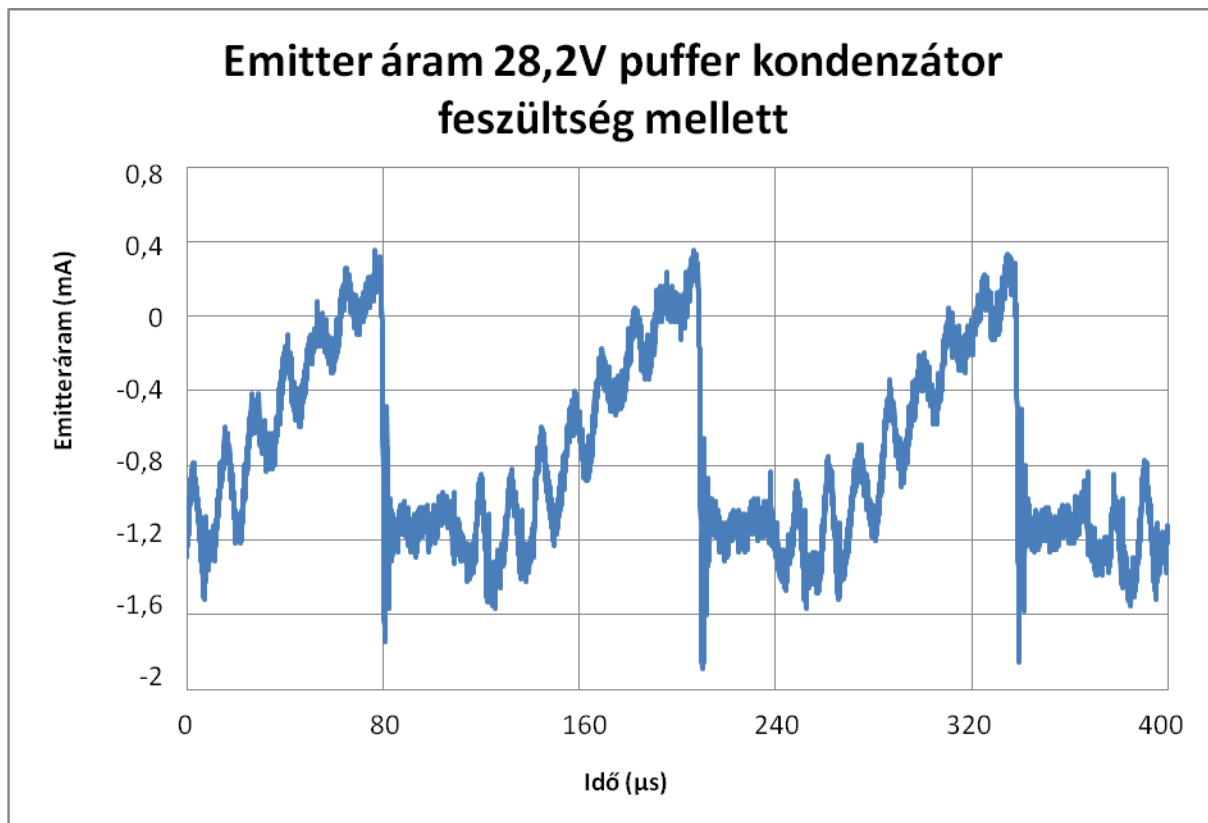
Az emitter áram mérésére egy kis impedanciájú ellenállás került beiktatásra a tranzisztor emitter lába és a negatív ág közé az alábbi módon (3.4.2.ábra):



3.4.2. ábra A blocking tranzisztor emitter áramának mérésére alkalmazott kapcsolás

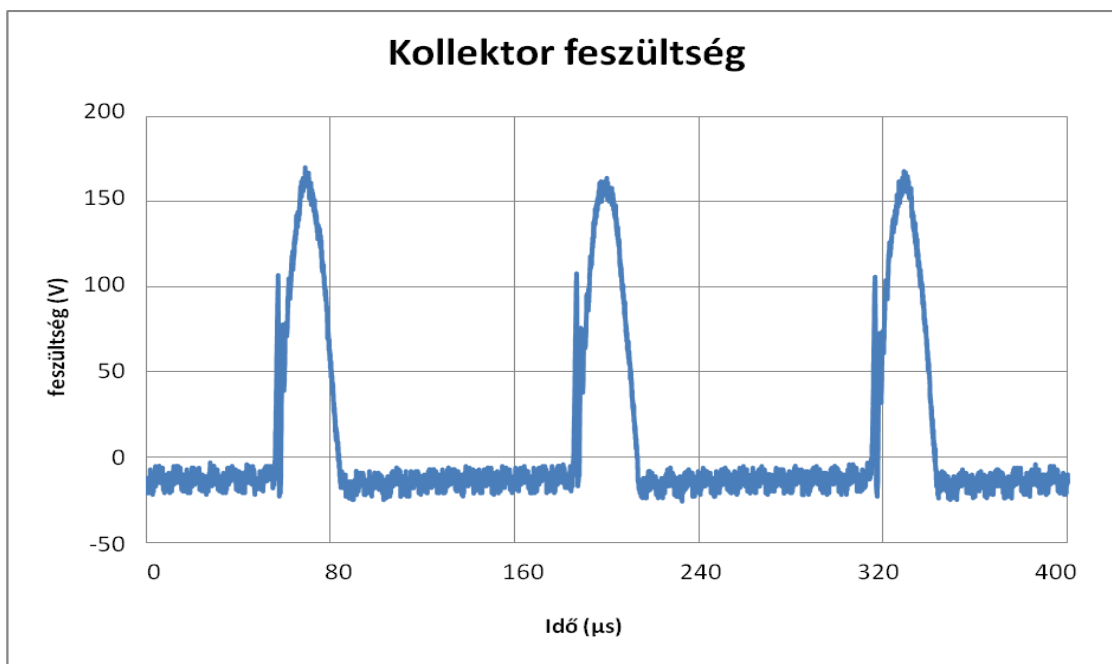
Az ellenállás két pontja közti feszültség esés egyenlő az ellenállás értékének és a rajta áthaladó áramnak a szorzatával ($U=I \cdot R$). Ebből kifejezve az áramerősség: $I=U/R$.

A 3.4.3. ábrán az emitter áram értékét és formáját ismertetem 28,2 V bemenő feszültség mellett. A periódus idő 120 μs .



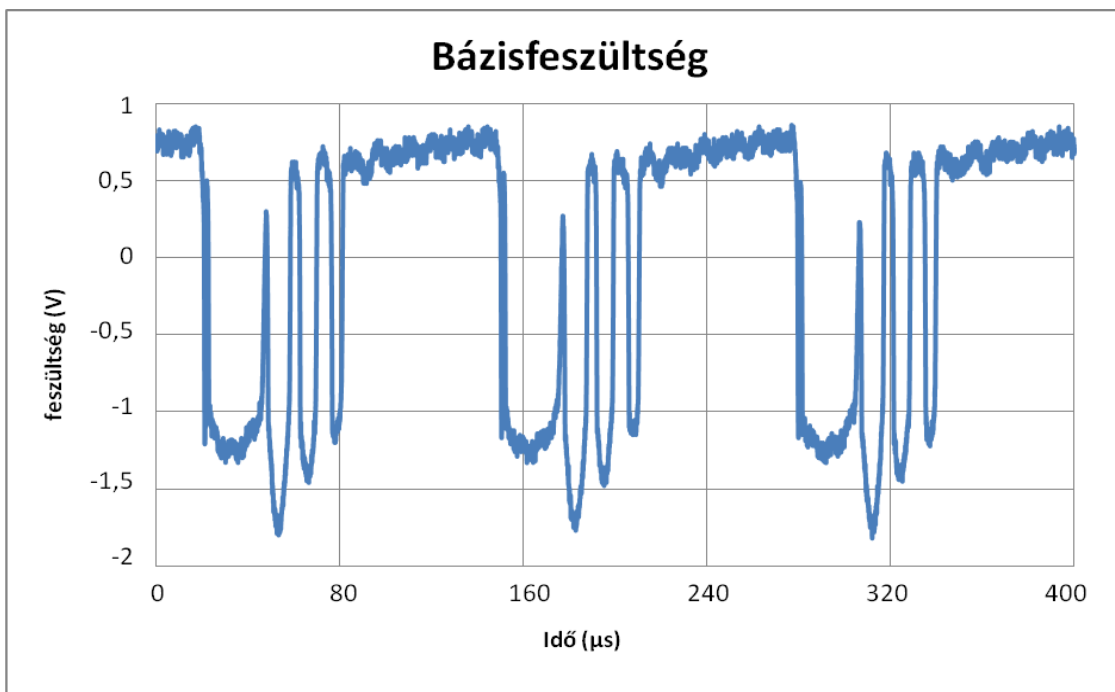
3.4.3. ábra Az emitteráram idő függése 28,2 V puffer feszültség mellett

Ugyan ezen bemenő feszültségek mellett (28,2V) a 3.3.4. ábrán a kollektor körben lévő feszültség alakot látjuk. Csúcsértéke megközelítőleg 170 V.



3.4.4. ábra A kollektorfeszültség időfüggése 28,2 V pufferveszültségnél

A bázisfeszültség emellett 2,5 V_{CSCS} (3.4.5. ábra).

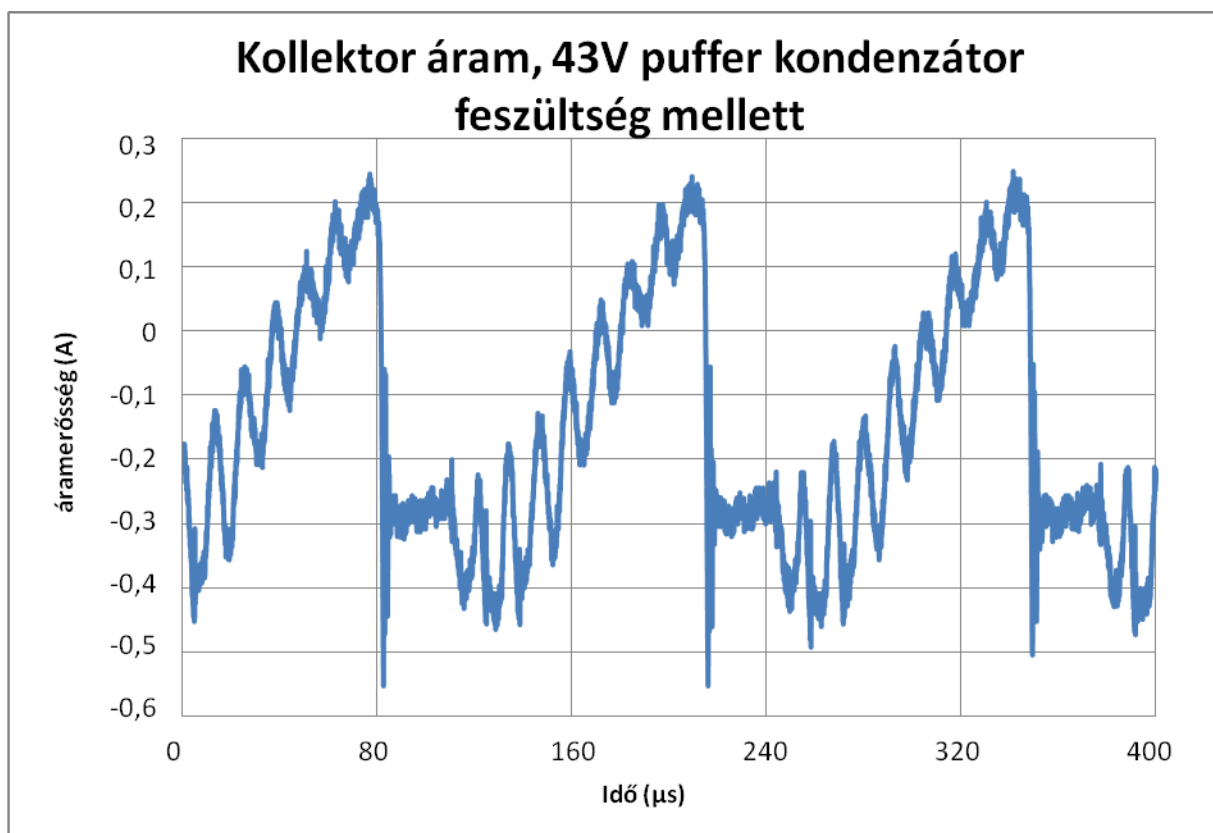


3.4.5. ábra A nagyfeszültségű tápegység bázis-emitter feszültsége 28,2 V pufferveszültség esetében

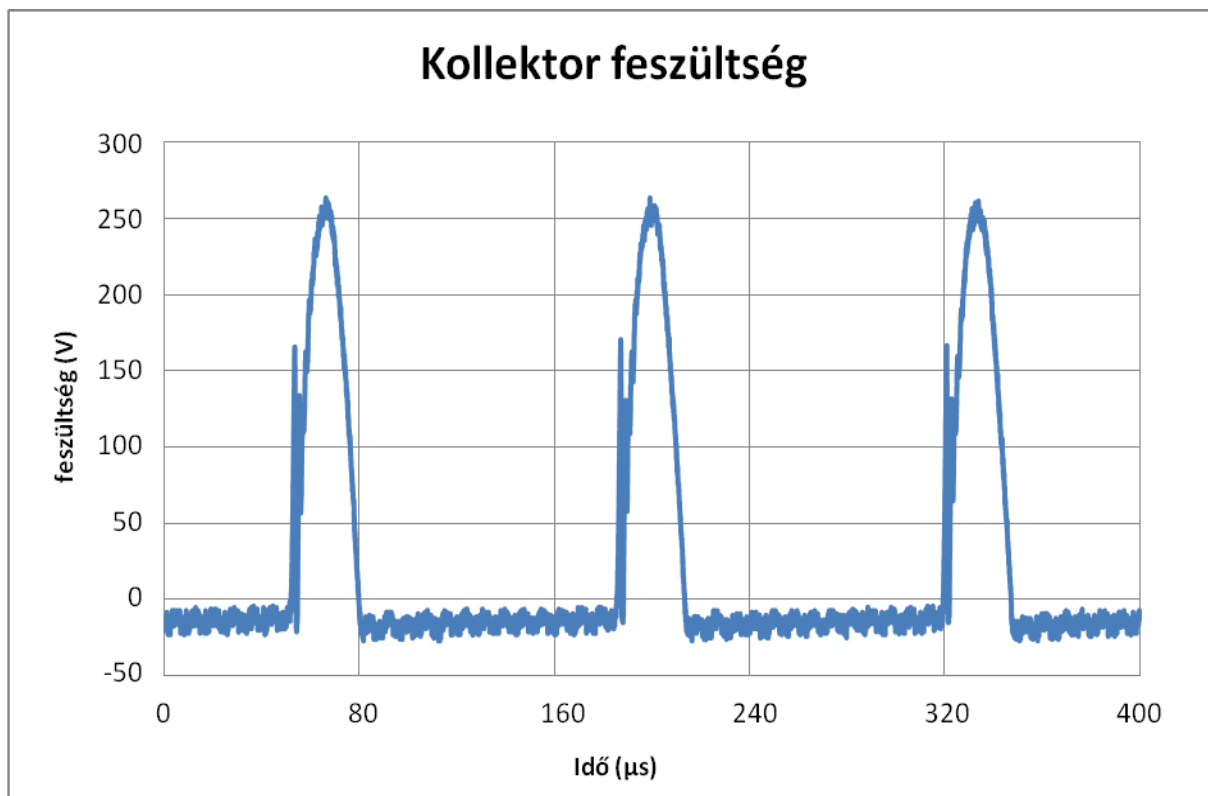
A következő méréseket 43 V bemenő feszültségnél végeztem el. A 3.4.6. ábrán látható a kollektor áram. Mérése az emitter áram méréséhez hasonlóan történt, egy kis értékű soros ellenállás beiktatásával. Maximális értéke 0,8 A.

A 3.4.7. ábrán pedig a kollektor kör feszültségét látjuk, melyet egy időben mértem az árammal. Itt már 270 V feszültség impulzusok találhatók. Egy impulzus ideje $30\mu\text{s}$, alakja a parabolához hasonló.

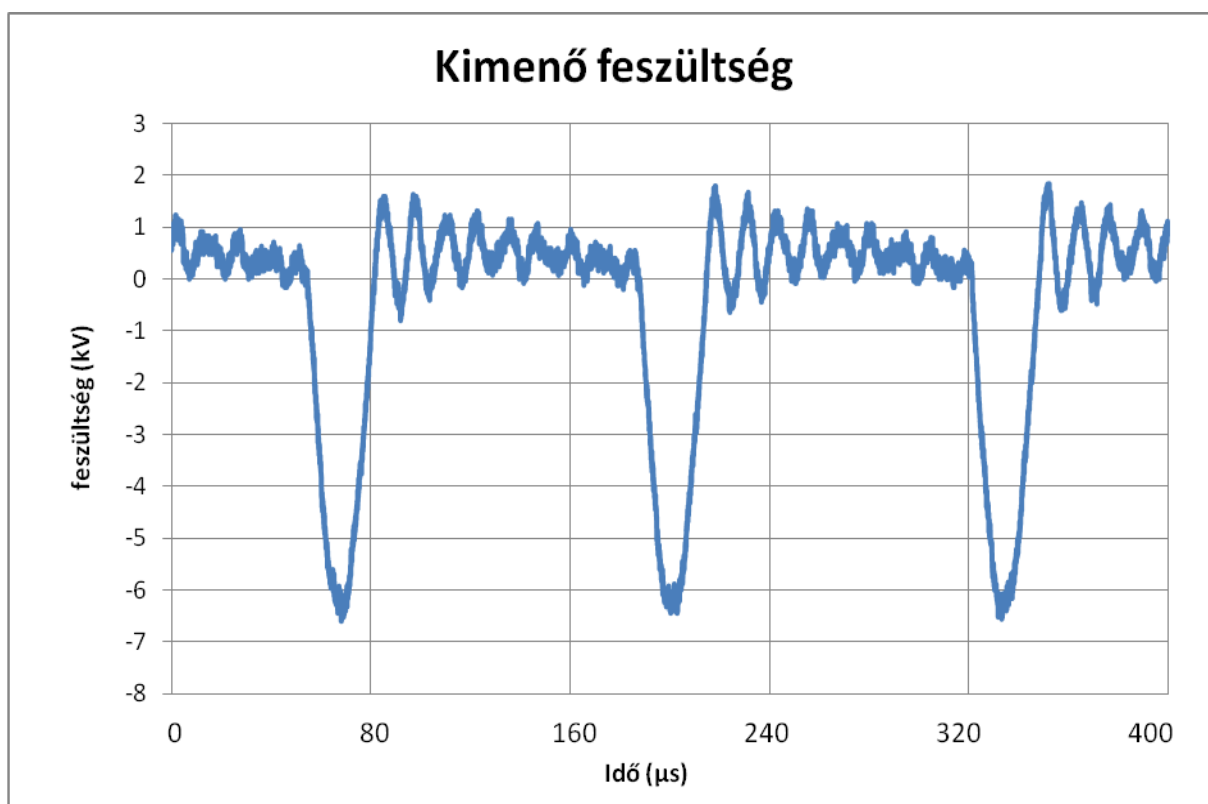
A 3.4.8. ábra a transzformátor szekunder tekercséről lekövető feszültséget ábrázolja, az előző mért paraméterek mellett. Itt $8\text{ kV}_{\text{cscs}}$ feszültség található, $1,5\text{ kV}$ pozitív csúcsban és a negatív csúcs pedig $-6,5\text{ kV}$. Periódusideje $140\mu\text{s}$.



3.4.6. ábra. A kollektoráram időfüggése 43V puffer feszültség mellett



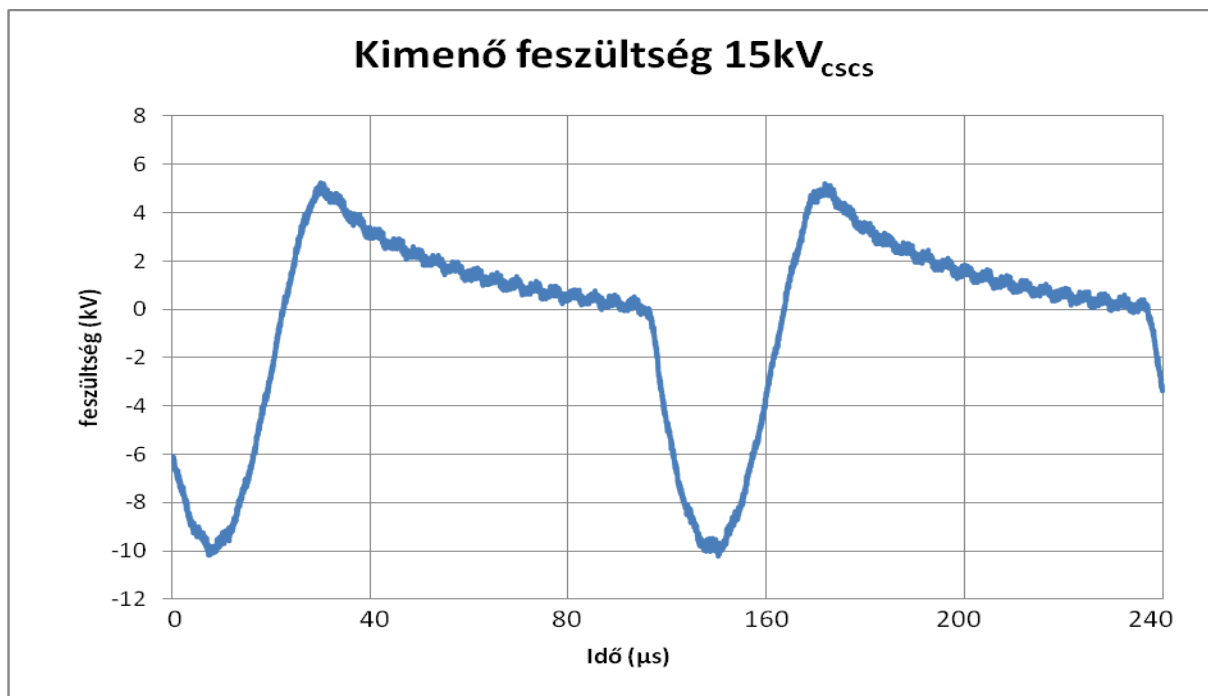
3.4.7. ábra. Kollektor feszültség idő függése 43 V puffer feszültség mellett



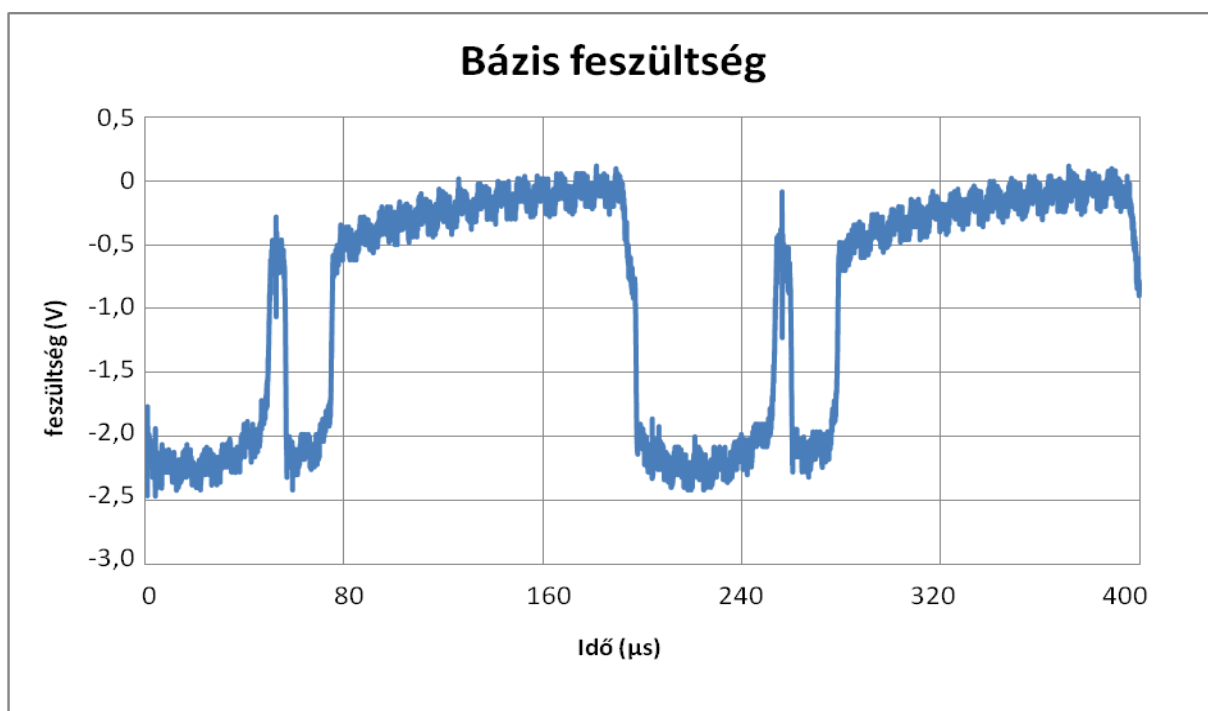
3.4.8. ábra. A nagyfeszültségű tápegység kimenő feszültsége 43 V puffer feszültség esetében

A következő mérések 152 V bemenő feszültségnél készültek, ekkor a transzformátor szekunder tekercse 15 kV_{CSCS} feszültséget ad le (3.4.9. ábra).

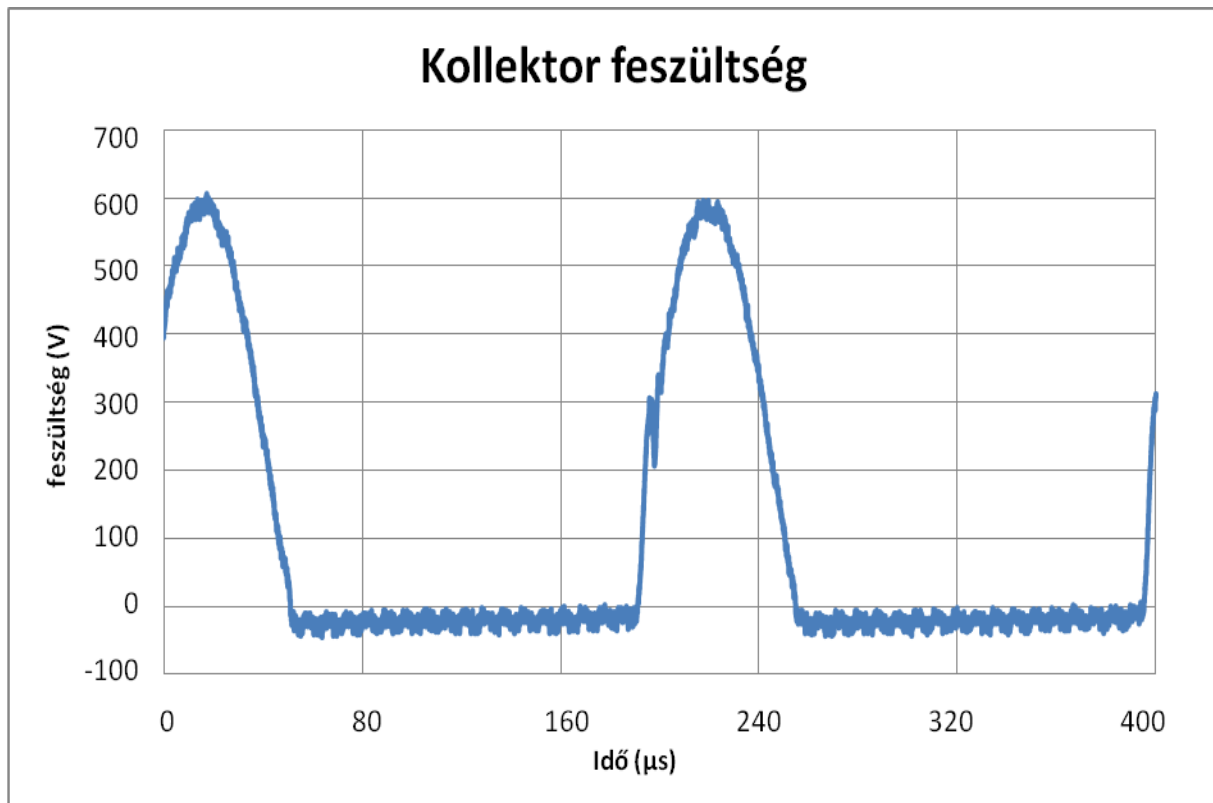
A kollektor körben lévő feszültség 600V csúcértéket vesz fel (3.4.11. ábra).



3.4.9. ábra A nagyfeszültségű tápegység kimenő feszültsége 152 V puffer feszültség esetében



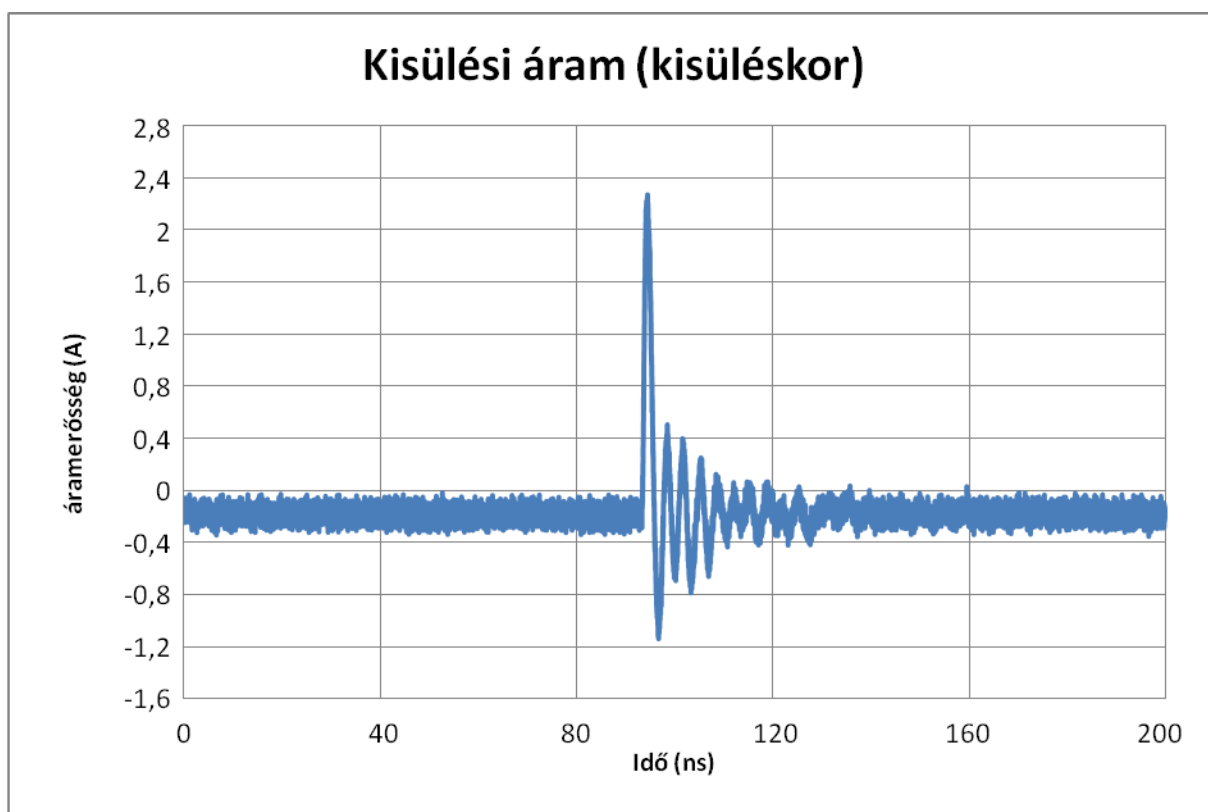
3.4.10. ábra. A nagyfeszültségű tápegység bázis-emitter feszültsége 152 V pufferfeszültség esetében



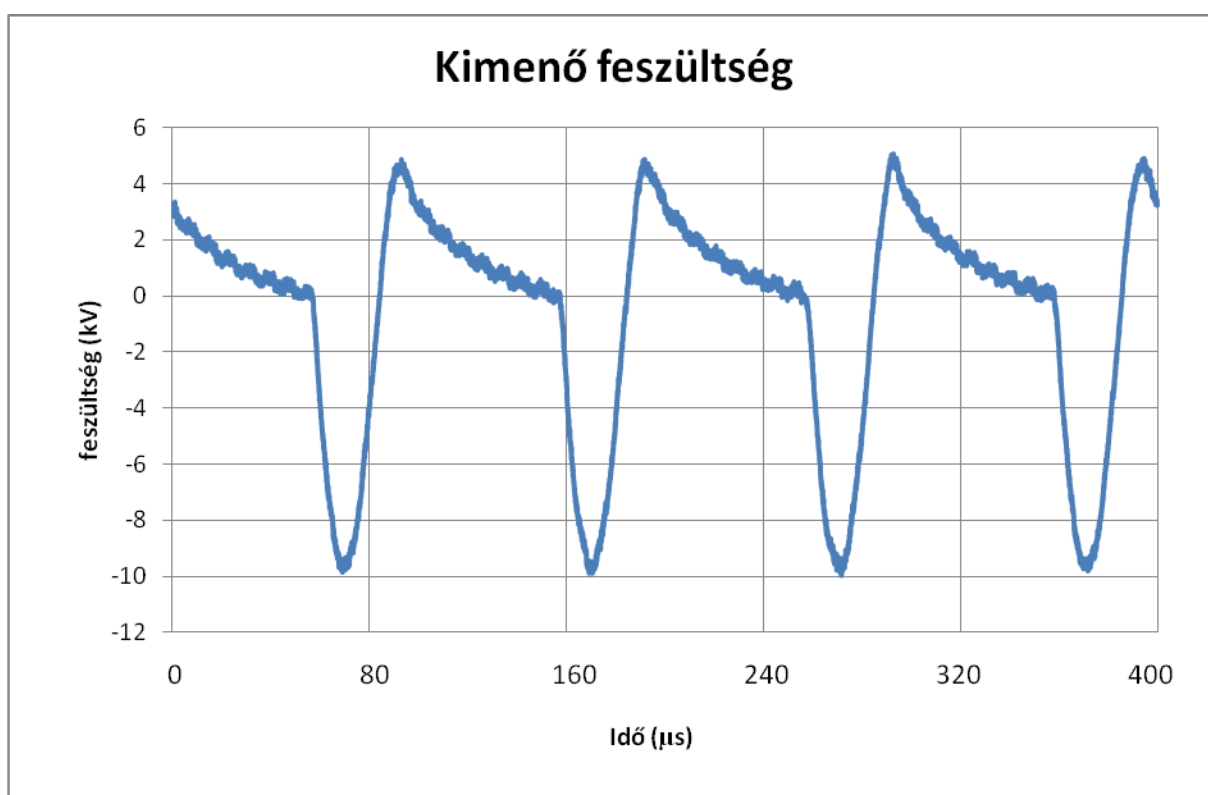
3.4.11. ábra. A kollektorfeszültség időfüggése 152 V pufferfeszültségnél

A 3.4.12. ábrán a kisülés pillanatában rögzített áram jelalakját látjuk. Az impulzus időtartama igen rövid, mindössze 20 ns. Csúcstól csúcsig az értéke eközben a 3,4 A-t is elérheti. A kimeneten a feszültség ezalatt több kV (3.4.13. ábra). Ez igen nagy teljesítményt eredményez rövid időtartamig. A 3.4.14. ábrán is kisülési áram látható, mint a 3.4.12. ábrán, csak a 200 ns-os intervallum helyett, 400 μ s-os intervallumon ábrázolva. Itt már keletkeztek 4-6 A-es nagyságú áramok is. Leolvasható, hogy 100-110 μ s-onként ismétlődnek meg a csúcsok.

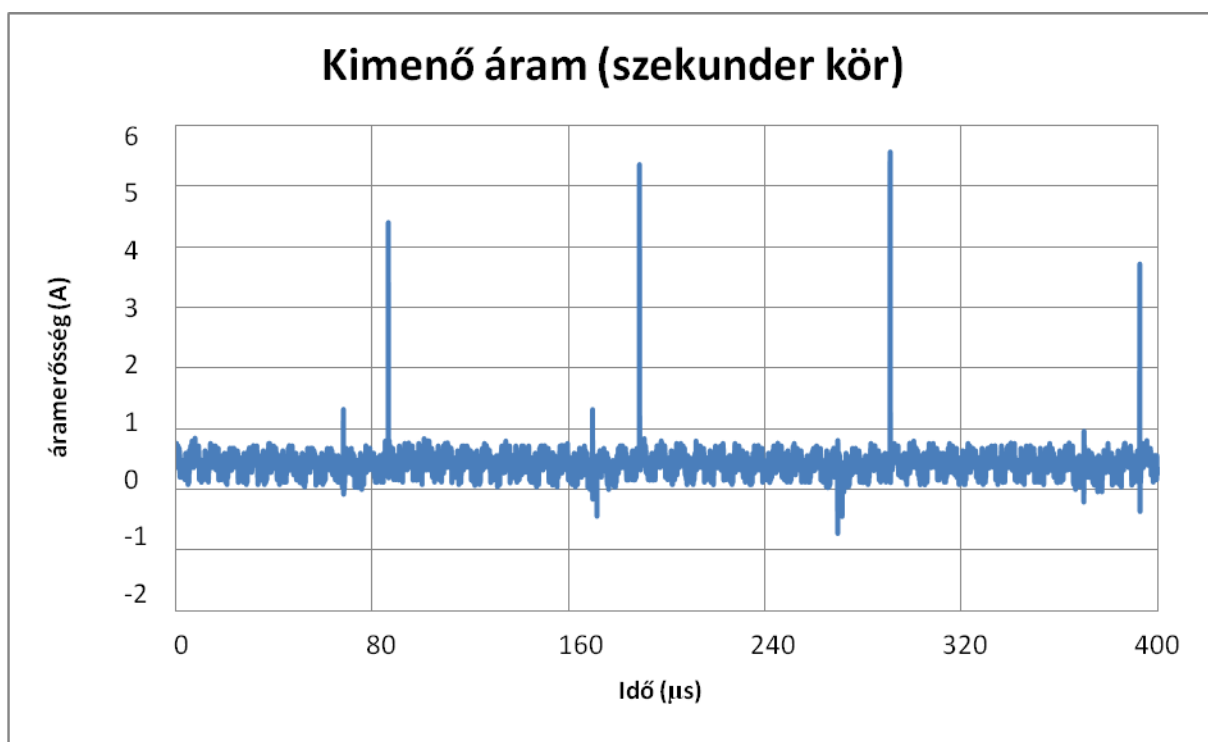
A kisülési teljesítmény ezek alapján a 3.4.15. ábrán kerül bemutatásra. A grafikon az oszcilloszkóp szorzás matematikai műveletének segítségével került rögzítésre, mely a kimeneti feszültséget szorozta össze a kimenet körében mért áramerősséggel. A 100-110 μ s-onként megismétlődő áramcsúcsoknál nagyon nagy a pillanatnyi teljesítmény, akár 50 kW.



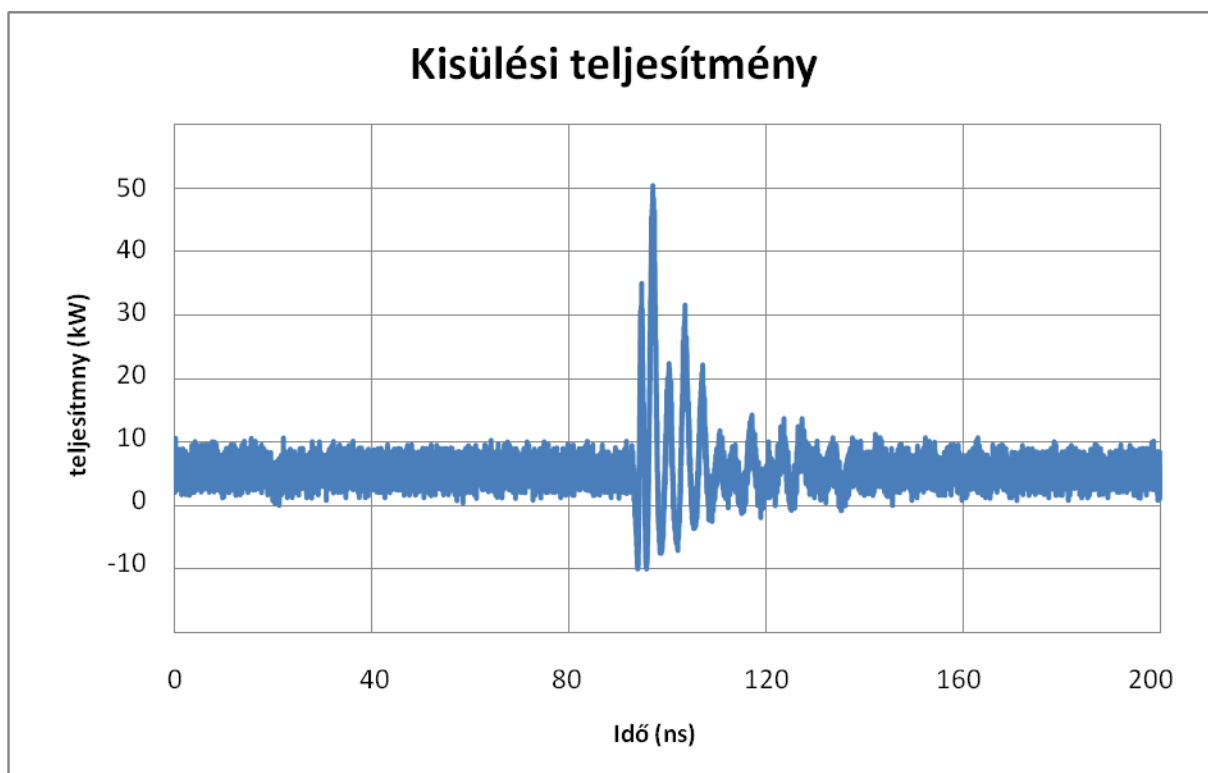
3.4.12. ábra. A kisülési áram nagysága kisüléskor



3.4.13. ábra. Kimenő feszültség 152 V puffer feszültségénél



3.4.14. ábra. Kisülési áram időfüggése 15 kV feszültség mellett



3.4.15. ábra. Kisülési teljesítmény

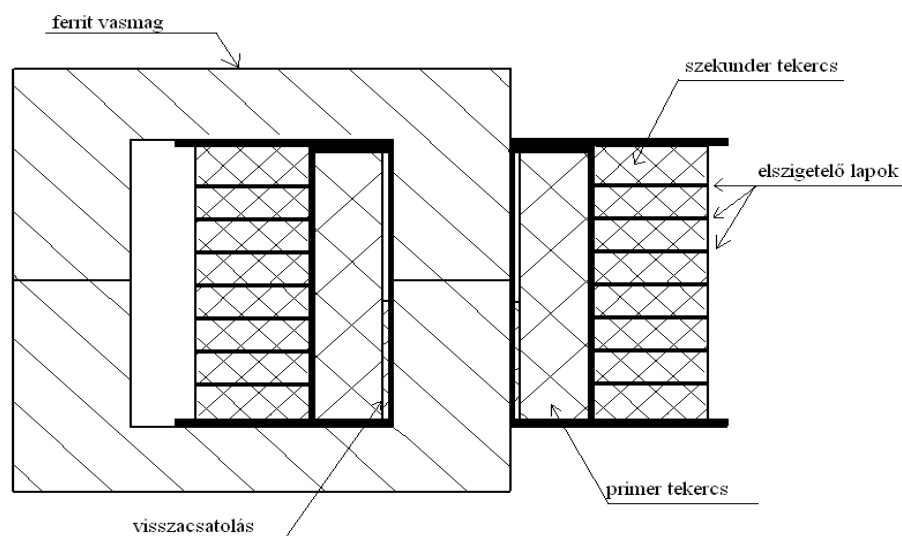
3.5. A nagyfeszültségű transzformátorok

A nagyfeszültségű transzformátorok némileg eltérnek a hagyományos transzformátoroktól. A magas feszültség miatt meg kell oldani, hogy a különböző potenciálon lévő pontok, akár a tekercs egyes menetei, akár a tekercs és a vasmag között a feszültség ne üthessen át. Ezért ún. osztott tekercselést alkalmaznak. A transzformátort különleges, jól szigetelő olajjal töltik fel, hogy a mechanikai méretek kisebbek legyenek. Szabad levegőn a nagyfeszültség már kb. 30 kV/cm térerősségnél átüt. Ez olajban kb. 200 kV/cm. A másik megoldás, hogy csak egyrétegű tekercset alkalmaznak, így a végek messze kerülnek egymástól, szintén csökken az átütés veszélye. Minden esetben a szigetelés alapvető fontosságú. [4]

A nagy frekvenciás feszültség miatt ferrit vasmagot alkalmaznak.

Kísérleteimhez egy osztott tekercselésű transzformátort építettem. A ferrit vasmag névleges átmérője 16 mm. A primer tekercs 1 mm átmérőjű zománcszigetelésű rézhuzalból készült és 80 menettel. Közvetlen a vasmag mentén helyezkedik el. Ezt egy vastag szigetelőréteg követi, mely felett helyezkedik el a szekunder tekercs rész. A szekunder tekercs 1600 menetből áll, 8, a vasmagra merőleges részre, van osztva. Mind a nyolc rész egyenként 200-200 menetből áll, így jelentősen kevesebb lett a transzformátor menetei közötti kapacitás, és az eredő kapacitása is.

A két tekercs menetszámának aránya a fentiek szerint 1:20. A vasmagon helyet foglal még egy 10 menetből álló visszacsatolás, mely a blocking tranzisztor bázisfeszültségét szabályozza. A szigetelést paraffinnal oldottam meg. A 3.5.1. ábrán látjuk a trafó keresztmetszetét.



3.5.1. ábra A nagyfeszültségű transzformátor keresztmetszeti képe

4. Mérési eredmények

4.1. Desztillált víz nedvesítési szögének meghatározása különböző felületek esetében

Ismeretes, hogy fém és egyéb felületek korona kisülésekkel való bombázása a felületeken felszabadítja kötéseket, kismértékben módosítja a felületi struktúrát.

Az eljárás nagy áramerősség esetében a szikraforgácsolásba megy át, annak tulajdonságait pedig alaposan megvizsgálták.

A korona kisülésekkel való bombázás, vagy besugárzás sokkal kisebb hatással van a felületekre, s ennek megfelelően az olyan finom felületkezelésekre van hatással, mint a festés és ragasztás.

A korona kisülésekkel való bombázás hatására a felületekre kent sűrűlőscsökkentő anyagok kötése is erősebb, tovább tart a kenőanyag hatása, különösen magasabb hőmérsékletek esetében.

A koronakisülések a kisülési elektród polaritása szerint lehetnek pozitív, negatív, és váltakozó feszültségűek is.

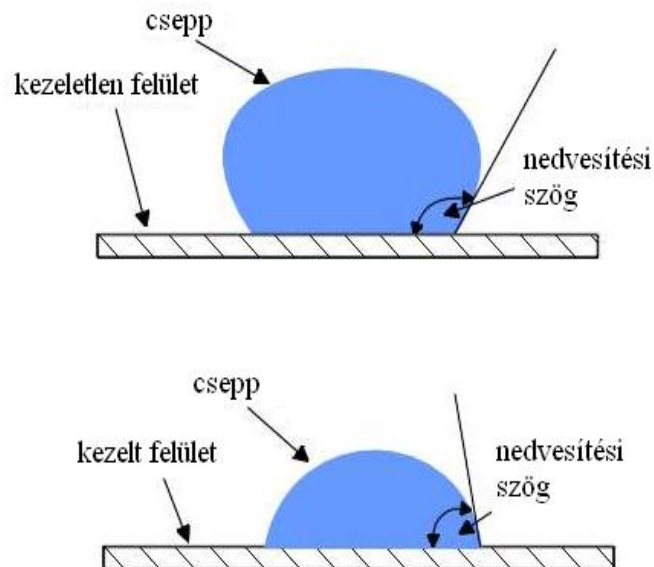
A negatív korona elektród esetében az ellenelektróda természetesen pozitív feszültségű.

A koronakisülésben keletkező elektronok és negatív ionok haladnak az ellenelektród felé, és bele is ütköznek abba. A negatív ionok a levegő ionizált molekulái, ezek azonban alapvetően az ionizációs zónán kívül keletkeznek, ezért, mivel azon kívül a térerősség kisebb, csak kis sebességgel érik el a fém felületét. Ennek ellenére mind az elektronok, mind a negatív ionok tisztítják a fém felületét, eltávolítanak bizonyos szennyeződések, különösen az ott adszorbeálódott gázokat. Így ez a módszer gáztalesztásra alkalmas. Elsősorban a nagyvákuum előállítására szolgáló berendezések belső felületét lehet ezzel a módszerrel gázmentesíteni.

Pozitív korona elektródot alkalmazva van esély arra, hogy az elektródból pozitív ionok lépjenek ki, azonban ez az elektród gyors elhasználódásával jár. Csőszerű elektródba könnyen párolgó vékony huzalt hívva a kisülés során (ha a koronaáram elegendően nagy erősségű) a betétből folyamatosan válnak le anyagsoportok, atomok, esetleg molekulák, azok felgyorsulva erős ütközés esetében be is épülhetnek a kezelt fém felső rétegeibe. A szokásos módon alkalmazott ionimplantáció hasonló elven működik.

Ha a korona kisülés váltakozó árammal történik, akkor mindkét (fentebb említett) jelenségcsoport lejátszódik, és komplex felületkezelést érhetünk el.

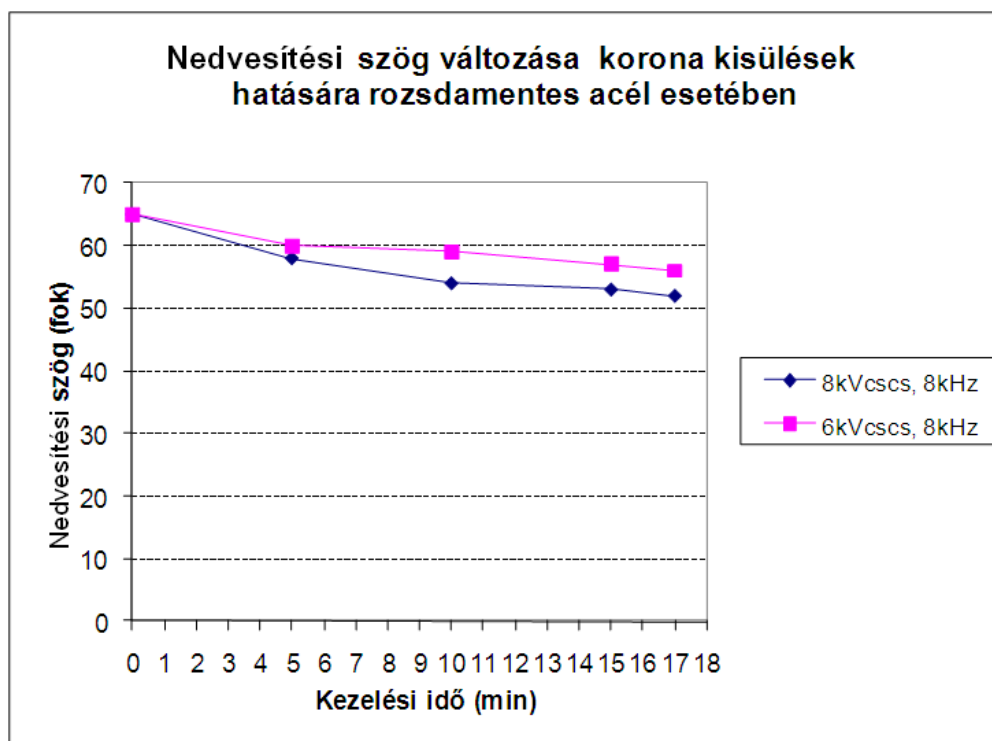
A korona kisülésekkel való besugárzás eredményeképpen létrejövő felület könnyebben festhető, mert a folyadékok nedvesítési szöge jelentősen csökkenhet. Az alábbiakban egy ilyen vizsgálatsorozat eredményét közlöm. A nedvesítési szög szemléltetésére szolgál a 4.1.1. ábra.



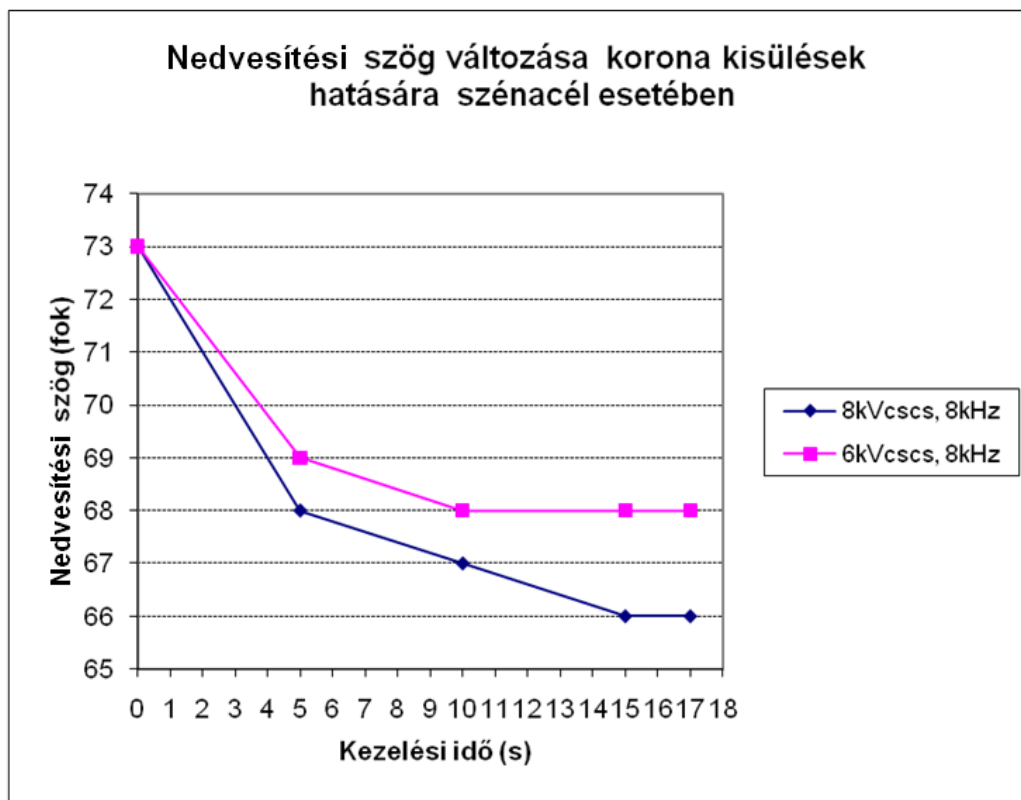
4.1.1. ábra. A nedvesítési szög értelmezését szolgáló ábra

A besugárzást egy 100 x 100 mm-es fémfelületen végeztem.

Az alábbiakban savállóanyagra és szénacél lemezre adom meg az eredményeket. A desztillált víz nedvesítési szögét mértem a kezelési idő függvényében, és azt találtam, hogy a kezelési idő növekedésével az nedvesítési szög csökken, először gyorsabban, majd lassabban.



4.1.2. ábra Desztillált víz nedvesítési szögének változása a kezelési idő függvényében



4.1.3. ábra Desztillált víz nedvesítési szögének változása a kezelési idő függvényében

Az ábrák jól mutatják, hogy az nedvesítési szög mindkét anyagminőség kezelésekor a kezelési idő növekedésével csökkent, először gyorsabban, majd lassabban. Ezzel párhuzamosan mind a festhetőség, mind a ragaszthatóság javult.

4.2. Különböző felületen megmaradó ózon mennyiségének az elemzése

A tapasztalataink szerint, ha ózon áramlik keresztül tartósan egy csövön, vagy egy tartályon, akkor az áramlás megszűnése után még viszonylag hosszú ideig megmarad annak a felületén az ózon.

Ennek a jelenségnek a vizsgálatát és annak eredményeit írom le az alábbiakban.

A termelt ózont átvezettem egy 50 mm belső átmérőjű, 150 mm hosszú műanyag csövön, és abban elhelyeztem 100 cm hosszú, 10mm átmérőjű, különböző anyagi minőségű fém és műanyag rudakat függőleges helyzetben úgy, hogy 4 mm mély üregbe helyeztem azokat. A termelt ózont átvezettem a csövön legalább 5 percig. A tapasztalataim szerint ennél hosszabb kezelés nem változtatott a visszamaradó ózon mennyiségén.

Az ózonos kezelés után kikapcsoltam a generátort, és a plexi csövön, amelyben a minta rudak voltak tiszta, száraz oxigént áramoltattam át különböző ideig. Ennek a kezelésnek a végén a rudakat kivettem és káliumjodid 0,2 %-os oldatában (100 ml folyadékkal) kimostam. A folyadékot egy csepp híg kénsavoldattal savanyítottam, majd keményítőt adtam hozzá. Az ózon mennyiségét nátrium tioszulfát 0,05 normális oldatával való titrálással határoztam meg.

A kapott ózon mennyiségét a levegő normál molekulatávolságára vonatkoztatva gázrétegek számában határoztam meg.

Az eredmények:

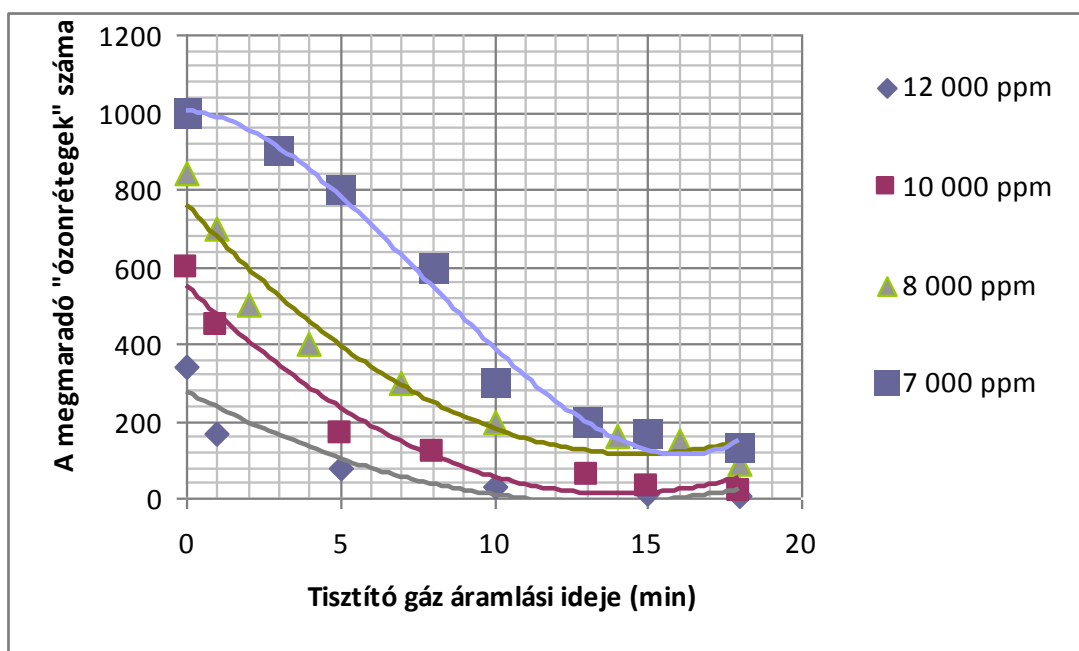
Az ózon a kezelés után a különböző felületeken különböző mértékben maradt meg. Az üvegről például már egy perc után eltávozott, saválló anyagon, polietilénen még 20 perc után is mértem ózont.

Ezen a polietilén anyagon mintegy ezer molekula rétegnyi mennyiségű ózont mértem közvetlenül a kezelés után. Ezt az anyagot a kezelés után a szabad levegőn gyorsan mozgatva, alig távozott az ózon.

Az ózon nem alkotott a rúd anyagával ez utóbbi esetben vegyületet, mivel több hetes kitettség után sem volt nyoma korróziónak.

A rudat az ózonos kezelés után desztillált vízzel lemosva is találtam nyomokban ózont a felületén.

A felületen maradt ózon mennyiségét rétegekben számolva, az eredményeket a kezelési idő függvényében az 4.2.1. ábrán adom meg.



4.2.1. Az ózonmaradvány rétegekben kifejezett mennyisége a tisztító gáz áramlási idejének függvényében

Az ábrából jól látszik, hogy a tisztító gáz (oxigén) áramlásának idejének növekedésével a megmaradt ózon mennyisége viszonylag gyorsan csökken, de az ózon meglepő módon hosszan megmarad.

A tapasztalataim alapján, a sima felületen tovább megmarad az ózon, és az egyes felületeken maradó mennyiségekben nagyságrendnyi különbség van.

A felületeket korona kisüléssel besugározva, a maradvány ózon mennyisége már néhány másodperc után is eltűnik, annak ellenére, hogy a kisülésben is keletkezik ózon, az azonban nem tapad a felületre.

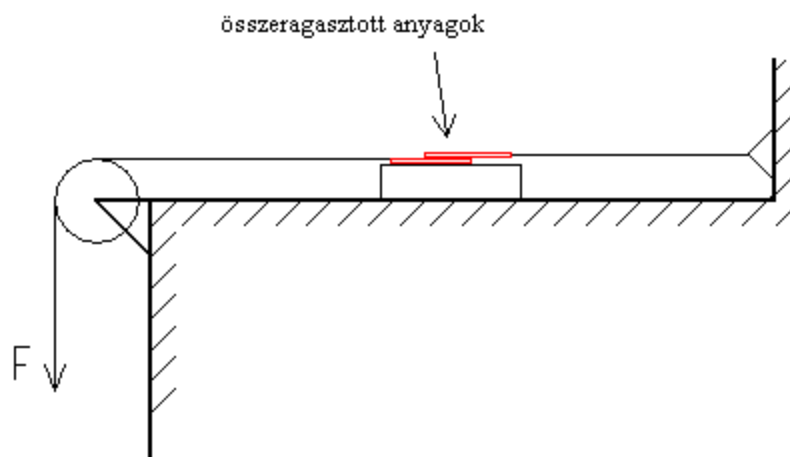
Ez az utóbbi eredmény alkalmassá teheti a korona kisüléseket gázmentesítésre is.

Különösen használható a nagyvákuum berendezések belső felületének tisztításához. A kísérleteink eredménye azt mutatja, hogy a felületi gázmentesítő berendezés hatásfokának méréséhez az ózon, mint tesztanyag, nagyon jól alkalmazható, mivel könnyen előállítható és könnyen vizsgálható még kis mennyiségek esetében is.

4.3. Különböző nemfémes anyagok ragaszthatóságának vizsgálata

Az előzőekben ismertettem, hogy a desztillált víz illeszkedési szöge miként változik meg, ha a felületet villamos kisülésekkel kezeljük különböző időtartamokon keresztül. Láttuk, hogy minél tovább kezeltük az anyagot, annál jobb lett a desztillált víz cseppjének illeszkedése a felülethez, csökkent az illeszkedési szög. Ez a szög nem csak desztillált víz esetében csökken, hanem például a folyékony ragasztó esetében is. Így a ragasztó felülethez való tapadásának a mértéke jelentősen növekszik. Ezáltal nagyobb szakítóerőt el tud viselni két egymáshoz ragasztott, kezelt felületű anyag.

A kísérleteket az ábrán látható módon végeztem el. A kezelendő anyagokat 8x6 cm méretűre szabtam és mindegyikre fűrtam egy 3 mm átmérőjű lyukat, mely majd a későbbi rögzíthetőséget szolgálja a fix ponthoz illetve a súlyhoz, amit az egyszerűség kedvéért F-l jelöltem (4.3.1. ábra). Ezután következett a felületek villamos kisüléssel való kezelése. A kezelések 5 perc hosszúságúak voltak, melyeket különböző feszültségen végeztem el.



4.3.1. ábra. Az összeragasztott anyagok széthúztatása

Kísérleteim során a nemfémes anyagok közül a plexi és a teflon került vizsgálat alá.

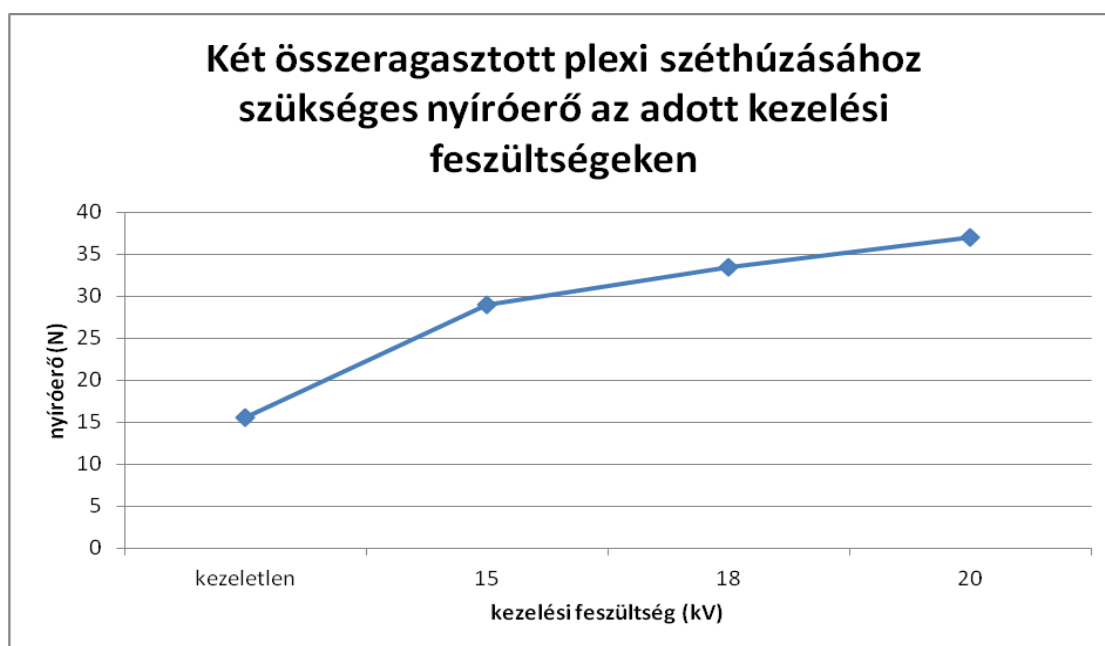
A kezelési idő minden mérésnél egységesen 5 perc volt. A két anyag 5x5 mm nagyságú felületen lett összeragasztva. Azért választottam ezt a ragasztási méretet, mert nagyobb felület esetén túlságosan nagy erőre volt szükség ragasztási felület elszakításához.

A felhasznált ragasztó neve Palmatex, folyékony típusú ragasztószer.

A kezelt felületen az 5x5 mm-es területet a kezelés után azonnal bekentem a ragasztószerrel és vártam 10-15 percet, a ragasztó használati útmutatója alapján. Ezután összenyomtam egy másik, ugyanakkora feszültségen kezelt, ragasztóval bekent lappal.

Az mérések átlagát a 4.3.2. ábrán mutatom be.

Az eredményekből jól látszik, hogy a kezelt felületek jobban ragaszthatóak lesznek és ez a kezelés feszültségével javul.



4.3.2. ábra. Két összeragasztott plexi széthúzásához szükséges nyíróerő az adott kezelési feszültségeken

A teflonnal végzett kísérletekről jelen pillanatban még nincs elegendő adat, melyet grafikonon ábrázolhatnék. A teflonról ismeretes, hogy nagyon rosszul festhető illetve ragasztható anyag. Az eddig elvégzett kísérletek azonban azt mutatják, hogy a felületi kisüléssel kezelt próbadaraboknak jelentősen jobb lett a festhetősége és a ragaszthatósága, és ez a kezelési feszültség növelésével növekszik. Összehasonlításképp, egy kezeletlen teflon darabra alkoholos filctollal írtam, melyet azonnal le lehetett akár kézzel is törölni. , Egy 20 kV-on kezelt darabra is ugyan ezzel a filctollal írtam, melyet már nem lehetett letörölni róla, csak alkohollal lemosni, természetesen.

A festést, ragasztást viszont a kezelést követően rövid időn belül el kell végezni, mert ha állni hagyjuk, akkor lassan visszaalakul a felületi struktúrája, csökken a nedvesítési szög, ezáltal nem lesz jól festhető és ragasztható az anyag.

5. Összefoglalás

Munkám során foglalkoztam a desztillált víz nedvesítési szögének meghatározásával különböző felületek esetében, különböző felületen megmaradó ózon mennyiségének az elemzésével és a különböző nemfémek anyagok ragaszthatóságának vizsgálatával.

A desztillált víz nedvesítési szögét rozsdamentes acél és szénacél felületén vizsgáltam.

A felületeket 6 és 8 kV-os 8 kHz-es váltakozó feszültséggel kezeltem.

A kezeletlen rozsdamentes acél felületen 65° volt a nedvesítési szög. 6 kV-os 17 perces kezelés után 56° -ra 8 kV-os 17 perces kezelés után 52° -ra csökkent a nedvesítési szög.

A kezeletlen szénacél esetében 73° volt a nedvesítési szög. 6 kV-os 17 perces kezelés után 68° -ra csökkent, 8 kV-os 17 perces kezelés után 66° -ra csökkent a nedvesítési szög.

Nagyobb kezelési feszültség esetén rövidebb idő alatt nagyobb mértékű nedvesítési szög csökkenést lehet elérni.

Az ózon mennyiségének elemzésénél az ózon a kezelés után a különböző felületeken különböző mértékben maradt meg. Az üvegről például már egy perc után eltávozott, saválló anyagon, polietilénen még 20 perc után is mértem ózont.

Ezen a polietilén anyagon mintegy ezer molekula rétegnyi mennyiségű ózont mértem közvetlenül a kezelés után. Ezt az anyagot a kezelés után a szabad levegőn gyorsan mozgatva, alig távozott az ózon.

Az ózon nem alkotott a rúd anyagával ez utóbbi esetben vegyületet, mivel több hetes kitétség után sem volt nyoma korróziónak.

A rudat az ózonos kezelés után desztillált vízzel lemosva is találtam nyomokban ózont a felületén.

A felületeket korona kisüléssel besugározva, a maradvány ózon mennyisége már néhány másodperc után is eltűnik, annak ellenére, hogy a kisülésben is keletkezik ózon, az azonban nem tapad a felületre.

Ez az eredmény alkalmassá teheti a korona kisüléseket gázmentesítésre is. Különösen használható a nagyvákuum berendezések belső felületének tisztításához.

Megvizsgáltam a nemfémek anyagok, mint a teflon és a plexi esetében a felületek ragaszthatóságát is. Három különböző feszültségen kezeltem ezeket az anyagokat és vizsgáltam, hogy mekkora erő kell a ragasztás szétszakításához.

A két kezeletlen összeragasztott plexi széthúzáshoz 15,5 N erő kellett.

A 15 kV-on kezeltnél már lényegesen több, 29 N erő volt szükséges a széthúzáshoz. 18 kV-on 33,5 N és 20 kV-on 37 N volt szükséges.

A teflon felületére gyakorlatilag nem tudunk festeni illetve írni sem. A villamos kisülésekkel való kezelése lehetővé teszi, hogy tartósan megmaradjon, ha a felületére festékkel festünk vagy alkoholos filccel írunk.

6. Irodalomjegyzék

[1]: Horváth Tibor- Csernátony Hoffer András: Nagyfeszültségű technika

Tankönyvkiadó, Budapest, 1986 ISBN 963 17 8805-9

[2]: http://vili.pmmf.hu/jegyzet/elektrom/emt_1_20.htm

[3]: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Szikrafor%C3%A1csol%C3%A1s>

[4]: Wagner H.-E.; Brandenburg R.; Kozlov K.V.; Sonnenfeld A.; Michel P.; Behnke J.F.:
The barrier discharge: basic properties and applications to surface treatment

Vacuum 71 (2003) 417-436

[5]: Kogelschatz U.; Eliasson B. and Egli W.: Dielectric-Barrier Discharges. Principle and Applications

ABB Corporate Research Ltd., Baden, Switzerland J. Phys IV France (1997) C4-47-C4-66

[6]: Fridman G; Peddinghaus M; Fridman A; Balasubramanian M; Gustol A; Friedman G.:
Use of Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma Discharge for Coagulation and
Sterilization of Surface Wounds

[7]: Panwar A. K.; Barthwal S. K. Ray, S.: Variation of Lap Shear Tensile Strength of
Polycarbonate – Mild Steel Adhesive Joints with DC Glow Discharge Modified
Polycarbonate

The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International 2007 197-202