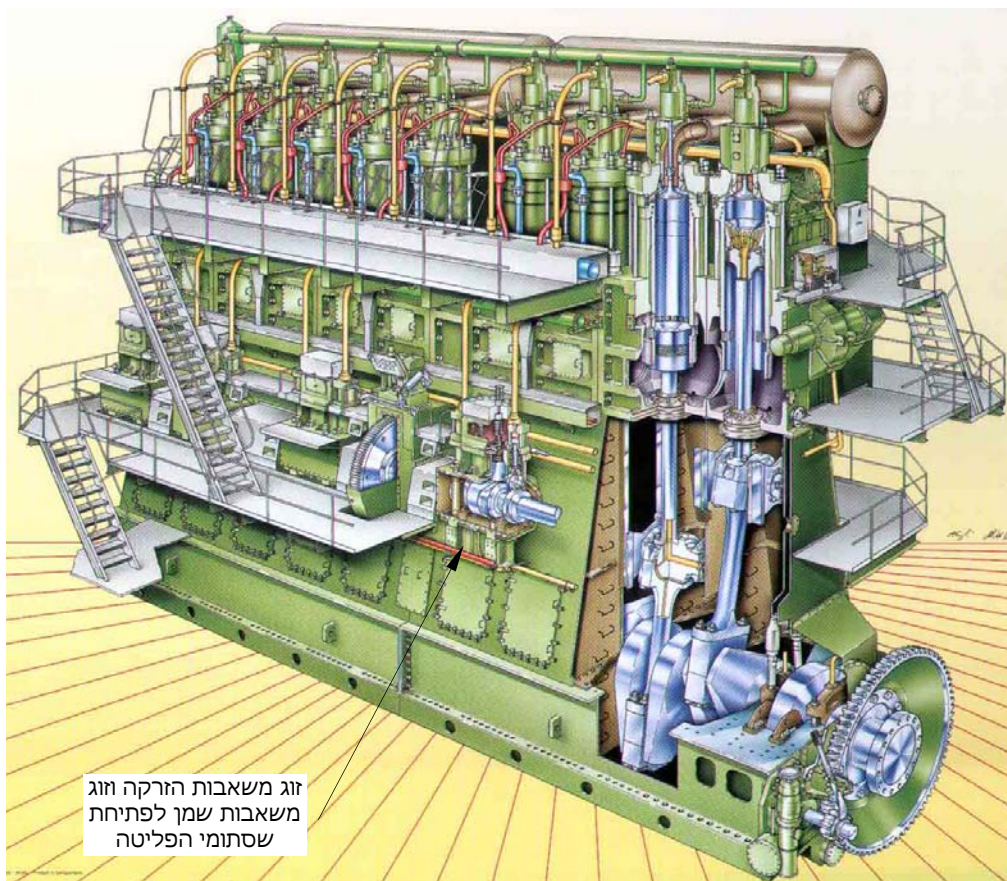


משאבת ההזרקה במנועי ראש צלב מתוצרת Sulzer

משאבות ההזרקה במנועי ראש צלב מתוצרת Sulzer שונות ממשאבות ההזרקה מדגם בוש הנפוצות והמוכרות יותר. המשאבה בנויה מטובלן פשוט, ללא חריץ לולייני, הנע בתוך צילינדר, ומשני שסתומים: אחד לכניסת דלק והשני לפריקת לחץ (עודפים). הטובלן נדחף מעלה כנגד קפיץ על ידי פיקת הדלק (שעל גל הפיקות). שני השסתומים נפתחים בצורה מכנית, באמצעות מערכת מוטות, על ידי הטובלן עצמו תוך כדי תנועתו מעלה ומטה. שסתום היניקה (suction valve) קובע מתי תתחיל ההזרקה, ואילו שסתום פריקת הלחץ (spill valve), הנשלט על ידי וסת המהירות, קובע את סוף ההזרקה ועל ידי כך גם את כמות הדלק המוזרקת.

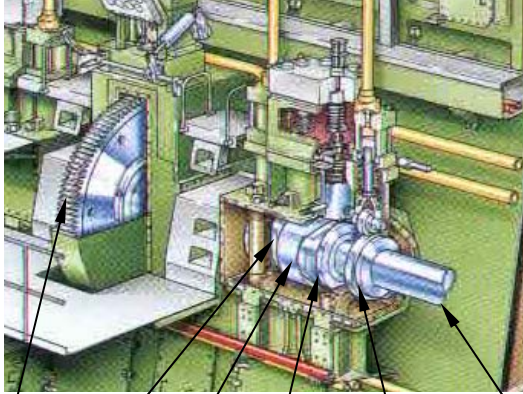
ניתן לבטל את פעולתה של משאבה בודדת במקרה של תקלה, כך שהטובלן לא ינוע כלל. כמו כן מצוידת כל משאבה במנגנון הדממה, המפסיק את הזרקת הדלק במקרה של תקלה באחת המערכות החיוניות של הצילינדר או המנוע.

מיקום משאבות ההזרקה על המנוע



פעולת המשאבה

כניסת הדלק לצילינדר הטובלן מתחילה כאשר הטובלן יורד משיא הפיקה. דחיף שסתום היניקה מתרומם, השסתום נפתח, ודלק בלחץ נמוך ממערכת הדלק של המנוע נכנס אל צילינדר הטובלן וממלא אותו. באותו זמן פתוח גם שסתום פריקת הלחץ (העודפים), כך שחלק מן הדלק זורם אל קו העודפים. תוך כדי ירידת הטובלן נסגר שסתום העודפים, אך שסתום היניקה נותר פתוח כל אורך המהלך.



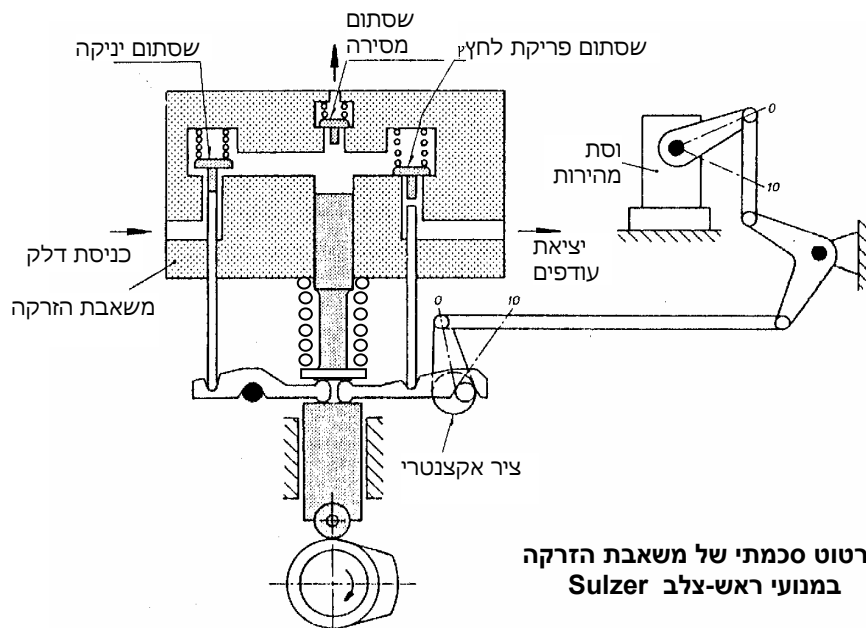
גל פיקות
פיקת פליטה
פיקת דלק
פיקת דלק
סרומוטור הידראולי להפיכת כיוון סיבוב המנוע
גג"ש

ההזרקה מתחילה קצת אחרי נקודה מתה תחתונה של הטובלן, כשהטובלן בעלייה ושסתום היניקה נסגר לגמרי. הדלק נדחס, לחצו עולה מיד, וכשהוא מגיע ללחץ אליו כוון השסתום המחטי במרסס, נסנק הדלק דרך שסתום המסירה אל המרסס. לחץ הדלק אל המרסס מוסיף לעלות תוך כדי התרוממות הטובלן עד פי שניים-שלושה יותר מלחץ ההזרקה של השסתום המחטי.

עם התרוממות הטובלן (במהלך ההזרקה) מתרומם גם דחיף שסתום הפריקה. ברגע בו נפתח שסתום הפריקה, הלחץ בחלל הדחיסה נופל, השסתום המחטי במרסס ושסתום המסירה במשאבה נסגרים וההזרקה נפסקת. הטובלן ממשיך לעלות עד נמ"ע.

המהלך היעיל של הטובלן הוא מהרגע בו נסגר שסתום היניקה ומתחילה ההזרקה ועד הרגע בו נפתח שסתום הפריקה והיא נפסקת.

כיוון כמות הדלק המוזרקת נעשה על ידי וסת המהירות, המסובב את הציר האקצנטרי של שסתום הפריקה. סיבוב הציר מגדיל או מקטין את המרווח בין קצה הדחיף והשסתום, ועל ידי כך משנה את המהלך היעיל של הטובלן. מרווח גדול יגרום לאיחור פתיחת השסתום ולהזרקה כמות דלק גדולה, מרווח קטן יגרום להקדמת פתיחת השסתום ולהזרקה כמות דלק קטנה.



שרטוט סכמתי של משאבת הזרקה
במנועי ראש-צלב Sulzer

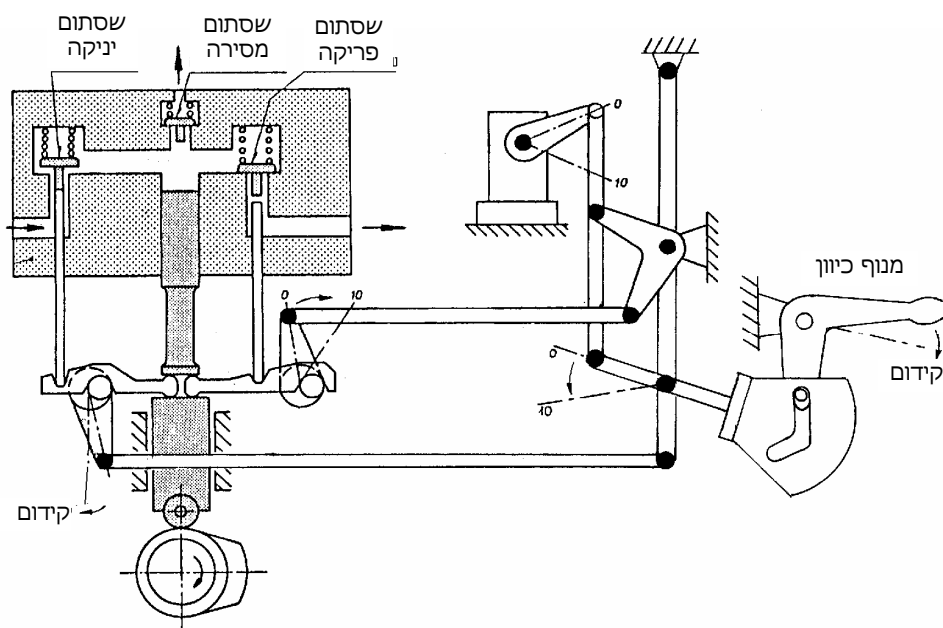
מנגנון לשינוי תחילת ההזרקה

משאבות ההזרקה מצוידות במנגנון לשינוי תזמון ההזרקה (VIT = Variable Injection Timing) בהתאם לעומס על המנוע ולאיכות הדלק. המנגנון משנה את התזמון של כל משאבות ההזרקה. (כיוונים ראשוניים של משאבה בודדת נעשים על ידי קביעת המרווחים בין הדחפים לבין שסתומי היניקה והפריקה).

במנועים בעלי תחילת הזרקה קבועה, לחץ השריפה מגיע לשיעורו המקסימלי כשמוזרקת כמות דלק מרבית (עומס מלא); וככל שלחץ גזי השריפה גדול יותר, כן גדלה גם נצילותו התרמית של המנוע וקטנה תצרוכת הדלק הסגולית שלו. המנגנון מאפשר להשיג לחצי שריפה גבוהים מן הרגיל גם כשהמנוע אינו פועל בעומס מלא, כלומר כשאנו מזריק כמות דלק מקסימלית. הדבר מושג על ידי איחור תחילת ההזרקה בצורה מכנית, כלומר סגירה מאוחרת יותר של שסתום היניקה. כתוצאה מכך הלחץ המקסימלי של גזי השריפה ייבנה בנקודה מתה עליונה או קצת מעט אחריה (כמו במקרה של הזרקת דלק מקסימלית), והמשמעות המעשית היא הקטנת תצרוכת הדלק הסגולית וחסכון בדלק. ניתן לדמות זאת להזזת הדיאגרמה המשוכה (דיאגרמת שריפה) ימינה או שמאלה, כדי להתאים את נקודת שיא הלחץ שלה למקום בו יפעילו גזי השריפה את הכוח היעיל ביותר על הבוכנה.

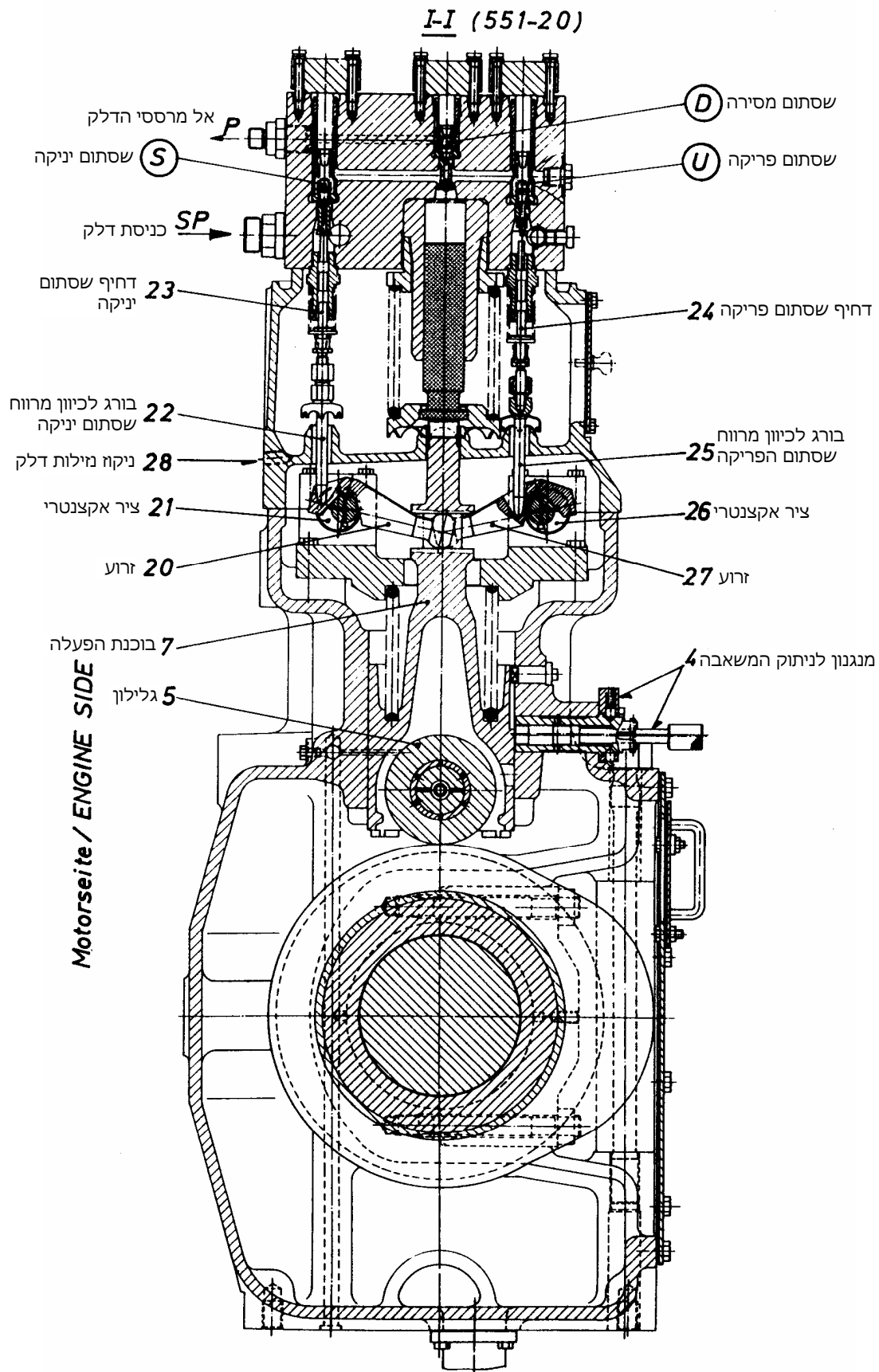
מנגנון הכיוון משנה בו-זמנית ובאותו שיעור את עיתוי סגירת שסתום היניקה ופתיחת שסתום הפריקה.

אותו מנגנון משמש גם לשינוי תזמון ההזרקה בהתאם לאיכות הדלק. לדוגמה, אם המנוע שורף דלק מאיכות ירודה, שאינו מתלקח בנקל, ייוצר פיגור הצתה גדול מדי שיגרור אחריו שריפה מאוחרת, ירידת לחץ גזי השריפה ותצרוכת דלק סגולית גדולה. כדי למנוע זאת מקדימים את ההזרקה.



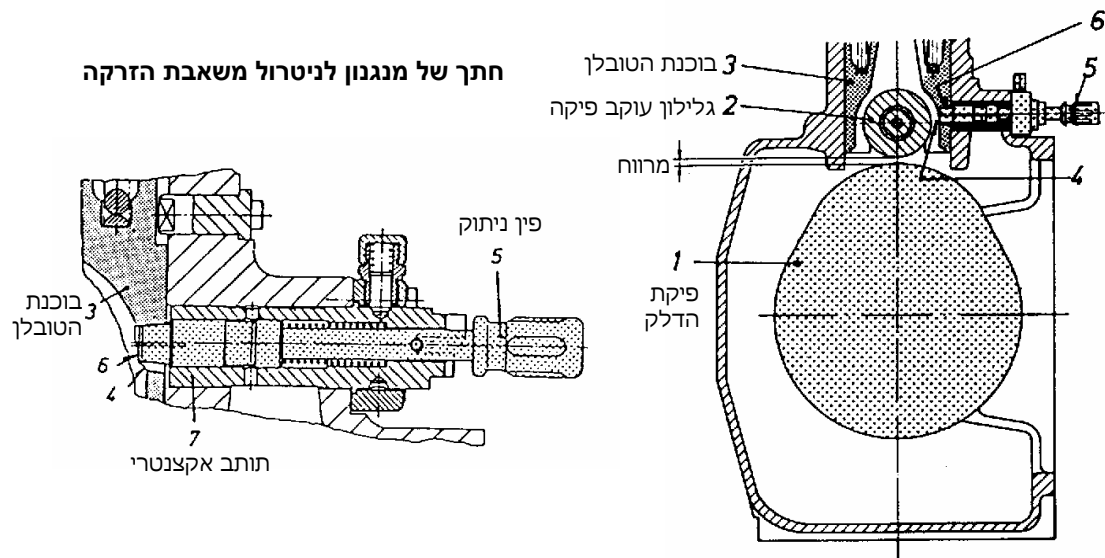
תרשים סכמתי של משאבת הזרקה בעלת התחלת הזרקה משתנה

חתך רוחב של משאבת הזרקה של מנוע Sulzer RTA (זוג משאבות במעטה משותף אחד)



ניתוק משאבת הזרקה בודדת

ניתן להפסיק את פעולת משאבת הזרקה בודדת ולהמשיך ולהפעיל את המנוע ללא אותו צילינדר. כל משאבת הזרקה מצוידת בפין ניתוק (cut-out pin), אשר נכנס לתוך קדח מתאים בבוכנת ההפעלה של טובלן המשאבה. הפין נישא בתוך תותב מיסוב אקצנטרי. לאחר השחלת הפין וסיבוב התותב האקצנטרי מתרומם הגלילון מעל הפיקה והיא מסתובבת מבלי לגעת בו. את פעולת הניתוק והחיבור מחדש ניתן לבצע כשהמנוע סובב במהירות איטית או מודמם.



מנגנון הדממה בחרום (safety cut-out device)

כל משאבה מצוידת במנגנון הדממה, המרים בו זמנית את שסתומי היניקה והפריקה ללא תלות במצב הטובלן, וע"י כך מנתק את הדלק למרססים של אותה משאבה. המנגנון מופעל באמצעות בוכנה פנאומטית ושסתום סולנואידי חשמלי ממערכת הבקרה של המנוע.

המנגנון מופעל במקרים של כשל באחת המערכות החיוניות של המנוע או של הצילינדר המסוים:

1. הדממת חרום של המנוע.
2. מהירות יתר של המנוע.
3. לחץ שמן סיכה נמוך מדי של המנוע.
4. לחץ אוויר נמוך מדי לשסתום פליטה בראש הצילינדר.
5. כשל במערכת שמן הסיכה לצילינדר.
6. טמפרטורת מי קירור של הצילינדר גבוהה מדי.

הדממה רגילה של המנוע נעשית באמצעות וסת המהירות, השולט על שסתום הפריקה (העודפים).

סיכת החלקים הנעים

חלקו העליון של הטובלן מקבל סיכה מהדלק עצמו. חלקו התחתון ויתר החלקים הנעים של המשאבה מקבלים אספקת שמן בלחץ דרך מעברים קדוחים בבית המשאבה. כדי למנוע דליפת דלק מצילינדר הטובלן אל מערכת שמן הסיכה כאשר הוא נשחק יתר על המידה, מבודד הצילינדר על ידי מחיצה בבית המשאבה. קדח ניקוז מאפשר גילוי נזילות דלק.