

פרופיל של הצוללת החדשה של חיל הים מדגם "דולפין"

ימי ה"בראשית" של הפרויקט

בסוף שנות החמישים, לאחר ויכוחים אין ספור והרבה מאמץ, הוקם צי הצוללות הישראלי כאשר חיל הים רכש מחיל הים הבריטי שתי צוללות ישנות מדגם S.

הדור השני כלל שלוש צוללות יד-שניה מוסבות מדגם "T" - גם הן נרכשו מהבריטים, כאשר אחת מהן, אח"י דקר, טבעה בים התיכון בדרכה לחיפה ולאחרונה נמצאה במרחק של כ- 500 ק"מ מחופי ישראל.

שינוי מהותי חל בדור השלישי בשנות ה-70 המוקדמות, כאשר מספנות וויקס Vickers בבאר Barrow, אנגליה, בנו שלוש צוללות חדשות מדגם "גל" המבוססות על תכנון גרמני קיים ומוכח של I.K.L. לא עוד צוללות יד שניה אך עדיין בצד הבטוח של צוללות קיימות המופעלות ע"י חיל ים ידיות.

עד אותו זמן רכש חיל הים הישראלי נסיון מבצעי וטכני חשוב, שאפשר לקדם אותו צעד נוסף לקראת תכנון משלו לצוללת מודרנית.

משמעות הדבר שחיל הים יכול "לתפור למידה" ולהתאים את יכולות הצוללת לדרישות המבצעיות, הנגזרות מהזירה ומהאיומים שעמם יש להתמודד.

לפיכך, על אף הסיכון של בניית "אב - טיפוס", החליט חיל הים הישראלי שלקראת הדור הרביעי של צוללות הוא יפתח צוללת משלו על פי צרכיו ודרישותיו המבצעיות במטרה להשיג את - המערכת האולטימטיבית של לוחמה תת-מימית.

עוד ב-1982 ערכה משלחת של חיל הים ומשרד הבטחון את חקר השוק הראשון לגבי צוללות, כולל מספנות בארה"ב. יותר מאוחר ב-1984 יזם חיל הים את מה שנקרא "בדיקת היתכנות" שבו היו מעורבים מספנת Wilton-Fejnord ההולנדית ומשרד התכנון I.K.L הגרמני בתור מתחרים, בהמשך, ב-1986, I.K.L התחילה את התכנון הראשוני והכנת מפרטי החוזה.

במקביל, באותה תקופה חיל הים התניע את תוכנית "סער 5". הצוות ששהה בגרמניה (I.K.L), ליבק) אפיין את גוף הצוללת ומערכותיה, והצוות בארה"ב (רוקוול, קליפורניה) היה אחראי למערכות הלחימה.

תוכנית המודרניזציה השאפתנית של חיל הים היתה זקוקה בדחיפות לפתרון יצירתי שאמור להשתמש בכספי הסיוע ארה"ב ובכל זאת לבחור מספנה בעלת יכולת ונסיון בתחום הצוללות הקונבנציונליות – קרי אירופה.

באוקטובר 1988 הוחל בניו-יורק במשא ומתן עם "קונסורציום דולפיין" (שכלל את מספנת HDW, קיל ומספנת-TNSW, אמדן), אך לא לפני שמספר משלחות ביקרו אצל חיל הישראלי ובחנו את הצרכים והיכולות המבצעיות למעשה. בין המבקרים הללו היו RADM Durby המנוח מ-JCS וד"ר דב זקהיים (1985-1986 - בהתאמה).

בינתיים התפתח בין צה"ל ומשרד הבטחון ויכוח עז ביחס לסדר הקדימויות הלאומי של התוכנית בכלל והצוללות בפרט, חלקו תולדה של הויכוח על קדימויות בתוך חיל הים עצמו.

בסופו של דבר אישר שר הבטחון יצחק רבין את תוכנית הצוללות ביולי 1989 וכתוצאה נחתם החוזה בניו יורק ביום 25 באוגוסט אותה שנה.

בתחילת 1990 התחולל מאבק על בחירת מערכת הלחימה, שלאחר מכן נמסרה לחברות האלקטרוניקה "לורל" ו"אטלס".

חוזה יחיד במינו ומסובך נחתם קודם לכן בין הצדדים, שכלל את ממשלת ישראל, ממשלת גרמניה, שתי מספנות גרמניות וספקים שונים של מערכות הלחימה.

יתר על כן, ממשלת ישראל (חיל הים ומשרד הבטחון) היו אחראים חוזית לאספקה ותיאום של כל מערכות הלחימה.

מעבר לכך חלוקת עבודה המורכבת בין שתי המספנות דרשה מידה רבה של תיאום והעברת חלקי צוללת ממספנה אחת לרעותה.

לחץ כבד מצד צה"ל יחד עם מגבלות תקציביות קשות גרמו לשר הבטחון ארנס לקבל ביום 30 לנובמבר 1990 החלטה כואבת - לבטל את חוזה הצוללות. על אף התנגדות של שרים אחדים, ראש הממשלה שמיר אישר את ההחלטה והפך אותה לסופית... אך לא לזמן רב.

סיוע בלתי צפוי

ביום 15 לינואר 1991 פרצה מלחמת המפרץ ולמחרת חוותה ישראל לראשונה את התקפות הטילים ארוכי הטווח על אוכלוסייתה האזרחית. האיום העיקרי היתה האפשרות שייעשה שימוש בראשי הנפץ הכימיים שפותחו בעזרת תמיכתן של חברות גרמניות.

עקב כך, הציעה ממשלת גרמניה תמיכה הומניטרית וצבאית. משלחת ישראלית יצאה לגרמניה ומאוחר בליל 30 בינואר אישר הקנצלר הלמוט קוהל חבילת סיוע שכללה גם בניית שתי צוללות דולפין. הפרויקט שוב הותנע והחוזה נוסח מחדש ונחתם באפריל 1991.

היה זה עד 1993 כאשר בתמיכה חזקה של ראש הממשלה רבין, ניסח מפקד חיל הים האלוף איילון את המדיניות וסדר הקדימויות של חיל הים באופן שאפשרו עדכון החוזה באפריל 1994, וע"י כך נוספה לתכולת העבודה הצוללת השלישית.

הראשונה בסדרה הושקה (הוטבלה בלשון הגויים) בנמל אמדן ביום 15 לאפריל 1996 (ערב יום השואה) והשלישית ב-9 ליולי 1998.

במהלך כל הפרויקט, צוות של חיל הים מורכב מאנשי צוללות ומהנדסים מנוסים הוצב באתרי הפעילות המרכזיים.

תכונות עיקריות

מידות

אורך כולל	57.3 מ'
גובה	12.7 מ'
קוטר גוף הלחץ	6.75 מ'

אכסון

מצבה (צוות)	35+10
מקומות שינה (מיטות)	35
אספקה	ליותר מחודש

דחי

1550 טון

עומק צלילה

מעל 200 מ'

מהירות ומשך שהייה

מהירות מירבית	20 קשר
מהירות שיטור מירבית	12 קשר
משך שהייה תחת המים	ימים אחדים
טווח שיט	עד 4,500 מייל ימי

מערכת הנעה

מנוע חשמלי עם שני עוגנים

שלושה דיזל-אנרטורים - MTU 16V396

שני חדרי מצברים.

מערכת חירום

מערכת ריקון מיכלי צלילה בחירום ע"י אוויר בלחץ גבוה

משטח התחברות לצוללת הצלה מסוג DSRV

מערכת אספקת אוויר נשימה בחירום ולהיחלצות

חליפות היחלצות

סירת הצלה מתנפחת

מערכת לחימה

ISUS 90 עם שידות אחידות וחליפיות

ציוד אלקטרוני/חיישנים

חיישנים תת-ימיים:

מערך סונר צילינדרי (CHA)

סונר תדר נמוך (Flank)

סונר טווח פסיבי (PRS)

סונר יירוט (IA)

מערכת ניתוח רעש עצמי (ONA)

טלפון תת-ימי

חיישני שטח:

מגלה שידור מכס (מגל"מ)

פריסקופ אופטרוני

מכס

תקשורת/ניווט

תת-מערכת תקשורת פנימית וחיצונית משולבת של תדיראן

תת-מערכת ניווט משולבת כולל GPS ו-OMEGA

חימוש

עשרה צינורות 21 אינץ' רב-תכליתיים לטורפדו, מוקשים, טילים המטעים.

שש עמדות לטעינה חוזרת – מהירה.

תרנים

תורן קשר משני עם מגלה מכ"ם

תורן מכס

פריסקופ חיפוש

פריסקופ התקפה

תורן שינור

תורן קשר ראשי

התפיסה המבצעית

לישראל חוף ים ארוך בקצה המזרחי של הים התיכון, שנחשב נכס אסטרטגי, השער הפתוח היחיד אל העולם המערבי. אין אומה שתותר מרצון על נכס כזה - הים הפתוח על שני היבטיו, פני המים ומתחת למים. ברור בעליל שהנושא אמור להיות על סדר היום הישראלי, כאשר אין לשכוח שהמלחמות של 56 ו-67 התחילו כתוצאה מהטלת הסגר בים האדום.

באמצע שנות ה-80 הצוללות הקיימות בשירות התקרבו למחצית חייהן ובמקרה מלחמה עמדו בפני ישראל איומים קיימים וגם עתידיים כמו מסוקי נצ"ל (נגד צוללות) ויכולות נצ"ל ארוכות טווח. המצב הזה הכתיב שידרוג כח הצוללות, שהביא לידי סוג חדש של הצוללת.

המשימות העיקריות של הצוללת הן:

(א) הבטחת נתיבי השייט לישראל.

(ב) איסוף מודיעין.

(ג) הגנת המים הריבוניים בעיקר נגד איומי צוללות,

(ד) משימות קלסיות אחרות של צוללות.

בהתחשב בזירה ובאיומים שעמדו בפני ישראל, היה צורך להגדיל את יכולת הצוללת לשהות תחת המים.

איטיותן של צוללות עלולה לגרום מצב של "החמצת המלחמה". לפיכך, צריכה הצוללת להיות מסוגלת להגיע ליעדים רחוקים בזמן הקצר ביותר שאפשר ובאופן החשאי ביותר.

הגברת יכולת הצוללת לשהות במימי האויב עשויה לחסוך תנועות שאין בהן תועלת וכן להגדיל את הגמישות המבצעית בתרחישים למלחמה. מכאן, היה הכרח להגדיל את יכולות הלחימה ע"י הצטיידות ביותר טורפדו וטילים לטווח ארוך יותר.

דרישה לשרידות גבוהה יותר בסביבה של פלטפורמות ומסוקי נצ"ל מתקדמים גזרה על המתכננים להקטין החשיפה בשיעור דרסטי. כלומר משכי שינוי קצרים ובהקרנת רעש מינימלית.

השימוש בכלי נשק מודרניים ארוכי טווח גם מכתוב יכולות של גילוי וסיווג לטווח ארוך על מנת לנצל את מירב היתרונות של החימוש המצוי. פירוש הדבר, בין יתר התכונות, סונר ארוך-טווח בתדירות נמוכה ומאמץ גדול לקיים רמות נמוכות של רעש עצמי במהלך כל אופני ההפעלה.

את שיפור יעילות הצוות ניתן להשיג ע"י דרגה גבוהה יותר של אוטומציה אמינה וכן שיפור ניכר בתנאי המגורים שלהם.

העיצוב המודולרי של המערכות העיקריות אמור לאפשר הרחבה בעתיד בהתאם לדרישות מבצעיות חדשות שצפויות לגדול או להשתנות במשך חיי הצוללות.

כל השיקולים האמורים לעיל היו עלולים להביא לתפוסה גדולה בהרבה, וישנן עדיין תכונות מסוימות שכופות על המתכנן להקדיש תשומת לב רבה וקדימות לכושר תימרון גבוה במים רדודים ומוגבלים - שפירושו הגבלת תפוסת הצוללת. האילוף הזה לבדו עשוי גם לשרת את הדרישה לדרגה גבוהה של שרידות וכן יכולת לשהות מבלי להתגלות.

ניתן איפוא לתמצת את הדרישות המבצעיות ויעדי התכנון של הצוללת כדלקמן:

- א) הארכת יכולת הצוללת לשהות תחת המים עם מירב הכוונות והיכולות המבצעיות.
- ב) הארכת משך שהייות הצוללת ביים.
- ג) הארכת הטווח המבצעי תוך קיצור זמן התנועה אל היעד הנתון.
- ד) שיפור ניכר של מידת החשאיות.
- ה) הגדלת מגוון וזמינות אפשרויות התקיפה והלחימה.
- ו) מערכת לחימה ופלטפורמה משולבות ליתר יעילות עם יכולת גידול עתידי
- ז) מערכת אוטומציה אמינה לפלטפורמה, לשיפור יעילות הצוות ובטיחות ההפעלה.

כפי שאפשר לסכם, התחשבות בכל הדרישות הללו היוותה אתגר עצום להשגת מירב יעדי התכנון במינימום מרחב ונפח.

מערכת הלחימה

מערכת הלחימה אמורה להיחשב בתור הלב של "הצוללת החשאית", בעוד כל יתר מערכות הפלטפורמה צריכות לשרת את המטרה של הצבת הצוללת במקום הנכון, בזמן הנכון ובעומק הנכון. בכך אפשר יהיה לנצל את יתרונה של הצוללת על יריביה ולהשיג את העליונות האולטימטיבית.

ככל שמערכת הלחימה יותר משולבת ומתוחכמת, כך היא תהיה מוכנה יותר לתמוך בתהליך קבלת ההחלטות של המפקד וצוות התקיפה. יתר על כן, מערכות משולבות מאיצות את תהליך הגילוי והסיווג, ובכך נותנות התראה מוקדמת אודות איומים אפשריים. בכך כמובן נמנעת התגלות ומתחזקת יכולת הצוללת למלא את משימתה.

מכאן, על אף כל התייחסות הטכנולוגי, התוצאה הסופית תלויה הרבה מאד ביכולת צוות הפיקוד לנטר, לשלוט ולבקר את המלצות המחשב. תהליך זה יבטיח שהנשק ישיג את מטרותיו הממשיות ולא ירדוף אחר המדומות שבהן.

שלא כמו מערכות הלחימה של דורות קודמים, המורכבות מקבוצות של מערכות "בדידות" (stand alone) עם מספר מוגבל של תפקודים, מערכת הלחימה של ה"דולפיין" הינה משולבת, ומאפשרת לכל תת-מערכות לעבוד יחד כדי ליצור תמונה טקטית אופטימלית ע"י שימוש בשידות רב-תכליתיות.

אוניות השטח והצוללות המודרניות, עם יכולות הגילוי והנשק ארוכי הטווח שלהן, מציבות אתגר משמעותי בפני מערכת הלחימה של הצוללת, שמצפים ממנה לגלות, לנתח, לסווג ולהמליץ על

פתרונות ולייעד את הנשק במהירות ובדיוק המירבי. זה אומר מימוש רמה גבוהה של אוטומציה וטכנולוגיה.

חלק גדול ממערכת הלחימה של הדולפין פותח ע"י STN ATLAS - כמה צעדים מעבר לסונר ולמערכות הלחימה המוצלחות כמו ISUS 83. זהו דור חדש - ISUS 90 - תפור לדרישות הספציפיות של חיל הים הישראלי לנהל, לטפל ולשלוט בסונר שלו וכן בכל ציוד אחר שסופק ע"י ממשלת ישראל (GOIFE), כגון פריסקופים, מגל"מ, תקשורת, ניווט וכו'.

הטכנולוגיה שבשימוש והשילוב של מערכות הלחימה מאפשרים להקטין למינימום את הזמן הנדרש בין גילוי לתקיפה.

על מנת להגביר את יעילות המערכת, היא גם מטפלת ושולטת על מערכות "חיצוניות" כמו פריסקופים ותרנים :

- מגל"מ (ESM) - תקשורת חיצונית ופנימית
- פונקציות ניווט.

ניתן להציג לצוות הפיקוד נתונים חיוניים נוספים שעשויים להשפיע על המשימה של הצוללת כמו קיבול מצברים, מכלול המערכות והמכונות, אטימות הגוף וניטור רעש עצמי.

מערכת הלחימה כוללת :

חיישני גילוי :

הידרו-אקוסטי (כולל סונר תדר נמוך)

אלקטרומגנטי (מכ"מ, מגל"מ).

תורן אופטרוני

נתונים טכניים :

ניתוח אותות

ניתוח תנועת המטרה (TMA)

ניטור רעש עצמי

תצוגת מצב טקטי :

תמונה טקטית משולבת

בקרת נשק :

ניתוח איומים

סטטוס מערכת ונשק

פתרונות בקרת אש

התקנות וירי של כלי נשק

בקרה של טורפדו מונחי-חוט

כלי נשק:

טורפדו

טילים

מוקשים

פתיונות

סונר

מערכת הסונר כוללת סונר תדר נמוך (LOFAR) עם מערך חיישנים המחוברים משני צידי הצוללת.

כמו כן היא כוללת את מערך הקליטה הצילינדר (CA) בחרטום המשלים את הקליטה האקוסטית בתחומי תדר הביניים.

הסונר הפסיבי מודד הטווח (PRS) מכיל שלוש אנטנות בכל צד של גוף הצוללת ומסייע באיכון המטרה בטווח הבינוני והקצר.

אנטנת היירוט (IA) המותקנת על גוף הלחץ תגלה ותנתח כל סוג של שידור אקוסטי ותאפשר אתראה מספקת כנגד כל איום שיסכן את הצוללת.

הטלפון התת-מימי (UWT) בד"כ נחשב כאמצעי קשר אך במקרים מסוימים יכול להחשב כאמצעי גילוי לכלי שייט קרובים מאוד המסכנים את בטיחות הצוללת מעצם המרחק הקצר אליה.

מערך הסונר הוא אמצעי הגילוי העיקרי בצלילה כאשר מערך ה-LOFAR מגדיל משמעותית את טווחי הגילוי. כתוצאה מכך כמות ה"מטרות" שהמערכת תנתח ותעקוב אחריהן גבוהה. מחשב ל"הצפת מידע" העומס חייב להתחלק בין המפעילים ע"פ אופן הפעולה הרלוונטי של הצוללת.

בכדי לבנות את התמונה הטקטית מופעל מערך (TMA) "ניתוח תנועת מטרה" ידני או אוטומטי. במערכת כל כך מורכבת כל חיישן תורם חלקי מידע לכלל התמונה. מה שיקבע את איכות התמונה והמערכת הוא אופן שילוב המידע והצגתו למפעילים, כך שהתמונה הטקטית אכן תשקף נכונה את העולם החיצוני האמיתי.

מכיון שכל החיישנים האקוסטיים רגישים לרעש, מופקדת מערכת ה-ONA (מערך רעש עצמי) על ניטור מקורות הרעש בצוללת למניעת הפרעות לסונר מצד אחד או התגלות מוקדמת מצד שני.

פריסקופים

שני פריסקופים חודרים מתוצרת אמריקאית (Kollmorgem) מותקנים בצוללת. פריסקופ הסיור הינו פיתוח מיוחד עבור חיל הים הישראלי, מצויד באתראת מגל"מ, ערוץ וידאו ואופטי ואנטנת קשר. התמונה המיוצבת משפרת במידה מסוימת את הגדלת התמונה. השינוי העיקרי הוא בשיטת ההפעלה שכן מעתה לא רק קצין המשמרת או המפקד רואים את העולם החיצון, אלא התמונה משותפת לכל צוות ההתקפה במי"ק (מרכז ידיעות קרב). שילוב כל כך הרבה חיישנים בפריסקופ הוא אתגר טכנולוגי לא קטן הגורם לתוספת יתרון מבצעי – היכולת לקלוט מברק מהמפקדה או כוחות אחרים בשטח, איתור שידורי מכ"מ מאיימים ובנית התמונה הטקטית בפרק זמן קצר יחסית.

מגל"מ

מגל"מ תוצרת "אלביט" מותקן בדולפין ומעניק לה יכולת קבלת תמונת קורנים מלאה תוך שניות בודדות מפריצת האנטנה מחוץ למים. תמונת הקורנים מוצגת על מסך השידה הרב-תכליתי של STN_ATLAS.

תקשורת

ל"דולפין" שני תרני קשר להבטחת גיבוי מתאים בכל תחומי התדרים : HF, VHF ו UHF . מערכת קשר פנים וחוף היא מתוצרת "תדירן" כפי שאופיינה לפרויקט "להב" "דולפין". המערכת מאוד גמישה ומאפשרת יעוד כל תחנה לרשת נבחרת. על השטח נוספת אנטנת חירום HF למקרה כשל במערך האנטנות הקיים.

מכ"מ

למטרות ניווט ובטיחות הותקנה אנטנת KH (קלווין-יוז) על תורן לא חודר.

בקרת נשק

במערכת הלחימה המשולבת של "אטלס" קיים כל המידע החיוני על הנשק והצמ"טים. משנבחרה מטרה והנשק המתאים נבחר, מועברות ההתקנות הראשוניות באופן אוטומטי לנשק. הטורפדו המשוגר למטרה מונחה חוט, בתהליך אוטומטי או ידני ע"י המפעיל. את הטיפול בנשק (טעינה, הצפת צמ"ט וכו') מבצעים באמצעות מערכת בקרת הטורפדו (TCS) המאפשרת טעינה חוזרת מהירה.

תאור טכני ופילוסופית בניה

תכנון צוללת "דולפיין" מבוסס בעיקרו על קריטריוני הבניה הגרמנים, "עמוד השדרה" הוא גוף לחץ בעל חוזק גבוה וגמישות גבוהה, תכונות המקנות לגוף הלחץ עמידות טובה מאוד גם בתנאי קיצוניים של לחץ והלמים. במקרה של תקלה או תאונה, ההנחה היא שניתן לאטום את גוף הלחץ, ולהביא את הצוללת אל פני המים במהירות ע"י ריקון מיכלי הצלילה באמצעות מערכת ירי חירום.

בכדי לחזק תפיסת הפעלה זו, יש אטימה כפולה לכל הפתחים בגוף הלחץ (למשל, חדירה למערכות נוזלים נאטמת ע"י שני שסתומים הטור: שסתום גוף + שסתום בניים). שסתומים אילו מנוטרים ו/או מופעלים מעמדת "בקרה ושליטה מערכות השטה" (בשמ"ה). בנוסף מערכת זו מאפשרת לצוות לבקר ולשלוט על כל מערכות ביעילות ובבטיחות מקסימלי. הצורך לשמור על יכולת תמרון גבוה, למרות ממדי הצוללת, נבע הדרישה להפעיל את הצוללת ליד החופים ובמים רדודים, מושג ע"י שימוש במערכת הגאים X בתוספת הגה קדמי המותקן בקדמת הצוללת. מערכת הגאים זאת מופעלת ע"י מפעיל בודד באמצעות מעמדת ניהוג מתוחכמת.

היכולת לבצע משימות ארוכות טווח ולשהות זמן ארוך בים, מושג בין היתר, ע"י אמינות גבוהה של המערכות הטכניות ורמת יתרות גבוהה. שלושת הקריטריונים המרכזיים בתכנון ובנית המערכות הטכניות היה:

א. יתרות של לפחות 50% למכלולים חיוניים (כלומר, שלוש יחידות מותקנות, שתיים נותנות מענה לאופן ההפעלה הקיצוני ביותר).

ב. מעבר למצב בטוח (Fail Safe) של רוב היחידות המופעלות מרחוק (למשל, תקלה בבשמ"ה שמונעת שליטה במערכת, תגרום למערכת לעבור למצב בטוח, או במקרה של נפילת מתחים תגרום לאלמנט בודד לעבור למצב בטוח).

ג. אופני הפעלה מדורגים, מהגבוה ביותר עד לנמוך ביותר:

- הפעלה אוטומטי, או תהליכים מלאים.
- הפעלה מעמדות הפעלה מקומיות.
- הפעלה מנקודות ריכוז יחידות שליטה הידראוליות.
- הפעלה ידנית של כל שסתום.

גוף הלחץ

גוף הלחץ של צוללת "דולפין" נבנה בצורה המסורתית של חלל אחד (Single Hull), קווי הגוף נבחרו בצורה אופטימלית בכדי להשיג התנגדות מינימלית ולהימנע מרעשי זרימה. לאותה מטרה, כל הפתחים שלא נמצאים בשימוש קבוע, מכוסים בצורה הנותנת לצוללת צורה הידרודינמית מושלמת.

גוף הלחץ עצמו עשוי מפלדה מיוחדת לבנית צוללות, בעלת חוזק וגמישות גבוהים – HY80. חוזק גוף הלחץ תוכנן עם מקדם בטחון של 2. התכנון והבניה הוכחו בצלילה לעומק הגדול ב- 25% מעומק הפעולה המקסימלי של הצוללת, במהלך הצלילה נלקחו מדידות של מעל ל- 100 מדי עיבור שפוזרו לאורך הצוללת.

תכנון גוף הלחץ נעשה במטרה להשיג מקסימום נפח חופשי (לזיווד) עבור דחי מקסימלי מוגדר, תכנון מיוחד זה איפשר לממש סידור פנים עם שני סיפונים לרוב אורכה של הצוללת.

סידור כללי (מחרטום לירכתיים)

סיפון עליון

- איזור מגורים הכולל : חדרי שינה, מפינות ישיבה, שירותים, מטבח וחדרי קירור.
- מרכז ידיעות קרב (מי"ק).
- מרכז טכני להפעלת מערכות השטה.

סיפון תחתון

- מדור צמ"טים, ואיחסון נשקים רזרביים.
- חדר אלקטרוניקה תחתון.
- חדר ממירים.

מתחת לסיפון התחתון

- חדרי מצברים.
- חדרי מכוונות עזר
- מיכלים ושיפוליים.

חדר מכוונות

חדר מכוונות ממוקם בחלקה האחורי של הצוללת והוא בעל סיפון אחד, מכלולים עקריים הממוקמים בחדר:

- מנוע ראשי (חשמלי).
- שלוש דיזל –גנרטורים.
- תחנה הידראולים.
- שני מדחסי לחץ אוויר גבוה.
- משאבת שיפולים.

מתחת לסיפון

- יחידות מיזוג אוויר.
- מיכלים.

לצורכי אחזקה, בתקרת חדר מכוונות מותקן "מחבת אחזקה" המאפשר הוצאת מכלולים גדולים מחדר מכוונות ללא חיתוך גוף הלחץ.

הידרו דינמיקה ותמרון

כתוצאה מתכנון קווי גוף אופטימלי ויחס אורך לקוטר נמוך, לצוללת דולפין יש יכולת תמרון גבוהה. ניהוג הצוללת נעשה עם הגאי X המאופיינים ביעילות גבוהה והגה עומק קדמי. בכדי לאפשר התקשרות נוחה לאורך הרציף, ממדי הגאי ה X הוגבלו לקוטר הצוללת. לכן, בכדי להבטיח לצוללת יציבות דינמית חיובית בכל תחום המהירות, הוספו שני מיצבים. תמרון וניהוג הצוללת נעשה מעמדת הניהוג הנשלטת ע"י מפעיל בודד, לעמדה הניהוג, שתוכננה ע"י חברת Ferranti האנגלית ונבנתה ע"י חברת GEC, יש שני מושבים המאפשרים לפעיל שני לקחת חלק מהמשימות או, כגיבוי מלא, לבצע את כל המשימות. לעמדת הניהוג יש יתרות מלא, יכולות עיקריות:

- אופני הפעלה מדורגים, מניהוג אוטומטי מלא עד הפעלת חירום בעזרת מפעילים הידראולים.
- במקרה של נפילת כח הידראולי, הזנת הכח מדלגת ממעגל אחד למשנהו.
- "מעטפות בטחון צלילה" המשולבות העמדת הניהוג, מגבילות את זווית הטית ההגאים, כתלות בתנאי הצוללת (מהירות, עומק, זווית הטיה, מרחק מהקרקע ו/או פני המים)
- כאשר ההפעלה היא ע"י ההגאי, עמדת הניהוג מציגה "המלצות ניהוג" לשיפור התימרון ולתירגול.
- המלצות שקילה ואיזון מועברות לבשמ"ה.

מערכת בקרה ושליטה מערכות השטה (בשמ"ה)

מהבשמ"ה, שנבנתה ע"י חברת סימנס (Siemens), הצוות מבקר ושולט על המערכות הטכניות ביעילות ובטיחות מקסימלית. למערכת זו רמת אוטומציה גבוהה אשר מאפשרת הפעלה של מערכות בצורה אוטומטית מלאה או תהליכים מלאים (Close Loop). למפעיל יש שליטה על כל שלב בתהליך והוא יכול להתערב בכל שלב ועת שהוא חפץ. ניתן לעקוף פעולות המבוצעות ע"י המחשב, ומשפיעות על בטיחות הצוללת, ע"י מערכת של לחצנים המרוכזים בעמדה, הפועלים ישירות על המכלול (Hard Wire), בעיקר שסתומים האוטמים את גוף הלחץ. המערכת כוללת עשר (10) יחידות מקומיות (LPU – Local Processing Unit) המפוזרות לאורך הצוללת ומחוברות בתקשורת קווית כפולה מסוג SI_NEC_HI אל עמדת ההפעלה, עמדה זו מכילה ארבעה (4) מחשבי תצוגה ושליטה עם מסכים צבעוניים בעלי רזולוציה גבוהה. ממשקי כל מערכת טכנית מרוכזים ביחידה אחת (LPU), יחידות אילו מצוידות בבקרים מתוכנתים מסוג SIMATIC S5-155U. כל פילוסופית המערכת המבוקרת ומודי ההפעלה (כמו" מגבלות בטיחות, הפעלה בדידה לכל מכלול, תהליכים ופעולה אוטומטית) ממומשים בתוכנה המאוחסנת במחשבי היחידה. שיטה זו מאפשרת הפעלה של מערכות שלמות מיחידה אחת דרך לוח הפעלה מקומי (LOP).

האתגר העיקרי בפיתוח מערכת זו היה הגדרת פילוסופיית ההפעלה ברמה העליונה וירידה דרך כל מודי ההפעלה עד לרמת הפעלת המכלול הבדיד. חיל הים השקיע בפיתוח זה את כל ניסיונו בהפעלת צוללות לאורך השנים ובשיתוף פעולה מלא עם מומחים מהמספנות הבונות וחברת Siemens.

עקרון מרכזי בפילוסופיית ההפעלה היה לשלב את המפעיל בתהליכים, כלומר, ללא קשר לפעולות הקשורות בביטחון הצוללת, המערכת אינה מתחילה לבצע תהליכים אוטומטית, אלא, האיתחול מבוצע ע"י מפעיל וערכי פעולה מומלצים ע"י המערכת יקבלו אישור מפעיל. תשומת לב מיוחדת ניתנה לממשק אדם-מכונה, הבקרה נעשית דרך ארבעה מסכים, לוחות הפעלה ייחודיים לכל מערכת ומפסקים להפעלה ישירה (לא דרך המחשב) של מכלולים הקשורים בבטיחות הצוללת (לדוגמא: שסתומי בניים). אפשרויות ההפעלה של כל מערכת נקבעו בהתאם לתדירות ההפעלה (מהפעלה מקומית ידנית בלבד ועד להפעלה של תהליכים שלמים).

מערכות טכניות

מערכת הנעה

מערכת ההנעה מבוססת על השיטה המקובלת בצוללות קובנציונליות, שני סטים של מצברים מספקים מתח ללוח מיתוג ראשי המחבר את המצברים למנוע הראשי בהתאם למהירות הנדרשת. המנוע הראשי מחובר ישירות למדחף דרך מצמד גמיש.

צמ"טים (צינורות מטילי טורפדו)

בחלקה הקדמי של הצוללת מותקנים עשרה (10) צמ"טים רב שימושיים, הצמ"טים תוכנו לנשק בקוטר של 21 אינץ'. הנשק יכול לצאת מהצמ"ט בכוחות עצמו (swim-out) או ע"י הפלטה ע"י בוכנה הידראולית.

מערכת טעינה ואחסון הנמצאת מאחורי הצמ"טים, מאפשרת טעינה חוזרת מהירה של הנשק הרזרבי. רוב פעולות הטעינה והירי נעשות באמצעות מערכת בקרת צמ"טים ומערכת טעינת נשקים. חלק מהפעולות נעשות כתהליכים שלמים (למשל: תהליך הצפה או ריקון).

תרנים

לכל התרנים יש הידור בצורה זירמית במטרה לאפשר להפליג מהר בעומק פריסקופי, ההידור מונע עומס ישיר של הים על התורן ומקטין את הרעידות הנוצרות למינימום. בכדי להקטין למינימום את "ביזבוז" הנפח בתוך הצוללת, רוב התרנים הם "תרנים לא חודרים", התרנים החודרים הם הפריסקופים, בגלל קו הראיה ותורן קשר ראשי בגלל אנטנת השוט הארוכה. תורן השינור החדשני, מאפשר הכנה לשינור בעומק.

מערכת ריקון חירום

על בסיס הניסיון שהצטבר ממערכת ההידרצין המותקנת בצוללות ה"גל", ח"י החליט לפתח מערכת ריקון חירום אשר משתמשת בלחץ אויר גבוה המאוחסן במיכלים, עקרון הפעולה מבוסס על שחרור אויר בקצב גבוה מאוד אל מיכלי הצלילה.
המערכת כוללת מיכלי אויר בנפח של כ- 9 מ"ק ובלחץ של 250 בר, צנרת בקוטר גדול (80 מ"מ) ושסתום בקרה שפותח במיוחד ומונע לחץ יתר במיכלי צלילה.
יתרונות המערכת:

- מערכת בטוחה ביותר – בהשוואה להידרצין.
- ניתן להתחיל ולהפסיק את התהליך בכל עת ושלב.
- ניתן להשתמש במערכת אינספור פעמים, נדרש רק למלא את מיכלי האוויר.
חסרונות ביחס להידרצין:
- נפח הריקון תלוי בעומק הצוללת – לא ניתן לרוקן את מלוא מיכלי הצלילה בעומק מירבי.

מעטפות ביטחון צלילה

מעטפות ביטחון צלילה מגדירות את המרחב בו הצוללת צריכה להימצא בכדי להבטיח שבמקרה של אירוע חירום, תגובות החירום ימנעו נזק או אובדן הצוללת. אירועים מרכזיים אליהם מתוכננות המעטפות הם תפיסת הגאים או הצפה.
מעטפות ביטחון צלילה מתוארות ע"י סט משוואת שנגזרו מתוך מספר רב של סימולציות של אירועים הכוללים שימוש במערכת ריקון חירום, ותגובות מנוע כאמצעים ליציאה ממצבי החירום.
כעקרון המשוואות מגדירות הגבלה של זווית הטית הגאים כתלות במהירות הצוללת, זווית הטיה אורכית, עומק צלילה ומרחק מקרקעית הים או מפני המים.
במקרה של הצפה, היכולת להנציל את הצוללת תלויה בריקון החירום למיכלי צלילה והיכולת לאטום את הצוללת.
המעטפות משולבות בתוכנת עמדת הניהוג, לכן המפעיל מקבל נתונים על מרחק התימרון החופשי או התראה במקרה של יציאה ממרחב זה. במוד הפעלה אוטומטי המערכת מגבילה את זוויות הטית ההגאים כך שהצוללת תישאר בתוך תחום המעטפת.

היחלצות והנצלה

כאשר כל מאמצי הצלת הצוללת נכשלו והצוללת שוקעת אל קרקעית הים, הצוות יכול לחלץ עצמו בתהליך היחלצות חפוז באמצעות חליפות היחלצות ומערכת הנשימה BIBS שנועדה לכך.
כאשר גוף הלחץ נשאר שלם וחדירת המים הופסקה, ניתן להמתין לצוללת חילוץ DSRV או לבצע היחלצות זוגות דרך הביתן באמצעות מערכת ניפוח חגורת ההיחלצות – HIS.

בנוסף מותקנת על הסיפון סירת היחלצות המאוחסנת בתוך כדור אטום ללחץ, אשר במקרה של מצוקה משוחרר מהצוללת, עולה לפני המים, הסירה מתנפחת ומשדר שנמצא בתוכה משדר אותות מצוקה.
כמו כן יש אפשרות לשגר נרות סימון מתוך הצוללת דרך מפלט תת-מימי.

סיכום

פרויקט "דולפין" הינו פרויקט מורכב ומסובך שעדיין לא הסתיים.

חיל הים קיבל צוללת מודרנית, מתוחכמת ומובילה בתחומים רבים.

למרות גודלה ומספר אנשי צוות קטן יחסית, בעזרת מערכות אוטומציה משולבות, יש לצוללת מגוון רחב של יכולות תוך שמירה וזריזות תימרון מצוינת.

אין ספק שזהו הישג ראוי ונאה לקונסורציום הגרמני (TNSW, HDW) כמו גם ל-STN ATLAS ולחיל הים הישראלי.