

Άσκηση 3

Ρύθμιση τάσης στο τέλος γραμμής μεταφοράς με χρήση πυκνωτών.

Φασική γωνία και φασική πτώση τάσης σε μία απλή γραμμή μεταφοράς.

Αντικείμενο

- Ρύθμιση της τάσης στο τέλος της γραμμής μεταφοράς με χρήση πυκνωτών.
- Παρατήρηση της φασικής γωνίας μεταξύ της τάσης αναχώρησης και της τάσης άφιξης της γραμμής.
- Παρατήρηση της φασικής πτώσης τάσης κατά μήκος της γραμμής. Τι συμβαίνει με την πτώση τάσης όταν οι τάσεις στα δύο άκρα της γραμμής έχουν ίσα μέτρα.

Ρύθμιση της τάσης στο τέλος της γραμμής μεταφοράς με χρήση πυκνωτών.

- Από τις μετρήσεις που ελήφθησαν στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συμπεράσματα:

(1)	3φ R φορτίο	$U_r \downarrow$
(2)	3φ L φορτίο	$U_r \downarrow\downarrow$
(3)	3φ RL φορτίο	$U_r \downarrow\downarrow\downarrow$
(4)	3φ C φορτίο	$U_r \uparrow\uparrow\uparrow$

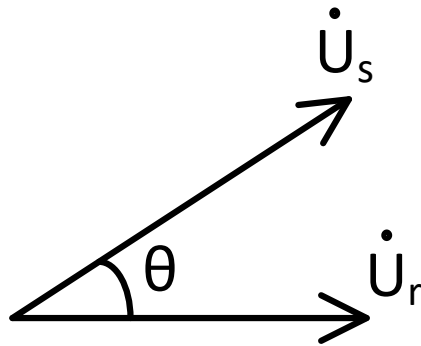
- Για τις ηλεκτρικές συσκευές απαιτείται σταθερή τάση λειτουργίας, επομένως η τάση στο τέλος μιας γραμμής μεταφοράς πρέπει να ρυθμίζεται, έτσι ώστε να παραμένει σε αποδεκτά επίπεδα, ανεξάρτητα από τις συνθήκες φόρτισης της γραμμής.

- Ένας τρόπος ρύθμισης της τάσης στο τέλος μιας γραμμής μεταφοράς είναι η σύνδεση στατών αντισταθμιστών αέργου ισχύος. Μπορεί να περιλαμβάνουν:
 - Πυκνωτές με μηχανικούς διακόπτες. (Αντισταθμίζουν την άεργο στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας. Μπορούν να συνδέονται και να αποσυνδέονται μόνο μερικές φορές την ημέρα.)
 - Πυκνωτές με ημιαγωγικούς διακόπτες ισχύος.
 - Πλεονεκτήματα για το δίκτυο μεταφοράς:
 - ✓ Σταθεροποιούν την τάση στο άκρο λήψης της γραμμής υπό διάφορες συνθήκες φόρτισης.
 - ✓ Μειώνουν τις απώλειες στη γραμμή.
 - ✓ Αυξάνουν τη δυνατότητα μεταφοράς περιορίζοντας την ανάγκη για νέες γραμμές.
- κλπ.

- Αν η γραμμή τροφοδοτεί καθαρά επαγωγικό συμμετρικό φορτίο, αρκεί να συνδεθούν πυκνωτές που να παράγουν άεργο ίση με αυτή που απορροφά το φορτίο.
- Στην παρούσα άσκηση η γραμμή τροφοδοτεί καθαρά ωμικό συμμετρικό φορτίο και η άεργος ισχύς που πρέπει να παράγουν οι πυκνωτές θα προσδιοριστεί με δοκιμές έτσι ώστε η τάση στο τέλος της γραμμής να γίνει ίση με την τάση στην αρχή.

Παρατήρηση της φασικής γωνίας μεταξύ της τάσης αναχώρησης και της τάσης άφιξης της γραμμής.

- Στο μιγαδικό διάγραμμα το \dot{U}_r πάντα τοποθετείται στον οριζόντιο άξονα, δηλαδή χρησιμοποιείται ως τάση αναφοράς με γωνία 0° .



- Επομένως οι μιγαδικές αναπαραστάσεις της τάσης αναχώρησης και της τάσης άφιξης της γραμμής είναι $\dot{U}_s = U_s \angle \theta$ και $\dot{U}_r = U_r \angle 0$ αντίστοιχα.
- Στην άσκηση αυτή χρησιμοποιείται ο μετρητής γωνίας φάσης για τη μέτρηση της γωνίας μεταξύ των $\dot{U}_{s,\pi}$, $\dot{U}_{r,\pi}$.
- Η γωνία αυτή λέγεται **φασική γωνία** ή **γωνία ισχύος**.

Παρατήρηση της φασικής πτώσης τάσης κατά μήκος της γραμμής όταν οι τάσεις στα άκρα της έχουν ίδιο μέτρο.

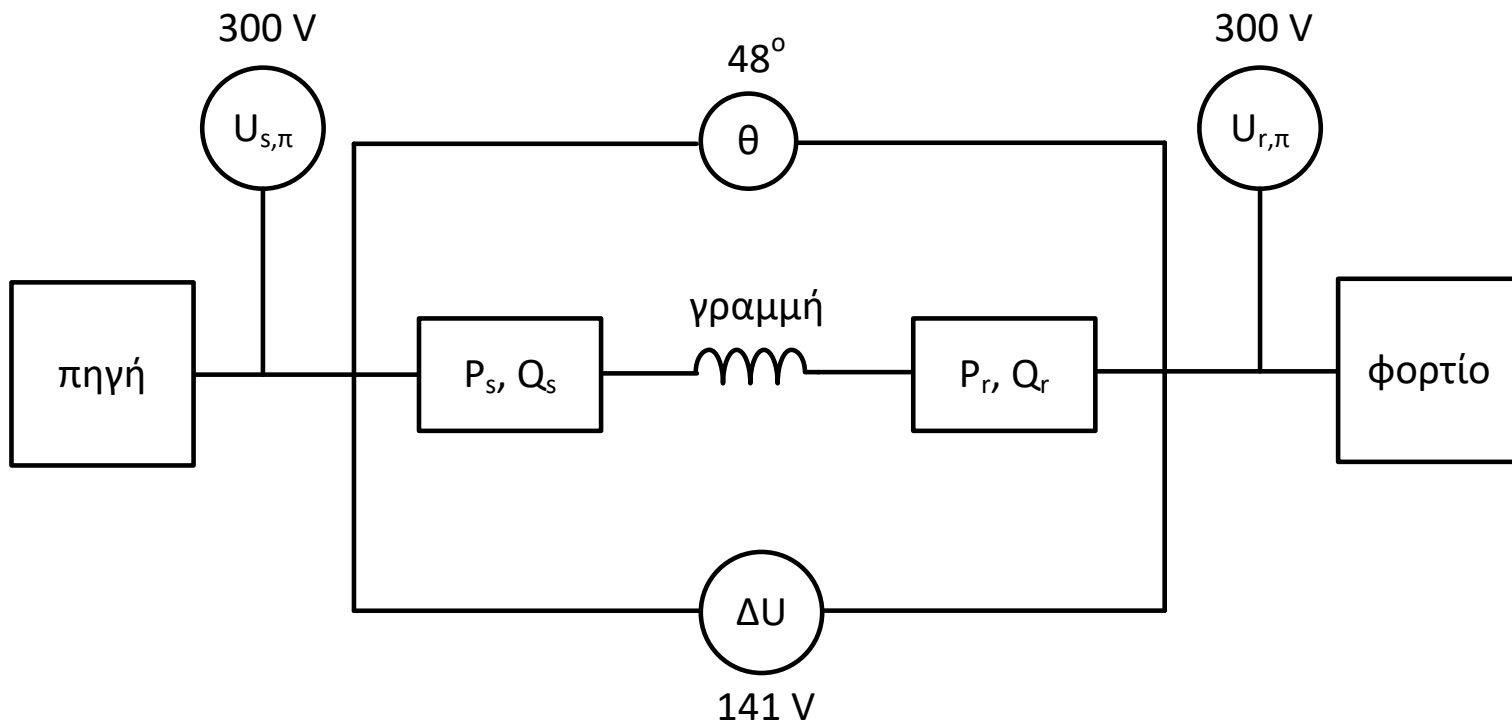
- Η φασική μιγαδική πτώση τάσης είναι:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_s - \dot{U}_r = \frac{\dot{U}_{s,\pi}}{\sqrt{3}} - \frac{\dot{U}_{r,\pi}}{\sqrt{3}}$$

- Θα παρατηρήσουμε ότι κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς υπάρχει πτώση τάσης ακόμη και όταν $|\dot{U}_{s,\pi}| = |\dot{U}_{r,\pi}|$.
- Αυτή η πτώση τάσης οφείλεται στη φασική γωνία.

Παράδειγμα

- Θεωρούμε το παρακάτω κύκλωμα. Δίνονται οι ενδείξεις των οργάνων.

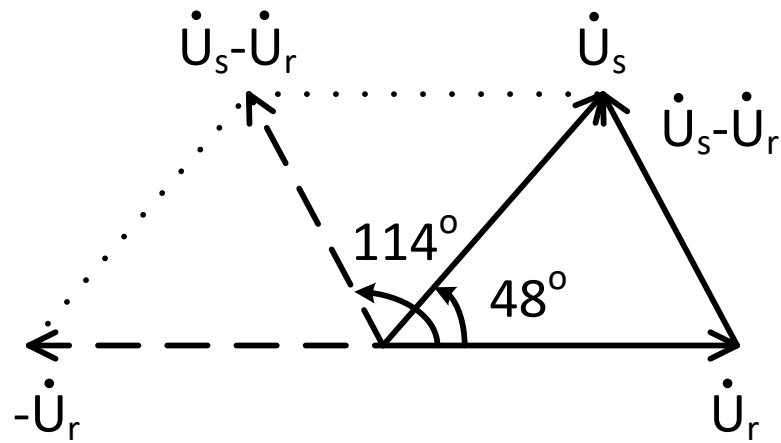


- Η φασική πτώση τάσης επαληθεύεται ότι είναι:

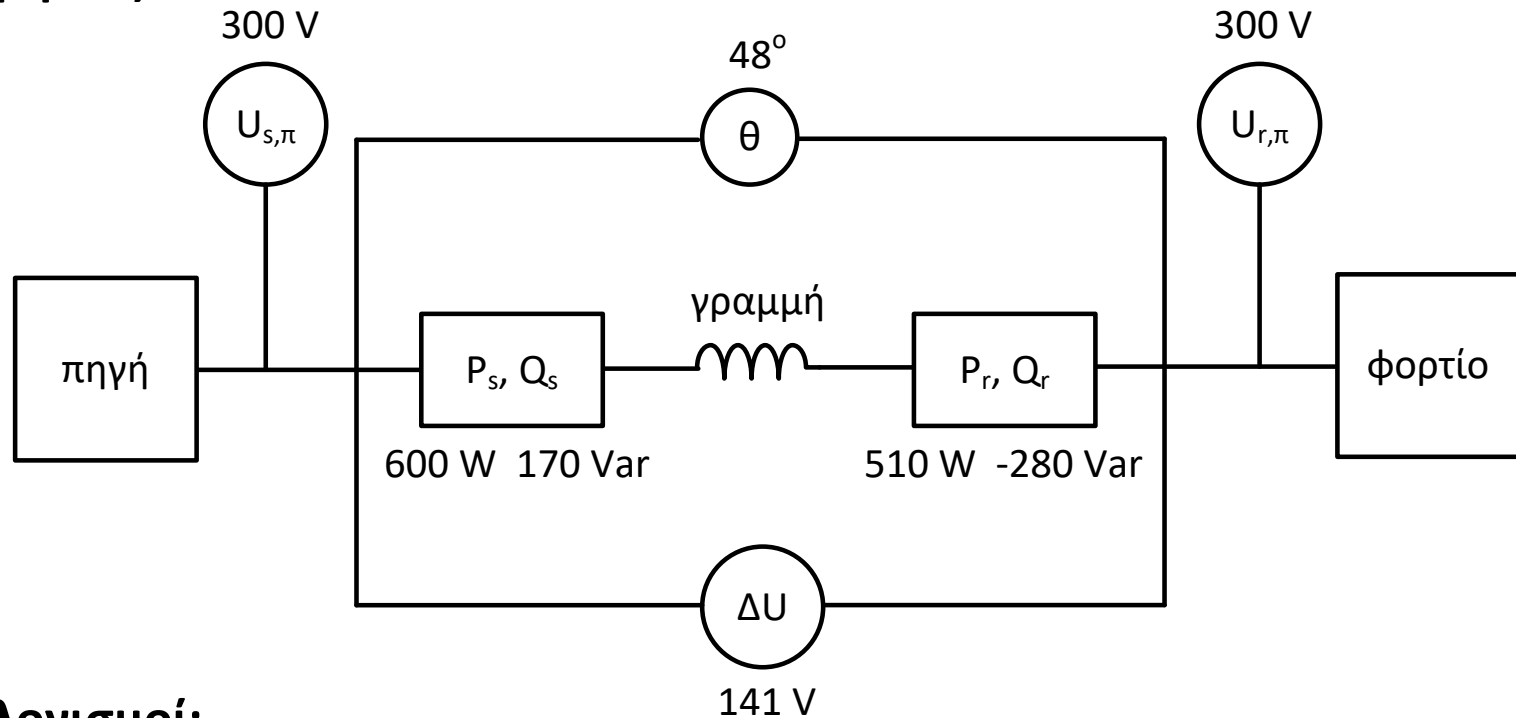
$$\begin{aligned}\dot{U}_s - \dot{U}_r &= \frac{300}{\sqrt{3}} \angle 48^\circ - \frac{300}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = \frac{300}{\sqrt{3}} \cos 48^\circ + j \frac{300}{\sqrt{3}} \sin 48^\circ - \frac{300}{\sqrt{3}} \\ &= 140.88 \angle 114^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

Συμπεραίνουμε ότι:

- Υπάρχει φασική πτώση τάσης, αν και $|\dot{U}_{s,\pi}| = |\dot{U}_{r,\pi}|$.
- Η φασική πτώση τάσης οφείλεται στη φασική γωνία. Πράγματι:



Μετρήσεις:



Υπολογισμοί:

Η ενεργός και η άεργος ισχύς που απορροφά η γραμμή είναι:

$$P_\gamma = 600 - 510 = 90 \text{ W} = 3I^2 R$$

$$Q_\gamma = 170 - (-280) = 450 \text{ Var} = 3I^2 X_L$$

Τα R, X_L είναι η ωμική αντίσταση και η επαγωγική αντίδραση της γραμμής μεταφοράς σε Ω ανά φάση. Η χωρητικότητα δεν έχει ληφθεί υπόψη.

- Η φαινομένη ισχύς ανά φάση είναι:

$$S_{\gamma} = \sqrt{P_{\gamma}^2 + Q_{\gamma}^2} = \sqrt{90^2 + 450^2} = 459 \text{ VA}$$

- Το ρεύμα της γραμμής είναι:

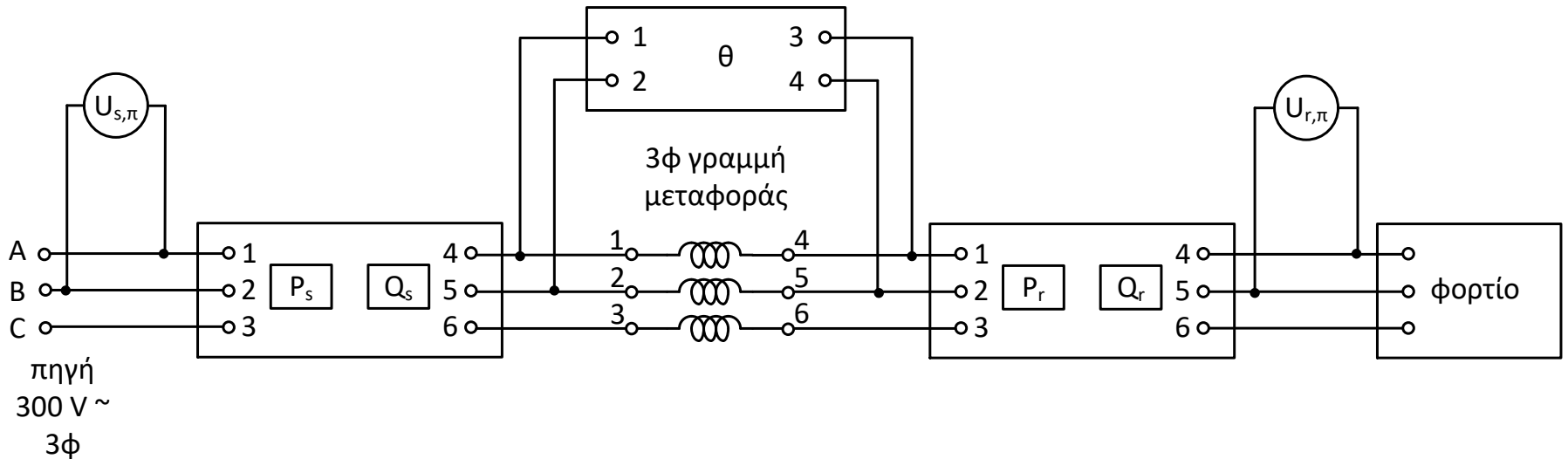
$$I = \frac{S_{\gamma}}{3\Delta U} = 1.1 \text{ A}$$

- Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, δεν χρειάζονται αμπερόμετρα. Αρκούν βολτόμετρα και μετρητές ισχύος για να βρούμε όλα τα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν.
- Στην πράξη η γωνία θ διατηρείται μικρή (2 έως 5°), οπότε έχουμε μικρές πτώσεις τάσης. Στο παράδειγμα ήταν 48° και γι' αυτό τελικά η πτώση τάσης ήταν υπερβολικά μεγάλη (141 V).
- Η θ εξαρτάται από το φορτίο. Γενικά:

Φορτίο \uparrow , $\Delta U \uparrow$, $\theta \uparrow$ και αντιστρόφως.

Πειραματική διαδικασία

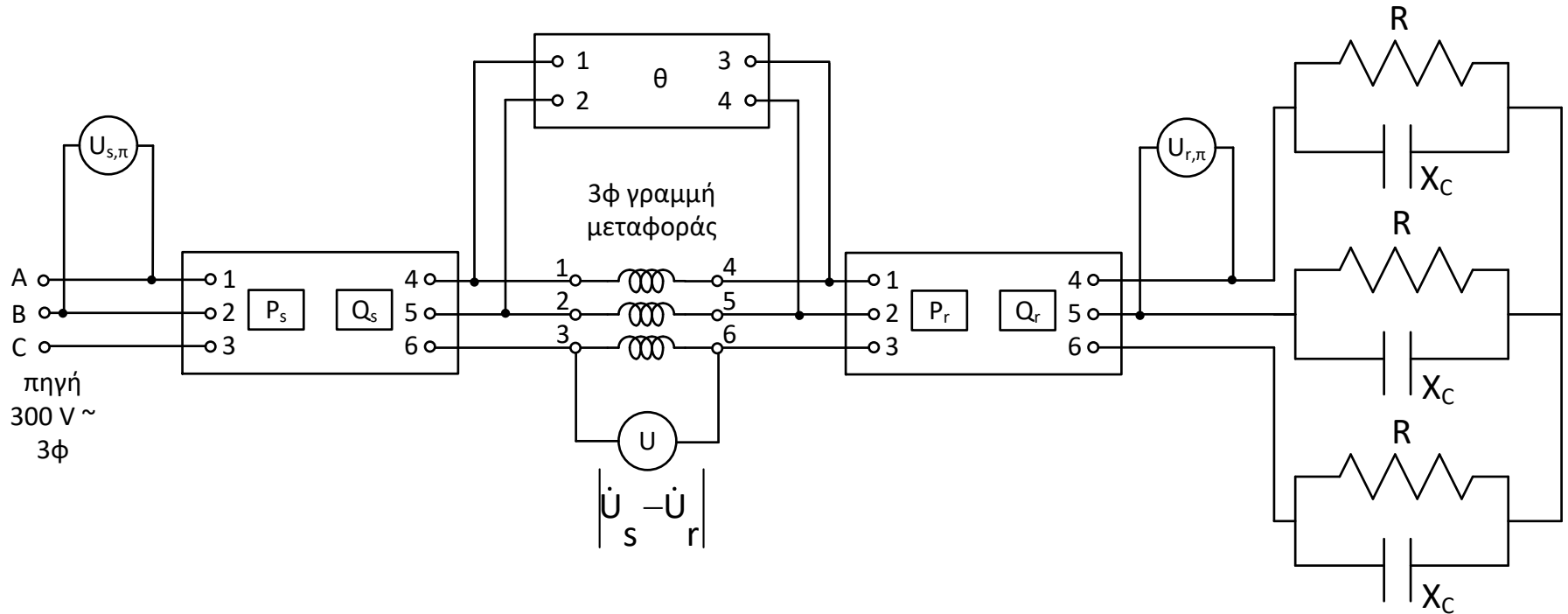
- Συνδέουμε το κύκλωμα:



- Επιλέγουμε γραμμή 100 km και ωμικό φορτίο.
- Η τάση τροφοδοσίας διατηρείται σταθερή.
- Αυξάνουμε το ωμικό φορτίο σε βήματα και μετράμε τα μεγέθη του πίνακα 3.1.

Πειραματική διαδικασία

- Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία συνδέοντας επιπλέον στατούς πυκνωτές παράλληλα στο φορτίο.



- Με τη βοήθεια των πυκνωτών αυτών ρυθμίζουμε κάθε φορά την τάση $U_{r,\pi}$ στο φορτίο ώστε να είναι κοντά στην τάση στην αρχή της γραμμής. Πρέπει σε κάθε περίπτωση να διατηρούμε τις φάσεις συμμετρικές. Συμπληρώνουμε τον πίνακα 3.2.

- Μπορεί να παρατηρηθεί η αύξηση του P_r που απορροφάται από το φορτίο όταν συνδέεται παράλληλα πυκνωτής.
- Ζητούνται επίσης:
 - Να σχεδιαστούν οι $U_{r,\pi} = f(P_r)$ (α) χωρίς πυκνωτή, (β) με πυκνωτή, στο ίδιο διάγραμμα.
 - Να γίνει επαλήθευση των αποτελεσμάτων για την περίπτωση της τελευταίας γραμμής του πίνακα 3.2. Με τη βοήθεια της θεωρίας να επαληθευτεί η τιμή της φασικής πτώσης τάσης και να υπολογιστούν το ρεύμα της γραμμής ανά φάση, καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς που απορροφά η γραμμή.