

Vorgang beim Ausschalten eines induktiven Stromes

Das Prinzipschema des induktiven Stromkreises ist in Fig. 1 wiedergegeben. Die darin angegebenen Ströme und Spannungen nehmen beim Ausschalten des Schalters den in Fig. 2 dargestellten Verlauf.

Beim geschlossenen Schalter sind Strom und Spannung um  $90^\circ$  phasenverschoben (Strom eilt nach). Die ganze Spannung liegt an der Induktivität (Drossel), es ist  $u_{Dr} = u$  und  $u_{Sch} = 0$ .

Im Endzustand nach dem Öffnen des Schalters sind der Strom in der Drossel und die Spannung an der Drossel Null und die ganze Spannung  $u$  liegt am Schalter.

Öffnen sich die Schalterkontakte im Zeitmoment A, so entsteht am Schalter eine relativ kleine Lichtbogenspannung, die mit zunehmender Kontaktdistanz ansteigt. Wenn der Strom im Laufe der Sinuskurve seinem Nulldurchgang zustrebt und auf einen Wert  $i_A$  (von wenigen Ampères) abgesunken ist, wird der Lichtbogen instabil und reisst im Zeitpunkt B ab. Der Strom im Schalter wird plötzlich Null, d.h. der in der Induktivität noch vorhandene Strom wird vom Schalter auf die zu ihm parallel liegende Kapazität C (Kapazität von Verbindungskabel, Trafoklemme u.a.) kommutiert. Die magnetische Energie  $\frac{1}{2} i^2 L$  der Induktivität  $L$  wird dabei in die elektrische Energie  $\frac{1}{2} u^2 C$  der Kapazität  $C$  umgewandelt. Dabei entsteht an der Kapazität und am Schalter die Spannungsspitze  $u_L = \sqrt{L/C} \cdot i_A$ , die als Löschspitze bezeichnet wird.

Anschliessend muss die Spannung am Schalter auf die stationäre Wechselspannung  $u$  einschwingen. Man bezeichnet die am Schalter nach der Lichtbogenlöschung auftretende Spannung als "wiederkehrende Spannung" und den Einschwingvorgang als "transiente wiederkehrende Spannung". Im allgemeinen ist die erste Amplitude des Einschwingvorganges die höchste am Schalter auftretende Spannung, in Ausnahmefällen kann dies auch die Löschspitze sein.

Der Vorgang kann durch sog. Wiederzündungen im Schalter modifiziert sein. Wiederzündungen sind Durchschläge zwischen den Schalterkontakten, die unter dem Einfluss der am Schalter ansteigenden Spannung auftreten. Durch sie wird der Lichtbogen erneut gezündet, er reisst aber im allgemeinen nach dem Entladen der Kapazität C sofort wieder ab. Das Spiel kann sich dann mehrmals wiederholen.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel, bei dem bereits im Anstieg zur Löschs Spitze die Wiederzündung erfolgt. Nach jeder Wiederzündung ist der Abreissstrom etwas kleiner und der nach dem Stromabreissen erfolgende Wiederanstieg der Spannung etwas flacher. Die schliesslich auftretende Löschs Spitze - und damit auch der anschliessende Einschwingvorgang - ist damit wesentlich kleiner als wenn nach dem ersten Stromabreissen keine Wiederzündungen erfolgt wären. Die Wiederzündungen können somit die auftretenden Ueberspannungen begrenzen.

Ist im Moment des Stromnulldurchganges die volle Kontaktdistanz des Schalters noch nicht erreicht, so kann der Vorgang auch gemäss Fig. 4 ablaufen. Hier erfolgen beim Einschwingen der wiederkehrenden Spannung nach dem Stromnulldurchgang weitere Wiederzündungen. Der Strom ist dann nach jeder Wiederzündung etwas grösser und wird schliesslich nicht mehr abreissen. Der Lichtbogen brennt dann bis zum nächsten Stromnulldurchgang weiter.

Zürich, 7.4.1977

V

Fig. 1

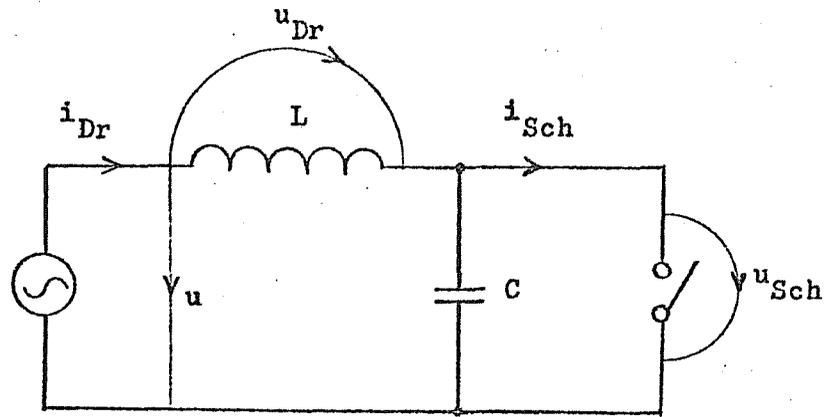


Fig. 2

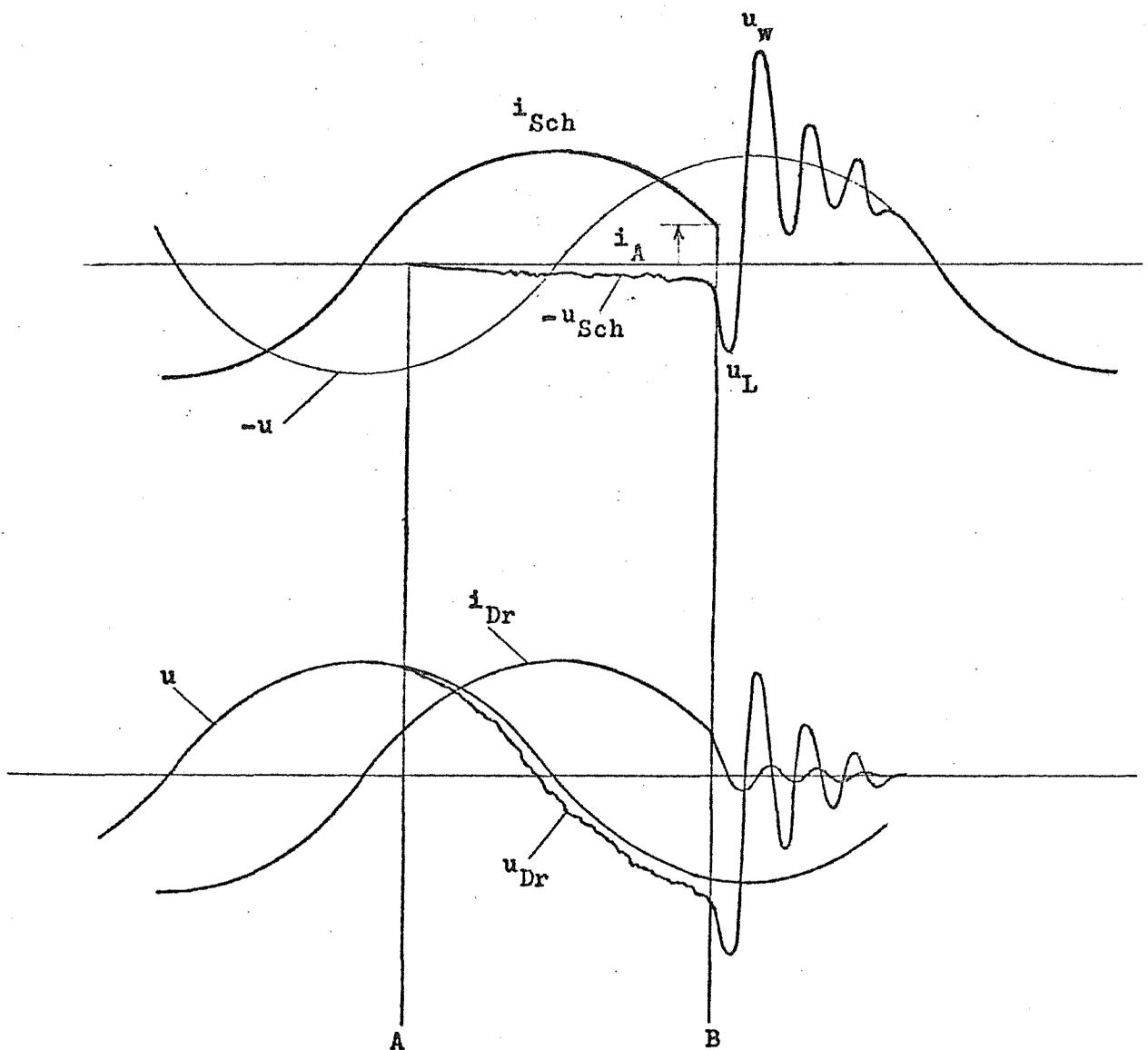


FIG. 3

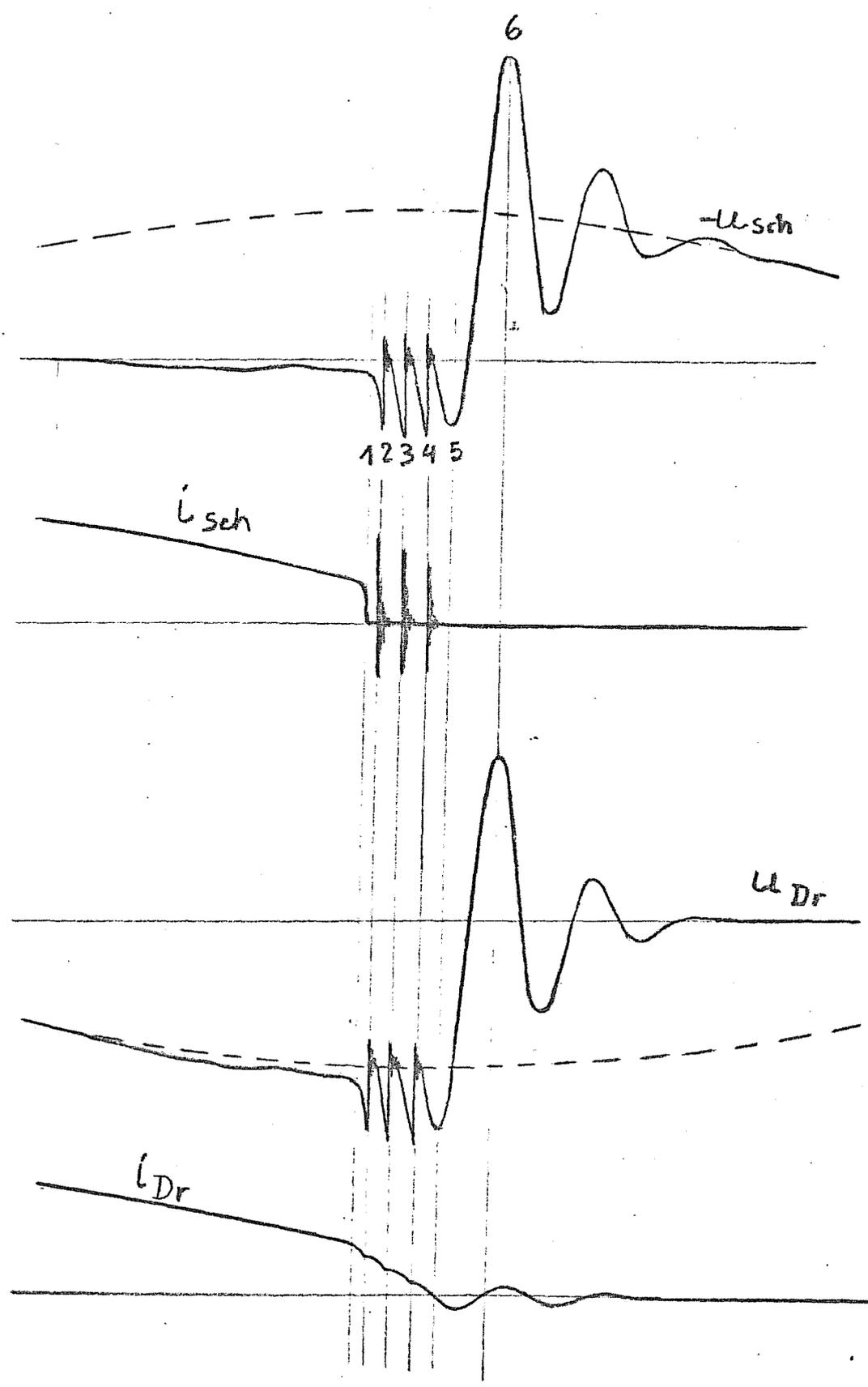


Fig. 4

