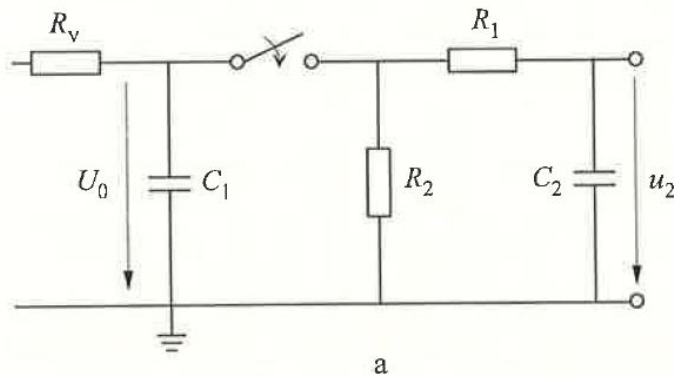


MARXIN SYÖKSYJÄNNITEGENERAATTORI

Kondensaattori C_1 varataan tasajännitteeseen U_0 . Kytkenä käytetään pallokipinäväliä, joka sytytetään esim. nostamalla jännite riittävän suureksi, jolloin ilman läpilyöntilujuus kipinävälissä ylittyy. Kondensaattorin C_1 varaus jakautuu nopeasti sen ja kuormituspiirin kapasitanssin C_2 kesken. Tämän tasoitusvaiheen aikana jännite u_2 nousee piirin aikavakion (RC-piiri) mukaisesti. Tasoitusvaiheen jälkeen alkaa purkausvaihe, jolloin piiriin varastoitunut energia muuttuu lämmöksi piirin vastuksissa.

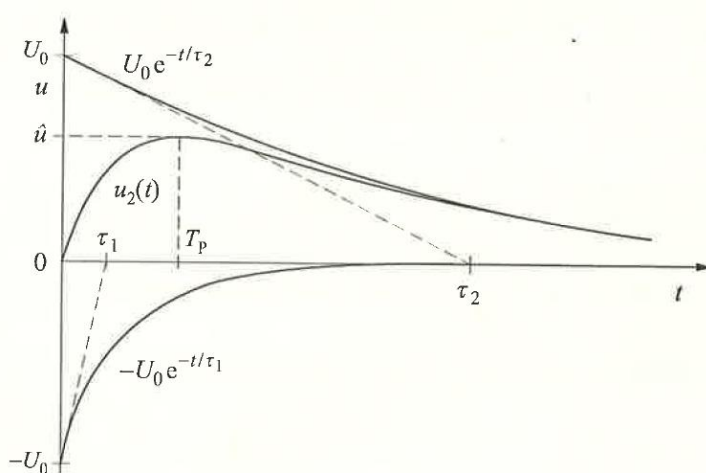


Kuva 1. Yksiportaisen kytkennän kaavio.

$$u_2(t) = \frac{U_0}{R_1 C_2} \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_2 - \tau_1} \left(e^{-t/\tau_2} - e^{-t/\tau_1} \right)$$

$$\tau_1 \approx R_1 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

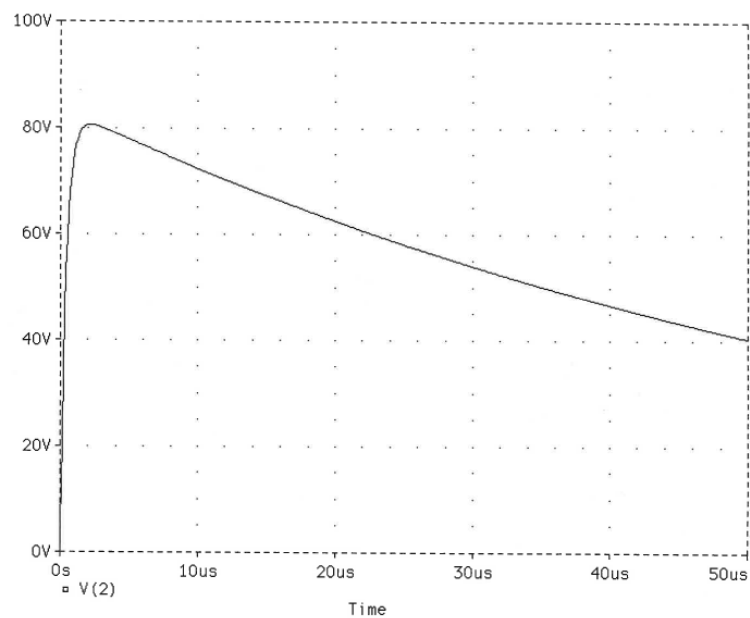
$$\tau_2 \approx R_2 (C_1 + C_2)$$



Kuva 2. Jännitepulssin muoto.



Kuva 3. Laboratorion kaksiportainen kytkentä. Koekappale on keskijänniteverkon eristin.



Kuva 4. Standardin mukaisen syöksyjännitteen muoto (aika-asteikolla u pitäisi olla μ).

Selitykset: Jännite nousee huippuarvoonsa 1,2 mikrosekunnissa.

Jännite putoaa puoleen huippuarvosta 50 mikrosekunnissa.

Syöksy- ja kytkentäjännitteiden synnyttäminen

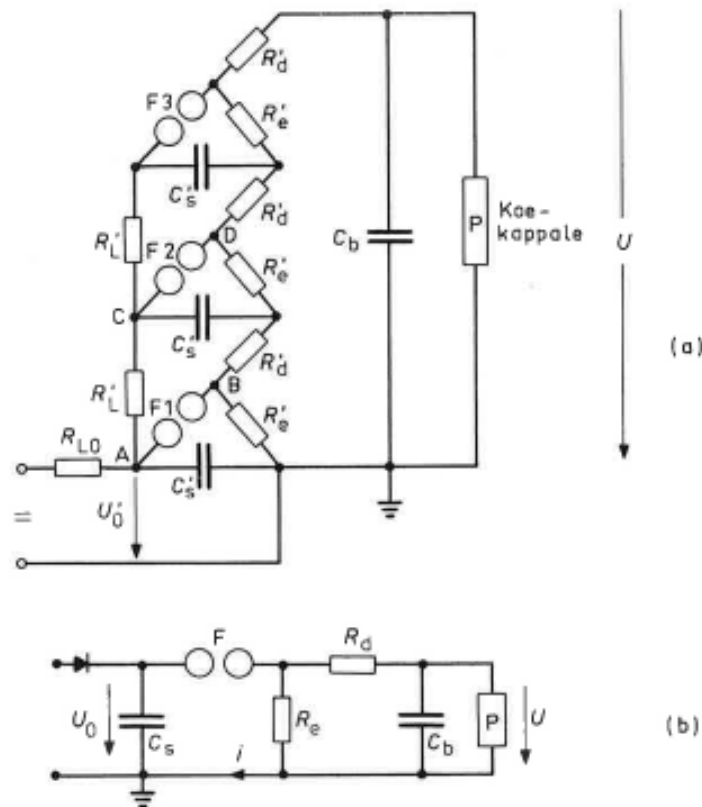
Syöksy- ja kytkentäjännitteiden synnyttämiseen käytetään tavallisimmin ns. Marxin moninkertaistamiskytkentää, jota esittää kolmiportaisena kuva 8.56. Kuvaan on piirretty myös generaattorin yksiportainen sijaiskytkentä. Kuvien merkintöjä noudattaen pätee

$$C_s = \frac{1}{n} C'_s \quad (8.28a)$$

$$R_i = n R'_i, \quad i = d, e \quad (8.28b)$$

$$U_0 = n U'_0 \quad (8.28c)$$

n = portaiden lukumäärä.



Kuva 8.56. Esimerkki syöksyjännitegeneraattorista (a) ja sen yksiportaisesta sijaiskytkennästä (b), (Marxin moninkertaistamiskytkentä).

Syöksyjännitegeneraattorin olennaisimman osan muodostavat syöksykondensaattorit C'_s . Ne varataan rinnakkain varausvastusten R'_L kautta tasasuuntaamalla muuntajasta saatava vaihtojännite. Varaaminen tapahtuu riittävän hitaasti, jotta kunkin portaan yli vaikuttavien jännitteiden välille ei pääsisi syntymään kovin suuria eroja. Kun syöksykondensaattorin C'_s jännite on noussut kytkentäkipinävälin F1 syttymistä vastaavaan arvoon, kipinävälissä tapahtuu läpilyönti. Muut kipinävälit F2:sta ylöspäin on aseteltu vähän suuremmalle jännitteelle, jotta syttyminen alkaisi varmasti ensimmäisestä kipinävälisestä. Kipinävälin F1 syttyessä pisteiden B ja C potentiaalit nousevat. Piste C potentiaali nousee lähes arvolla U'_0 , piste D taas pysyy maan potentialissa. Näin ollen kipinäväliin F2 vaikuttava jännite nousee arvosta U'_0 ja siinäkin tapahtuu läpilyönti. Näin syttyminen etenee portaasta toiseen. Generaattorin toiminnan perusajatuksena on siten syöksykondensaattoreiden varaaminen rinnakkain ja niiden purkaminen sarjassa kipinävälien kautta.

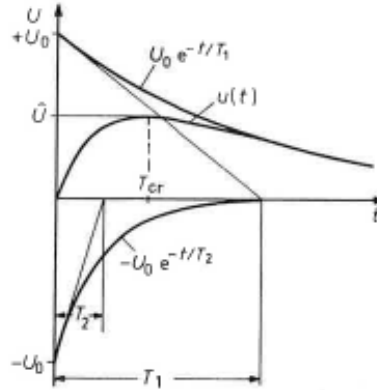
Syttymisilmiön vaikutuksesta kuormituskondensaattori C_b alkaa varautua. Varautumisnopeuden määräävät pääasiassa vaimennusvastukset R'_d . Varautumisnopeus vaikut-

taa ensi sijassa syntyvän jännitepulssin rinnan nousunopeuteen. Purkausvastukset R_c' taas vaikuttavat jännitteen laskunopeuteen pulssin selkäosalla.

Generaattorista saatavalle jännitepulssille voidaan yksiportaisen sijaiskytkennän avulla ja esim. Laplace-muunnosta käyttäen helpohkosti johtaa lauseke

$$u(t) = \frac{U_0}{R_d C_b} \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} (e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}). \quad (8.29)$$

Jännitepulssi muodostuu siten kahden eksponenttifunktion summana, mikä on esitetty myös kuvassa 8.58.



Kuva 8.58. Syöksyjännitegeneraattorista saatava pulssi.

Kun useimmissa tapauksissa pätee

$$R_c C_s \gg R_d C_b, \quad (8.30)$$

saadaan aikavakioille T_1 ja T_2 lausekkeet

$$T_1 \approx R_c (C_s + C_b) \quad (8.31)$$

$$T_2 \approx R_d \frac{C_s C_b}{C_s + C_b}. \quad (8.32)$$

Pulssi saavuttaa huippuarvonsa hetkellä

$$T_{cr} = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln T_1 / T_2, \quad (8.33)$$

jolloin

$$U_{max} \approx \eta U_0 \quad (8.34)$$

$$\eta \triangleq \text{jännitehyötysuhde} = \frac{C_s}{C_s + C_b} \exp \left(\frac{T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \right). \quad (8.35)$$

Yhtälöitä (8.30...8.35) sovellettaessa on huomattava, että kockappale (eristysrakenne) käyttäytyy yleensä kapasitiivisesti. Sen kapasitanssi C_p kytkeytyy kuormituskondensaattorin kapasitanssin kanssa rinnakkain, ts. esitetyissä yhtälöissä C_b on korvattava lausekkeella $C_b + C_p$.

Edellä esitetyn perusteella jännitepulssin muotoa voidaan säädellä lähinnä vaimennusvastusten R_d' , purkausvastusten R_c' ja kuormituskondensaattorin kapasitanssin C_b arvoja muuttelemalla. Lähinnä vaimennusvastuksen arvoa voimakkaasti suurentamalla voidaan syöksyjännitekoestuspiiristä saada kytkentäjännitekoestuspiiri. Jännitehyötysuhde alenee kuitenkin tällöin huomattavasti.

Suurimmilla rakennetuilla syöksyjännitegeneraattoreilla voidaan aikaansaada muutaman MV:n suuruisia syöksyjännitepulssseja. Generaattorin energia on muutaman 100 kW:n suuruusluokkaa. Yhden portaalan varausjännite on tällöin n. 100...300 kV. Saavutettavat jännitehyötysuhteet liikkuvat vaimennuksen suuruudesta riippuen alueella $\eta = 0,6 \dots 0,9$.

Marxin monikertaistamiskytkentää käytetään erityisesti suurten syöksy- ja kytkentäjännitepulssien synnyttämiseen. Koska pitkällä rinnan kestoajoilla jännitehyötysuhde laskee, käytetään kytkentäjännitepulssien aikaansaantiin myös koestusmuuntajia (ns. 1-cos-värähtely).