

Ανατρεπόμενα θυροφράγματα ασφαλείας (Fusegate) σε υπερχειλιστές φραγμάτων

Α.Γ. Καγιαννάς

Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, ΡΕΗΚΑΠ Α.Ε.

Ι.Π. Στεφανάκος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ

Λέξεις κλειδιά: Ανατρεπόμενα θυροφράγματα, Fusegate, Υπερχειλιστής, Αύξηση χωρητικότητας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά το σύστημα ανατρεπομένων θυροφραγμάτων ασφαλείας Fusegate. Τα στοιχεία Fusegate εγκαθίστανται κατά μήκος της στέψης του υπερχειλιστή και σχηματίζουν ένα στεγανό διάφραγμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις το νερό υπερχειλίζει πάνω από τα στοιχεία Fusegate. Στην περίπτωση εξαιρετικά μεγάλης πλημμύρας, το νερό εισχωρεί στον θάλαμο κάτω από τα στοιχεία Fusegate και η άνωση προκαλεί την ανατροπή τους. Εφόσον συνεχίζεται η αυξημένη εισροή στον ταμιευτήρα ανατρέπονται διαδοχικά και με προεπιλεγμένη σειρά και άλλα στοιχεία Fusegate διευρύνοντας το άνοιγμα απορροής. Πριν το νερό φθάσει στην επιλεγείσα μέγιστη στάθμη πλημμύρας θα έχουν ανατραπεί όλα τα στοιχεία Fusegate και η υπερχειλίση γίνεται ελεύθερα από όλο το διαθέσιμο άνοιγμα του υπερχειλιστή. Το σύστημα έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία σε εκατοντάδες έργα ανά τον κόσμο για πάνω από δεκαπέντε χρόνια. Έχει προταθεί η εγκατάστασή του στο Υδροηλεκτρικό Έργο Καστρακίου της ΔΕΗ, για το οποίο έχουν μελετηθεί σε λεπτομέρεια τα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία και οφέλη. Σε τρία με τέσσερα ακόμη, ήδη σε λειτουργία φράγματα της ΔΕΗ, εκτιμάται ότι το σύστημα θα μπορούσε να εγκατασταθεί με σημαντικά οφέλη. Επίσης το σύστημα πρόκειται να εγκατασταθεί στις αρχές του 2009 σε μικρό υδροηλεκτρικό έργο στον ποταμό Αχελώο.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία των ελεύθερα επικαθήμενων θυροφραγμάτων, ή ευρέως γνωστών ως Fusegates, είναι η πλέον αξιόπιστη τεχνολογία ελέγχου πλημμυρών και αύξησης της χωρητικότητας ταμιευτήρων παγκοσμίως, καθώς δεν βασίζεται σε κανένος είδους ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό ή σε ανθρώπινο χειρισμό για τη λειτουργία της. Αντιθέτως, το σύστημα αυτό εκμεταλλεύεται τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας για την αποφόρτισή της.

Η λειτουργία τους είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να μη δημιουργηθεί κίνδυνος στην ασφάλεια του φράγματος σε περίπτωση ακραίων συνθηκών πλημμύρας. Επιπλέον, αποτελεί την πλέον ασφαλή παρέμβαση σε υπερχειλιστή αφού οι εργασίες που απαιτούνται για την εγκατάσταση των συγκεκριμένων κατασκευών είναι επιφανειακές και δεν επηρεάζουν τη δομή του υπερχειλιστή. Ουσιαστικά το σύστημα αποτελεί τη χρυσή τομή μεταξύ των οφελών που έχει ο ελεύθερος υπερχειλιστής και τα μηχανικά συστήματα ελέγχου πλημμυρών, όπως τοξωτά ή επίπεδα θυροφράγματα. Η τεχνολογία είναι ευρέως διαδεδομένη εδώ και πάνω από 15 χρόνια σε ολόκληρο τον κόσμο.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.1 Λειτουργία συστήματος

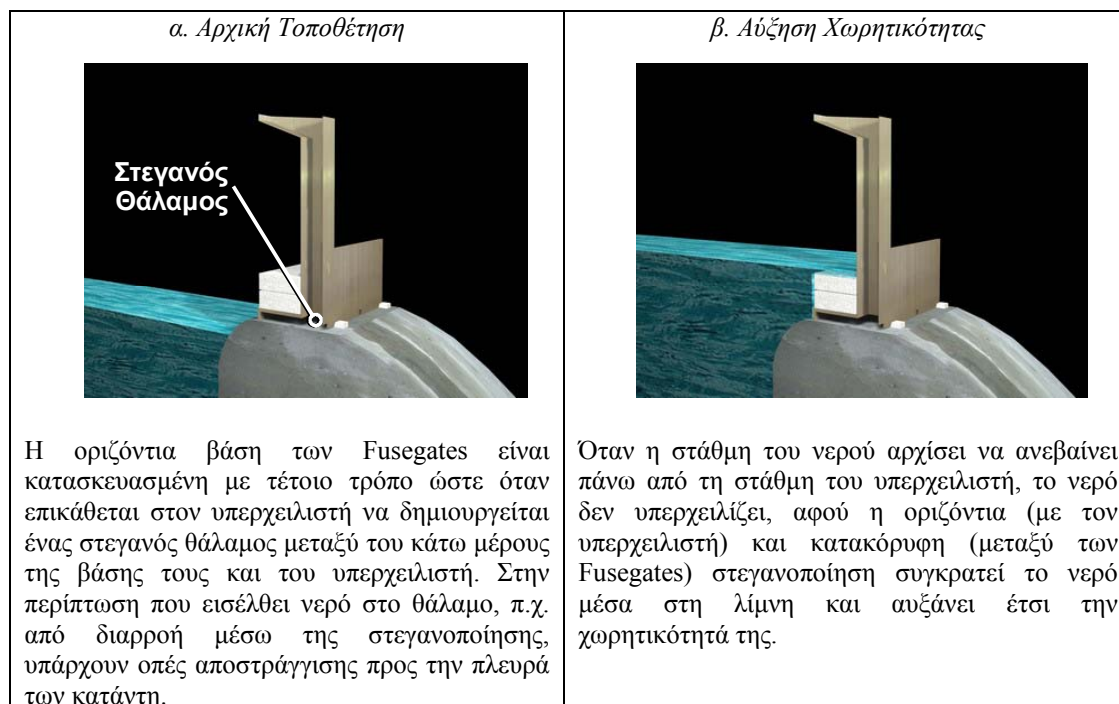
Το σύστημα των Fusegates αποτελείται από ελεύθερα επικαθήμενα και ανατρεπόμενα θυροφράγματα ασφαλείας, μορφής L, τα οποία τοποθετούνται δίπλα-δίπλα κατά μήκος της στέψης του ελεύθερου υπερχειλιστή. Το σύστημα αυτό σχηματίζει ένα πρόσθετο υδατοστεγές διάφραγμα.

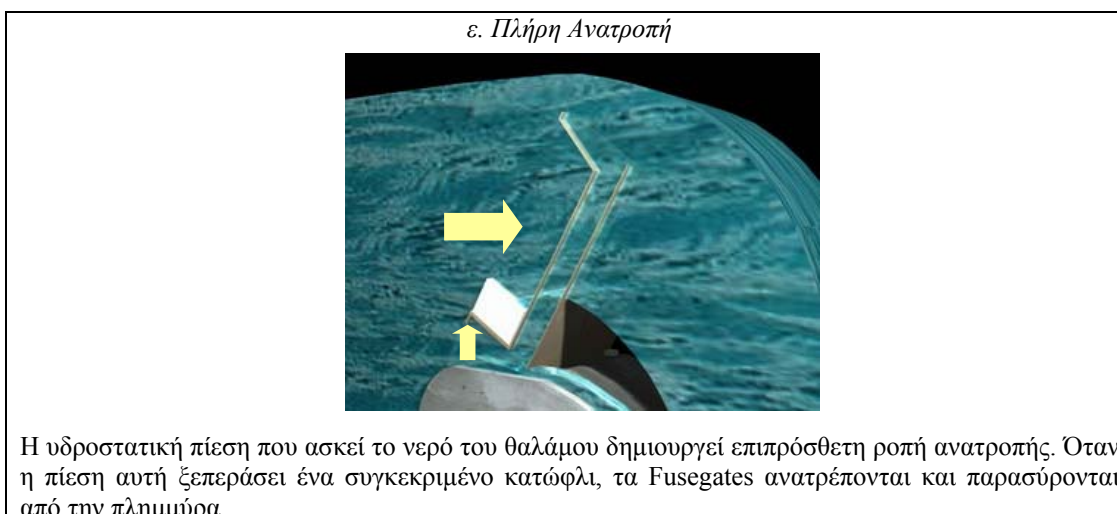
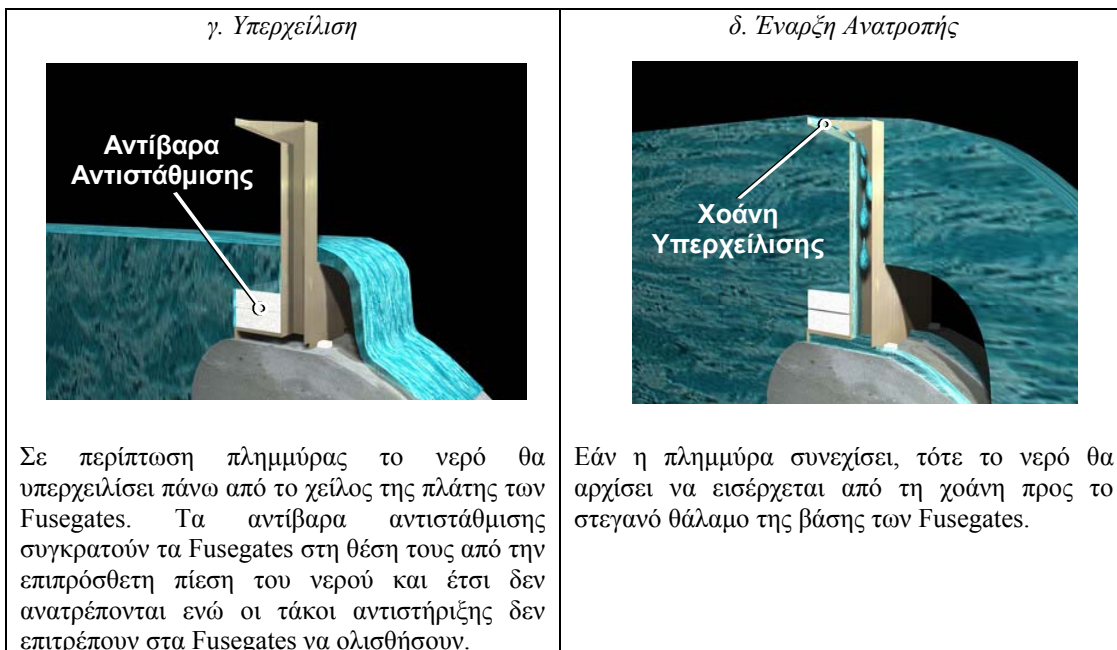
Η τοποθέτησή τους γίνεται με την εσωτερική γωνία του L προς τα ανάντη, δηλαδή προς την πλευρά του ταμιευτήρα. Το ύψος του πρόσθετου διαφράγματος είναι το κατακόρυφο στέλεχος του L. Η στεγανότητα (οριζόντια, με το δάπεδο και κατακόρυφα, μεταξύ των Fusegates) επιτυγχάνεται με κατάλληλα τοποθετημένα σφραγιστικά ελαστικά (EPDM).

Η βάση του Fusegate ξεκινάει μια κατακόρυφη χοάνη σχεδιασμένη έτσι ώστε, αν η στάθμη του νερού ανέβει τόσο που να ξεπεράσει το χείλος της, να επιτρέπει την είσοδο του νερού σε στεγανό θάλαμο που βρίσκεται κάτω από τη βάση. Τα Fusegates φέρουν επάνω τους προκαθορισμένα αντίβαρα από σκυρόδεμα για να αντισταθμίζουν τις δυνάμεις που ασκεί το νερό. Κάθε σύστημα Fusegate εμποδίζεται να ολισθήσει οριζόντια από μια σειρά κατάλληλα διαμορφωμένων εξογκωμάτων αντιστήριξης (τάκοι) στο δάπεδο του υπερχειλιστή, προς την πλευρά των κατάντη. Οι ίδιοι τάκοι του δίνουν τη δυνατότητα περιστροφής και ανατροπής.

Στην περίπτωση πολύ μεγάλης πλημμύρας, οπότε και το πρώτο Fusegate θα ανατραπεί, δημιουργείται «άνοιγμα» στο διάφραγμα πάνω από τον υπερχειλιστή. Στο σημείο όπου δημιουργήθηκε το άνοιγμα, η διατομή της ροής του νερού και κατά συνέπεια η παροχή αποφόρτισης της πλημμύρας αυξάνονται. Αν συνεχιστεί η πλημμύρα, οπότε και η άνοδος της στάθμης, τα υπόλοιπα Fusegates ανατρέπονται σταδιακά. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλληλη διαμόρφωση του ύψους των χοανών. Με τον τρόπο αυτό τα Fusegates δεν ανατρέπονται όλα μαζί, οπότε δε γίνεται απότομη αύξηση της παροχής αποφόρτισης της πλημμύρας.

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος.





Εικόνα 1. Αρχή Λειτουργίας

2.2 Διαδικασία ανατροπής

Για να επιτευχθεί βαθμιαία και ομαλή εκφόρτιση του νερού κατά τα διάρκεια σημαντικού πλημμυρικού γεγονότος, καθορίζονται συγκεκριμένες φάσεις ανατροπής των Fusegates. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ανατροπή της κάθε νέας ομάδας των Fusegates, δεν θα πρέπει να δημιουργεί υπερβολική αύξηση της εκροής προς τα κατόντη. Η σειρά ανατροπής ρυθμίζεται από το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται η χοάνη εισόδου του νερού στο κάθε Fusegate. Το εύρος των υψομέτρων αυτών επιλέγεται κάθε φορά κατάλληλα και ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Ο σχεδιασμός των Fusegates γίνεται έτσι ώστε:

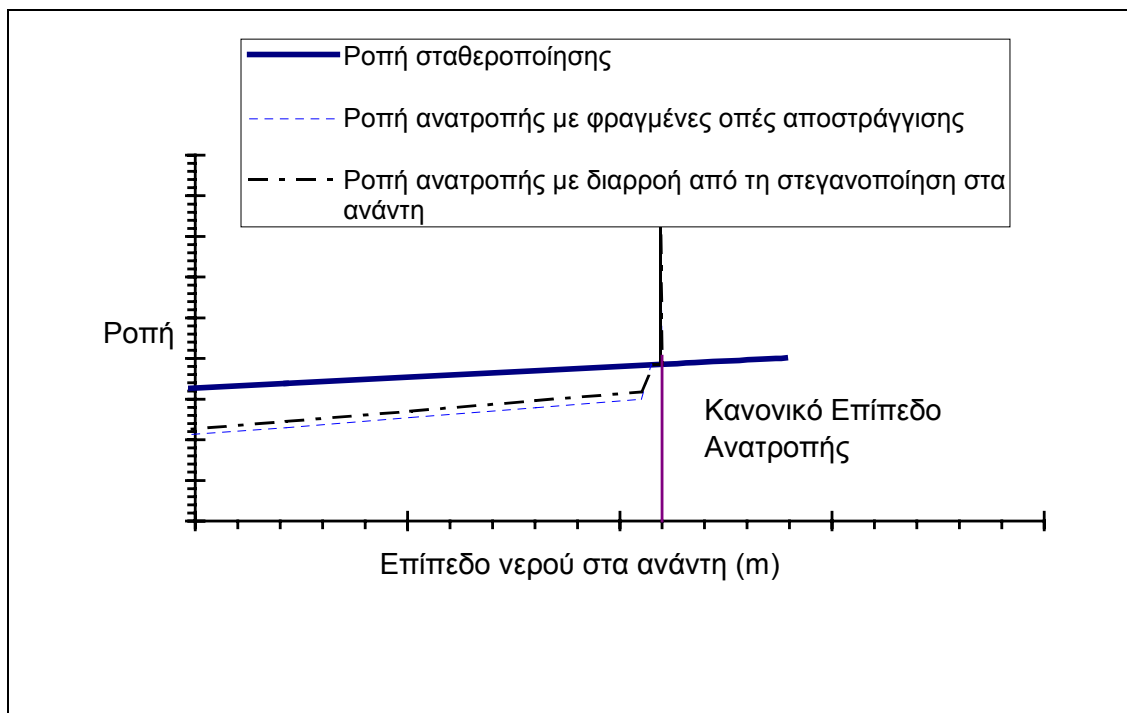
- Η πρώτη ομάδα των Fusegates να ανατρέπεται όταν η εισροή στον ταμιευτήρα είναι πολύ μεγάλη – συνήθως ή δυνατόν μεγαλύτερη της αιχμής της πλημμύρας της 100-ετίας.
- Κατά τη διάρκεια της μεγίστης πλημμύρας σχεδιασμού και μετά την ανατροπή και της τελευταίας ομάδας των Fusegates, η στάθμη του νερού να μη ξεπεράσει την Ανωτάτη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ) που δίνει ο αρχικός σχεδιασμός του έργου.

Η ανατροπή λοιπόν έστω και της πρώτης ομάδας των Fusegates θα είναι ένα σχετικά σπάνιο γεγονός. Η αυξημένη ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα θα είναι συνεπώς διαθέσιμη πρακτικά στο σύνολο της ζωής του έργου. Στην περίπτωση ακραίου πλημμυρικού γεγονότος τα Fusegates θα ανατραπούν το ένα μετά το άλλο κατά ομάδες. Τα Fusegates, μετά την ανατροπή τους, θα παρασυρθούν από το νερό κατά μήκος του καναλιού του υπερχειλιστή και προς την κοίτη του ποταμού.

2.3 Συμπεριφορά Συστήματος σε μη Ομαλές Συνθήκες Λειτουργίας

Πέραν της κατάστασης κανονικής λειτουργίας των Fusegates, έτσι όπως περιγράφηκε παραπάνω, είναι πιθανό ένα ή περισσότερα Fusegates να βρεθούν υπό μη ομαλές λειτουργικές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή μεταβάλλεται η στάθμη ανατροπής τους. Αν λοιπόν υπό αυτές τις συνθήκες υπάρξει εισροή ύδατος στις χοάνες λόγω μεγάλης πλημμύρας, τότε τα Fusegates θα ανατραπούν και πάλι αλλά σε διαφορετική στάθμη.

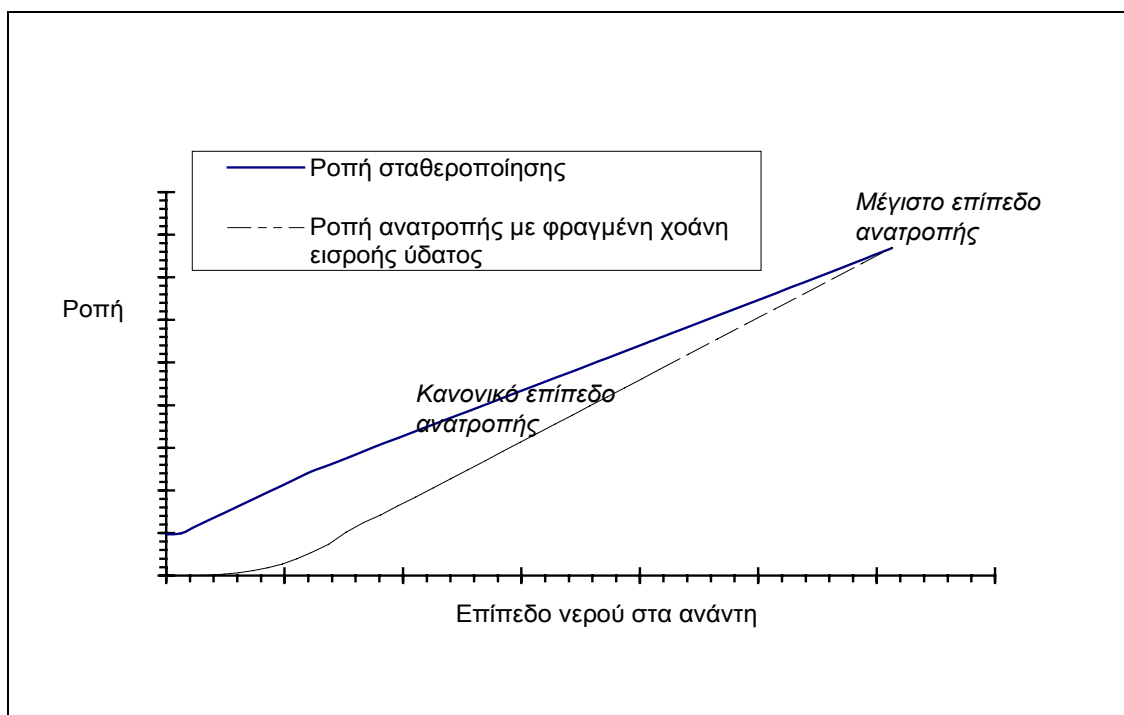
Μία κατάσταση μη ομαλής λειτουργίας είναι η περίπτωση που ο θάλαμος κάτω από το Fusegate πληρούται πιο γρήγορα από ότι αναμένεται είτε επειδή η οπή αποστράγγισης έχει φραχθεί είτε επειδή η στεγανοποίηση στα ανάντη έχει αστοχήσει. Το παρακάτω σχήμα δίνει την ποιοτική συμπεριφορά του Fusegate στην περίπτωση αυτή. Η μπλε γραμμή δίνει τη ροπή σταθεροποίησης ενώ οι διακεκομμένες τη ροπή ανατροπής σε κάθε περίπτωση.



Σχήμα 1. Συμπεριφορά Fusegate όταν έχει αστοχήσει η στεγανοποίηση ή όταν έχει φραχθεί ο αγωγός αποστράγγισης

Η ανατροπή του Fusegate γίνεται μόλις οι ροπές ανατροπής και σταθεροποίησης γίνουν ίσες. Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα το Fusegate στην περίπτωση αυτή ανατρέπεται πιο γρήγορα. Όμως το σημείο ανατροπής είναι κοντά στο σημείο ανατροπής υπό καθεστώς κανονικής λειτουργίας, γεγονός το οποίο δε δημιουργεί ανησυχίες.

Μία άλλη περίπτωση μη ομαλής λειτουργίας είναι όταν φραχθεί η χοάνη εισροής ύδατος. Στην περίπτωση αυτή το Fusegate θα ανατραπεί σε μεγαλύτερη στάθμη από αυτή του σχεδιασμού. Η στάθμη ανατροπής θα εξαρτηθεί από τα αντίβαρα που τοποθετούνται στη βάση του κάθε Fusegate. Τα αντίβαρα επιλέγονται έτσι ώστε η ανατροπή στην περίπτωση αυτή να γίνεται σε όσο το δυνατό χαμηλότερη στάθμη πάνω από την κανονική στάθμη ανατροπής.



Σχήμα 2. Συμπεριφορά Fusegate όταν η χοάνη εισροής ύδατος έχει φραχθεί

Επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει δοκιμαστεί επιτυχώς τόσο σε διεθνώς αναγνωρισμένα εργαστήρια, όσο και υπό πραγματικές συνθήκες σε: α) σεισμό, β) πρόσκρουση με επιπλέοντα αντικείμενα, γ) πάγο και δ) κυματισμό. Κατά το σχεδιασμό κάθε νέου συστήματος πραγματοποιείται εκ νέου έλεγχος των Fusegates υπό αυτές της συνθήκες και για της συγκεκριμένες απαιτήσεις κάθε νέου έργου.

3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ FUSEGATES

3.1 Διαδικασία κατασκευής

Τα Fusegates κατασκευάζονται είτε από ατσάλι είτε από μπετόν, ανάλογα με της απαιτήσεις του συγκεκριμένου έργου. Στην περίπτωση μεταλλικών Fusegates, η οποία είναι και η πιο συνηθής, το ατσάλι είναι πάχους 6-10mm, με ελάχιστη αντοχή θραύσης 235 N/mm^2 , ποιότητας Grade A

σύμφωνα με την πιστοποίηση Lloyd's ή ST 37-2 / ST 44-2 σύμφωνα με το DIN 17100. Στο ατσάλι που επιλέγεται, γίνεται δοκιμή κρούσης Charpy V σύμφωνα με το πρότυπο BS 4360.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην ποιότητα των συγκολλήσεων. Οι συγκολλήσεις εξετάζονται με μη καταστροφικούς ελέγχους, με έλεγχο μαγνητικής ροής σύμφωνα με το πρότυπο BS 6072 ή με τη χρήση διεισδυτικών υγρών σύμφωνα με το πρότυπο BS 6443. Τυχόν ατέλειες συγκόλλησης ή αιχμηρά άκρα επιδιορθώνονται με ελαφρύ γυάλισμα/τρόχισμα.

Μετά την κατασκευή, γίνεται απολάδωση / απολίπανση κατά SSPC-PS1 και αμμοβολή κατά Sa 2.5 για την προετοιμασία των επιφανειών για βαφή. Η καθαρότητα της επιφάνειας αμμοβολής είναι σύμφωνη με το πρότυπο ISO 8501-1:1998 ή οποιοδήποτε άλλο ισοδύναμο. Το προφίλ της επιφάνειας αμμοβολής έχει 40-75 μm απόσταση κορυφής-κοιλιάδας (Rz).

Μετά την αμμοβολή, οι επιφάνειες των Fusegates επικαλύπτονται με ειδική βαφή τριών στρωμάτων για αντιδιαβρωτική προστασία σε συνθήκες με πολύ υψηλή διαβρωσιμότητα C5, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 12944:1988 (Paints and Varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems). Τα στρώματα αυτά περιλαμβάνουν:

- 1^ο στρώμα: αστάρι εποξικού ψευδαργύρου, ελάχιστου πάχους 75 μm
- 2^ο στρώμα: κύριο εποξικό, ελάχιστου πάχους 150 μm
- 3^ο στρώμα: πολυουρεθάνη, ελάχιστου πάχους 50 μm .

3.2 Στεγανοποίηση συστήματος

Μεταξύ των Fusegates υπάρχει οριζόντια και κατακόρυφη στεγανοποίηση από EPDM (Ethylene Propylene Diene Modified) από τη μεριά της λίμνης (ανάντη).

Συγκεκριμένα, το σύστημα στεγανοποίησης αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους υλικά:

- Κάθετα ελαστικά στεγανοποιητικά και υποστηρικτικές πλάκες ατσαλιού μεταξύ γειτονικών Fusegates.
- Οριζόντια ελαστικά στεγανοποιητικά και υποστηρικτικές πλάκες ατσαλιού μεταξύ της Fusegate και της επιφάνειας του υπερχειλιστή.
- Ειδικές ανοξείδωτες βίδες για την τοποθέτηση των παραπάνω πλακών πάνω στα Fusegates.

Η οριζόντια στεγανοποίηση είναι μεταξύ βάσης και διαμορφωμένου δαπέδου του χείλους του υπερχειλιστή. Η κατακόρυφη στεγανοποίηση είναι μεταξύ των διαδοχικών Fusegates. Η στεγανοποίηση είναι έτσι μελετημένη ώστε να μην επηρεάζει την προβλεπόμενη διαδοχική πτώση των Fusegates.

Το ελαστικό σύστημα στεγανοποίησης που χρησιμοποιείται (EPDM) έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Σκληρότητα: 65 \pm IRHD
- Ειδική πυκνότητα: 1,21 \pm 3%
- Αντοχή σε εφελκυσμό: 9 Mpa
- Επιμήκυνση στη θραύση: 350%.

Επιπλέον, το υλικό αυτό παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή σε οξέα, στην απορρόφηση νερού, σε διάβρωση, στο όζον, στη θερμική γήρανση λόγω υπεριώδους ακτινοβολίας και στη ζέστη (-55°C μέχρι +145°C).

4 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Η διάταξη του υπερχειλιστή ενός φράγματος σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να αποφορτίζει πλημμύρες μεγάλων παροχών, χωρίς η στάθμη του νερού στο φράγμα να ξεπερνάει ένα προκαθορισμένο μέγιστο επιτρεπτό ύψος, πέραν του οποίου τίθεται θέμα σταθερότητας και ασφάλειας του φράγματος.

Ο σχεδιαστής του υπερχειλιστή ενός φράγματος έχει να διαλέξει μεταξύ δύο προσεγγίσεων. Μπορεί να σχεδιάσει υπερχειλιστή χωρίς καμιά διάταξη ελέγχου της παροχής υπερχειλίσσης (uncontrolled spillway), είτε να προβλέψει θυροφράγματα ελέγχου (gated spillway).

Κάθε μία από τις παραπάνω προσεγγίσεις έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα:

- Οι ελεύθεροι υπερχειλιστές, δηλαδή αυτοί που δεν έχουν καμιά διάταξη ελέγχου της παροχής υπερχειλίσσης παρουσιάζουν απόλυτη αξιοπιστία λειτουργίας η οποία όμως συνοδεύεται και από απώλεια της επί πλέον δυνατής ωφέλιμης ικανότητας αποθήκευσης του νερού στον ταμιευτήρα.
- Οι υπερχειλιστές με θυροφράγματα δεν παρουσιάζουν την απώλεια αυτή, βελτιώνοντας έτσι τη δυνατότητα πληρώσεως του ταμιευτήρα. Η λειτουργία τους όμως βασίζεται σε ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό ο οποίος χρήζει ιδιαίτερης προσοχής λόγω των σοβαρών συνεπειών που μπορεί να έχει μία αστοχία ή ένας κακός χειρισμός του εξοπλισμού. Αν κάποιος από τα θυροφράγματα δεν ανοίξει κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας, τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια όλου του φράγματος. Αντίθετα, αν κάποιος από τα θυροφράγματα ανοίξει κατά λάθος κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας, εκτός από την απώλεια του νερού, η τεχνητή πλημμύρα που θα δημιουργηθεί μπορεί να προκαλέσει υλικές ζημιές αλλά ακόμα και απώλεια ζωής. Σημειώνεται, ότι το 30% των αστοχιών σε φράγματα οφείλονται σε αδυναμία ανοίγματος των θυροφραγμάτων τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο μελετητής / σχεδιαστής πρέπει να βελτιστοποιήσει την οικονομική αποδοτικότητα του έργου χωρίς συμβιβασμούς στην ασφάλειά του. Οι τεχνικές λύσεις που έχουν προταθεί κατά καιρούς αποσκοπούν:

- Στην πιο αξιόπιστη λειτουργία των θυροφραγμάτων, παρόλο που ο κίνδυνος της αστοχίας δεν είναι δυνατόν να εκλείψει τελείως και συχνά υποεκτιμάται.
- Στην επινόηση εναλλακτικών συστημάτων ελέγχου υπερχειλίσσης, όπως εποχιακών επιπρόσθετων ανύψωσης του υπερχειλιστή (flash-boards), χωμάτινων φραγμάτων ασφαλείας (fuse plug dykes) και φουσκωτών φραγμάτων (inflatable weirs). Κανένα από αυτά τα συστήματα δεν αποτελεί απόλυτα ικανοποιητική λύση. Πιο συγκεκριμένα, τα φουσκωτά φράγματα υποφέρουν από προβλήματα παρόμοια με αυτά των κλασικών μηχανικών θυροφραγμάτων. Η λειτουργία τους βασίζεται σε ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου που δίνουν εντολή να ξεφουσκώσει το φράγμα σε δεδομένη στάθμη νερού στη λίμνη. Εξακολουθεί λοιπόν να υφίσταται θέμα αξιοπιστίας των ηλεκτρομηχανολογικών και των αυτοματισμών ελέγχου. Επιπλέον, πηγές αστοχίας μπορούν να αποτελέσουν τα πλαστικά υλικά κατασκευής των φουσκωτών στοιχείων (ευαισθησία σε υπεριώδη ακτινοβολία, πιθανότητα διάτρησης από σφαίρες κτλ).

5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ FUSEGATES

Η επιτυχία του συστήματος Fusegate βασίζεται στο γεγονός ότι παρέχει επιπλέον δυνατότητα αποθήκευσης νερού στον ταμιευτήρα ενώ η αποφόρτιση εκτάκτου ανάγκης δε βασίζεται σε ανθρώπινο χειρισμό ή σε πρόσθετο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Αναλυτικότερα, τα λειτουργικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας έναντι εναλλακτικών τεχνολογιών αύξησης χωρητικότητας ταμιευτήρων ή ελέγχου υπερχειλίσης περιλαμβάνουν:

- Η λειτουργία των Fusegates δεν απαιτεί κανένα ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και δεν απαιτείται καμία ανθρώπινη παρέμβαση για τον έλεγχο της πλημμύρας. Το γεγονός αυτό καθιστά το σύστημα των Fusegates ως το πιο αξιόπιστο σύστημα ελέγχου πλημμυρών αφού σε συνθήκες πλημμύρας είναι συχνό το φαινόμενο της διακοπής ρεύματος (οπότε δεν μπορεί να τεθεί σε λειτουργία ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός) ή της αδυναμίας πρόσβασης στον πίνακα ελέγχου του αντίστοιχου συστήματος υπερχειλίσης.
- Δεν απαιτεί καμία πρακτικά παρέμβαση στον υπερχειλιστή. Η τοποθέτηση των Fusegates γίνεται χωρίς να απαιτούνται έργα πολιτικού μηχανικού, όπως κατασκευή γέφυρας ή άλλων εγκάρσιων τμημάτων στήριξης των θυροφραγμάτων.
- Η εγκατάσταση των Fusegates δεν απαιτεί τη διακοπή της λειτουργίας του έργου. Η εγκατάσταση γίνεται χωρίς να απαιτείται η μείωση της στάθμης του ταμιευτήρα, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης το έργο λειτουργεί κανονικά.
- Το σύστημα των Fusegates απαιτεί ελάχιστη συντήρηση, όπως περιοδικό έλεγχο των οπών αποστράγγισης.
- Η αποφόρτιση της πλημμύρας γίνεται διαδοχικά αφού τα Fusegates ανατρέπονται σε διαφορετικές στάθμες. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει βαθμιαία αύξηση της παροχαρακτηριστικότητας προς τα κατάντη χωρίς τον κίνδυνο πρόκλησης απότομης εκροής νερού.

Στην Ελλάδα και σε συνεργασία με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) έχει μελετηθεί η δυνατότητα εγκατάστασης του υπόψη συστήματος στον υπερχειλιστή του μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου του Καστρακίου της ΔΕΗ. Τα αναμενόμενα οφέλη από την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι σημαντικά και πολύπλευρα. Σχετικό άρθρο παρουσιάστηκε στο διεθνές συνέδριο «Hydro 2006 – Maximizing the Benefits of Hydropower» στην Χαλκιδική {6}. Έχει επίσης μελετηθεί και πρόκειται μάλιστα σύντομα να εγκατασταθεί το υπόψη σύστημα και στο υπό κατασκευή ιδιωτικό μικρό υδροηλεκτρικό έργο της Δαφνοζωνάρας στον κύριο ρου του ποταμού Αχελώου αμέσως ανάντη του ταμιευτήρα των Κρεμαστών {7}.

6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ FUSAGETES

Η τεχνολογία των Fusegates μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό και κατασκευή νέων φραγμάτων αλλά και ήδη κατασκευασμένων όπου είναι δυνατόν να βελτιωθεί η λειτουργία τους. Η εφαρμογή τους αφορά σε υδροηλεκτρικά και υδρευτικά ή αρδευτικά φράγματα με στόχο:

- Αύξηση της χωρητικότητας του ταμιευτήρα.
- Βελτίωση ασφάλειας συνολικής κατασκευής (enhancing safety).
- Βελτίωση ασφάλειας σε κατασκευές με ήδη υπάρχοντα θυροφράγματα (securing a gated system).

Συγκεκριμένα, σε έργα χωρίς θυροφράγματα, η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για μείωση του ύψους ή του μήκους του υπερχειλιστή ή σε συνδυασμό των παραπάνω. Αντίστοιχα σε ταμιευτήρες που έχουν ήδη θυροφράγματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μείωση του αριθμού των συμβατικών θυροφραγμάτων (μικρότερο αρχικό κόστος – σχεδόν μηδενικό κόστος συντήρησης – βελτίωση αξιοπιστίας και ασφάλειας).

Χαρακτηριστικές εικόνες εγκατεστημένων συστημάτων Fusegates παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 2. Ανατρεπόμενα θυροφράγματα (fusegate) από σκυρόδεμα



Εικόνα 3. Μεταλλικά ανατρεπόμενα θυροφράγματα (fusegate) τύπου λαβύρινθου σε λειτουργία

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Lemperiere, F. 1995. Cost effective improvements in fill dam safety. *Hydropower & Dams*
2. Ait Alla, A. 1996. The role of fusegates in dam safety. *Hydropower & Dams*, Issue Six, Vol. Three
3. Hakin, W. D. & Siers, P. & Solomon, P. 2002. Innovative Fusegate technology used on Australian dam. *International Water Power & Dam Construction*
4. Hakin, W. D. 2002. Defusing the situation. *International Water Power & Dam Construction*
5. United States Society on Dams. 2002. Improving Reliability of Spillway Gates.
6. Stefanakos, J.P. & Moutafis, N.I. & Kagiannas, A.G. 2006. Increase in storage, efficiency and energy production by the installation of Fusegates at Kastraki HEP, Greece, 13th International conference and exhibition, HYDRO 2006, Maximizing the Benefits of Hydropower, Porto Carras, Greece.
7. ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Β.Ε.Τ.Ε. 2007. ΜΥΗΕ Δαφνοζωνάρα-Σανίδι. Προμελέτη Β' Φάση, Αθήνα

Overturnd safety gates (Fusegate) on dam spillways

A.G. Kagiannas

Electrical Engineer (Dipl. NTUA, PhD), Raycap S.A.

J.P. Stefanakos

Civil Engineer (Dipl. NTUA, MSc, DIC, MSc, MBA, PhD), Lecturer NTUA

ABSTRACT: The system of the overturned safety gates (Fusegate) is analytically presented in this announcement. The Fusegate elements are installed along the spillway crest and form a water tight barrier. For moderate floods the water flows over the Fusegate elements. In cases of extremely high floods the water enters in the chamber located under each Fusegate element, then uplift is developed and overturns it. If the flood flow continues to rise more Fusegate elements are overturned, one after the other at a preset sequence, increasing gradually the gate-free spillway crest width. Before reaching the peak of the maximum flood level, all the Fusegate elements will have been overturned and spilling is done freely over the whole width of the spillway crest. The system is already in use with success in numerous projects all over the world, for more than fifteen years now. It has been proposed to be used at the PPC hydroelectric project of Kastraki in Greece, for which the technical and economical advantages have been examined in detail. In addition, the fusegate system can be installed in other three to four HPPs of PPC with considerable benefits. The system is going to be installed, early 2009, at a private small hydroelectric power plant on Acheloos River.