Protokoll zum Praktikum Elektroenergiesysteme

Versuch: Isolierstoffe

Dielektrische Festigkeit von Isolierstoffen

Gruppe: Namen:

Datum:

Hinweise:
Diskutieren Sie alle Versuchsergebnisse in Stichworten!

1 Versuchsaufbau

Die 50-Hz-Wechselspannung (230 V) wird über einen Stelltransformator und über die Sicherheitseinrichtung auf den 100 kV-Hochspannungstransformator gegeben (Bild V1). Die Hochspannung wird durch einen Einweggleichrichter gleichgerichtet, durch eine Kapazität geglättet und der Funkenstrecke zugeführt. Die Wasserwiderstände dienen zur Begrenzung des Stromes beim Durchschlag. Die Hochspannung wird mittels eines ohmschen Spannungsteilers gemessen.

Es stehen zwei Funkenstrecken (Spitze – Platte) zur Verfügung. Eine davon befindet sich in einem evakuierbaren Prüfgefäß. An die Niederspannungselektrode (Platte) dieser Funkenstrecke kann wahlweise ein Pikoampèremeter oder ein 50 Ω Widerstand geschaltet werden. Ersteres dient zur direkten Erfassung des Stromes durch die Funkenstrecke, an dem Widerstand lässt sich eine dem Strom proportionale Spannung abgreifen, die mit einem Oszilloskop betrachtet werden kann. Der parallele Edelgasableiter schützt das jeweilige Messgerät bei einem etwaigen Überschlag oder einer Unterbrechung des Strompfades vor Überspannungen.

Mit der zweiten Funkenstrecke wird die Höhe der Durchschlagspannung bei verschiedenem Abstand zwischen Spitze und Platte bei Atmosphärendruck bestimmt.

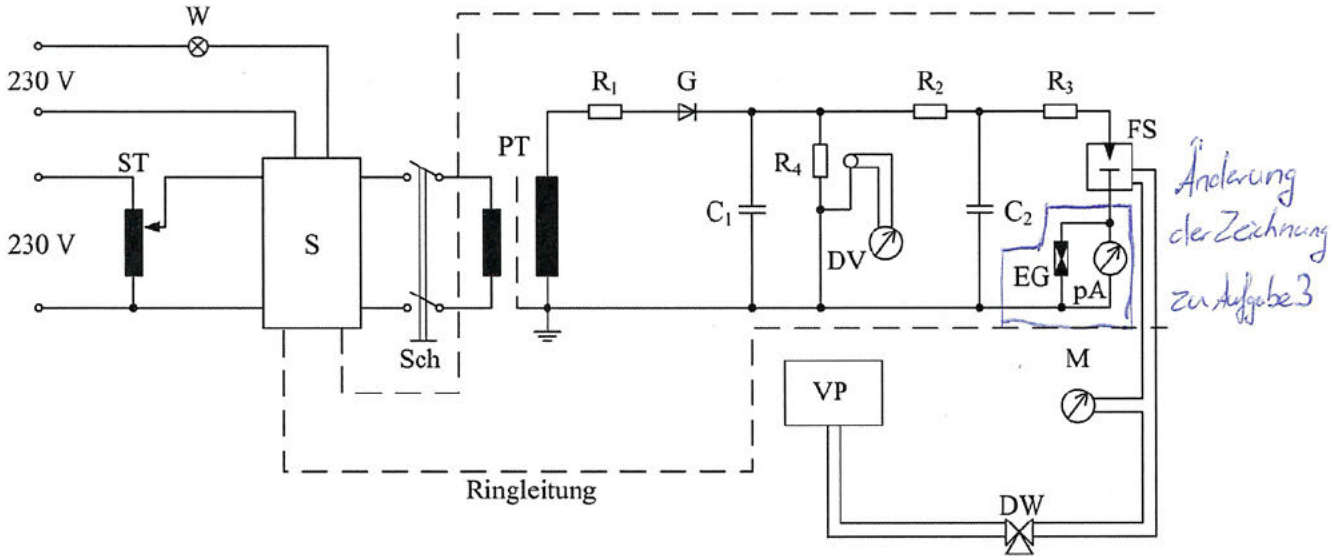


Bild V1: Aufbau der Gasentladungsversuche

S	Sicherheitseinrichtung
ST	Stelltrafo
Sch	Trennschalter
PT	Prüftrafo
G	Gleichrichter
R_1	Wasserwiderstand
R_2	Glättungswiderstand 10 MΩ
R_3	Wasserwiderstand
R_4	Messwiderstand 140 MΩ (mit Messabgriff)
C_1 und C_2	Glättungskondensatoren (C_1 = 1,2 nF; C_2 = 6 nF)
FS	Funkenstrecke
EG	Edelgasableiter
pA	Pikoamperemeter
DV	Digitalvoltmeter
VP	Vakuumpumpe
DW	Dreiweghahn
M	Manometer
W	Warnlampe

2 Strom-Spannungs-Charakteristik einer evakuierbaren Spitze-Platte-Funkenstrecke

Aufgabe:

Ermitteln sie bei der Schlagweite d = 15 mm (fest eingestellt) die Spannung U_m über der Funkenstrecke für den vorgegebenen Strom I_f durch die Funkenstrecke.

Messwerte:

U_m [kV]	3,03	3,53	4,87	5,70
I_f [A]	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$

2.1 Positive Polarität der Spitze, p = 250 mbar

U_m [kV]	3,66	4,25	5,91	6,78
I_f [A]	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$

2.2 Positive Polarität der Spitze, p = 400 mbar

U_m [kV]	-2,22	-2,56	-2,73	-3,43
I_f [A]	$-3 \cdot 10^{-6}$	$-6 \cdot 10^{-6}$	$-1 \cdot 10^{-5}$	$-2 \cdot 10^{-5}$

2.3 Negative Polarität der Spitze, p = 250 mbar

U_m [kV]	-2,90	-3,40	-3,91	-4,78
I_f [A]	$-3 \cdot 10^{-6}$	$-6 \cdot 10^{-6}$	$-1 \cdot 10^{-5}$	$-2 \cdot 10^{-5}$

2.4 Negative Polarität der Spitze, p = 400 mbar

Auswertung / Fragen:

Erläutern Sie, warum bei unterschiedlichem Druck p bei gegebenem Strom die Spannungen U_m sich unterscheiden. Welche Auswirkung hat die Polarität der Spitze?

siehe (1)

3 Trichel-Impulse

Aufgabe:

Ermitteln Sie die Folgefrequenz der Trichel-Impulse bei negativer Polarität der Spitze in Abhängigkeit von der Spannung U_m an der Funkenstrecke. Verwenden Sie den „FastAq"-Modus des Oszilloskopes und triggern Sie auf die negative Flanke. Nutzen Sie die Messmöglichkeiten des Oszilloskops!

- T: Zeit zwischen zwei Trichel-Impulsen
- f: Folgefrequenz der Trichel-Impulse

Messwerte:

U_m [kV]	-2,82	-3,68	-4,26	-4,56
T [µs]	10	5	3	2
f [MHz]	0,14	0,22	0,35	0,47

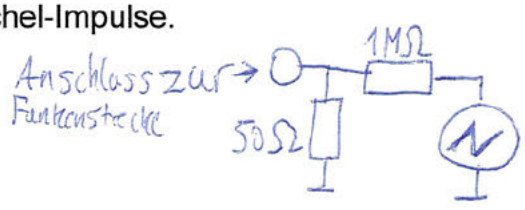
3.1 Negative Polarität der Spitze (50 Ω Abschlusswiderstand): p = 400 mbar

U_m [kV]	-2,60	-3,05	-3,55	-4,01
T [µs]	10	5	3	2
f [MHz]	0,12	0,21	0,34	0,51

3.2 Negative Polarität der Spitze (50 Ω Abschlusswiderstand): p = 300 mbar

Auswertung / Fragen:

Skizzieren Sie die genaue Messschaltung zur Ermittlung der Folgefrequenz der Trichel-Impulse.



Wozu dient der Abschlusswiderstand?

→ siehe (2)

4 Durchschlag in Luft

Aufgabe:

Ermittlung der Durchschlagspannung U_D bei positiver und negativer Polarität der Spitze in Abhängigkeit von der Schlagweite d.

Bitte beachten Sie: Nicht auf den Lichtwellenleiter treten oder diesen knicken.
Die Schlagweite der Funkenstrecke wird über einen Stellmotor und eine außerhalb des Feldes befindliche Steuerung variiert.

Messwerte:

d [mm]	10	20	30	40	50
U_D [kV]	16,2	24,2	29,5	32,0	37,0

4.1 Positive Polarität der Spitze

d [mm]	10	20	30	40	(50)
U_D [kV]	-19,5	-41,1	-61,4	-77,0	-90,0

4.2 Negative Polarität der Spitze

Auswertung / Fragen:

Welches Phänomen konnten Sie beobachten? Erklären Sie kurz und diskutieren anschließend!

Beobachtung: pulsierende Lichtblitze. → Lichtbogen wird unterbrochen, da ionisiertes Gas vom Lichtbogen wegdiffundiert und von nicht ionisiertem Gas ersetzt wird

U_D ist bei negativer Spitze betragsmäßig höher als bei positiver Spitze.

Grund: Bei positiver Spitze: homogenes Feld ⇒ begünstigt Streamer ⇒ Messungen stimmen mit Theorie überein!

5 Durchschläge in Öl und Feststoff

Aufgabe:

Ermittlung der Durchschlagspannung U_D bei dem Transformatoröl Shell Diala D bei einem Elektrodenabstand a und dem Feststoff Transformerboard in Abhängigkeit der Dicke d. Hierzu wurde das Transformerboard nach IEC 60243-1; VDE 0303-21 (Elektrische Durchschlagsfestigkeit von isolierenden Werkstoffen) behandelt: Als Feuchtigkeit absorbierender Werkstoff muss es getrocknet und mit Öl imprägniert werden, bevor es für die Prüfung verwendet werden kann. Als Elektroden werden die jeweils durch die Norm vorgegebenen Elektroden verwendet. Die Pressboardplatte wird dabei zwischen die Elektroden geklemmt, sodass der Elektroden-Abstand der Dicke des Isolierstoffes entspricht. Achten Sie darauf, dass die Platten bzw. das Öl nicht mit den Händen in Berührung kommt, da es zu Absorptionen (durch Fett auf der Haut, Verunreinigungen, etc.) und Verfälschungen der Messergebnisse kommen kann. Verwenden Sie eine Pinzette, um die Pressboardprüflinge in das Ölbad zu geben. Geprüft wird mit dem Ölprüfgerät Dieltest der Firma Baur mit einer automatischen Spannungssteigerung von 2 kV/s.

Messwerte:

Geben Sie die ermittelten Durchschlagsspannungen U_D aus 3 Messungen pro Probe an.

Werte	Isolieröl Shell Diala D		mit Transformerboard	
	$a = 2{,}5\ mm$	$a = 0{,}5\ mm$	$d = a = 0{,}5\ mm$ nicht imprägniert	$d = a = 0{,}25\ mm$ imprägniert
$U_{D,1}$ [kV]	26,7	13,8	12,4	12,7
$U_{D,2}$ [kV]	23,6	11,6	9,9	9,3
$U_{D,3}$ [kV]	23,6	12,6	9,7	13,9
				17,7

5.1 Messwerte Durchschläge

Auswertung:

Diskutieren Sie die Messergebnisse des Versuchs.

→ siehe (3)

(1)

Mit steigendem Druck muss die Spannung höher gewählt werden, damit es zur gleichen Anzahl an Durchschlägen kommt.

Grund: $p \uparrow \Rightarrow$ mittlere freie Weglänge $\downarrow \Rightarrow U$ bzw E muss höher gewählt werden, damit auf der kurzen freie Weglänge die kinetische Energie aufbringt.

vgl. Paschen: $p \uparrow$, $d =$ const $\Rightarrow U_z \uparrow$

Bei negativer Spitze tritt die Durchschlägen bereits bei betragsmäßig geringer Spannungen auf.

Grund: Negative Spitze: Elektronen werden durch das E-Feld zur positiven Platte beschleunigt. [Bei positiver Spitze werden die Kationen transportiert.]

Elektronen viel beweglicher als Kationen $\Rightarrow$ freie Weglänge höher $\Rightarrow$ [geringere Spannung reicht aus. [betragsmäßig

(2)

Damit wird verhindert, dass hohe Spannungen am Innern der BNC Leitung anliegt, falls das Oszilloskop fälschlicherweise auf 1 MΩ eingestellt wird. Ansonsten Gefahr von Spannungsverschleppung!

(3)

- Mit nicht imprägniertem Transformerboard ist Durchschlagspannung geringer als bei Öl. $\rightarrow$ nicht vorteilhaft.
- Bei Transformerboard sinkt die Durchschlagsspannung mit jedem Durchschlag weiter, das ist beim Öl nicht der Fall. Grund: nach Durchschlag ist Fehlerstelle im Board $\Rightarrow$ nächster Durchschlag geht leichter wieder durch.

- Imprägniertes Band hat wesentlich höhere Durchschlagsspannung als Öl oder nicht imprägniertes Band ⇒ sehr vorteilhaft.
  [Bsp: In unserem Versuch starke Streuung, da viel Luftlage in Laufe der Versuche unterschiedliche Einschlagstelle gewählt hat].

- Bei Öl: niedrigere Durchschlagsspannung bei kleinem d.
  Grund: $E = \frac{U}{d} \Rightarrow$ Kritisches E-Feld wird früher erreicht.