

9/27/2005



זרם חילופין

מסמך זה הורד מהאתר <http://www.underwar.co.il>

אין להפיץ מסמך זה במדיה כלשהי, ללא אישור מפורש מאת המחבר.
מחבר המסמך איננו אחראי לכל נזק, ישיר או עקיף, שיגרם עקב השימוש במידע המופיע במסמך, וכן
לנכונות התוכן של הנושאים המופיעים במסמך. עם זאת, המחבר עשה את מירב המאמצים כדי לספק את
המידע המדויק והמלא ביותר.

הזכויות למסמך זה שייכות ל-Stealth_Fighter.
המסמך נערך על ידי ניר אדר (nir@underwar.co.il).

זרם חילופין

זרם ישר הינו תנועת אלקטרונים מפוטנציאל גבוה אל פוטנציאל נמוך, זרם חילופין לעומתו, הינו זרם של אלקטרונים שמחליף את כיוונו בתדירות קבועה מספר רב של פעמים בשנייה. כדי לייצר זרם ישר נדרש להשקיע עבודה בהעלאת אלקטרונים מפוטנציאל נמוך לגבוה ועל מנת שהמתח יישאר קבוע נדרשת גם עבודה קבועה. מקור מתח חילופין קל יותר ליצור, ולכן ברוב ארצות העולם, כולל ישראל, משתמשים בזרם חילופין כמקור מתח ברשת החשמל. זרם חילופין נוצר ע"י השראה מגנטית, ע"י סיבוב מסגרת מתכת בתוך מסגרת שדה מגנטי. מכיוון שהזווית של המסגרת כלפי השדה משתנה, שטח הפנים שעליו חל השדה משתנה ולכן יש שינוי קבוע בשטף המגנטי, שיוצר כא"מ מושרה. צורה זו שבה נוצר הזרם גורמת לו לנהוג בצורה שונה, המתח מתנהג לפי גרף סינוס. בכל מחזור הוא נע בין המתח המקסימלי לבין מינוס המתח המקסימלי וחזרה בהתאם לשטח חתך המסגרת כלפי השדה המגנטי.

$$V_t = V_{\max} \cdot \sin(\omega T)$$

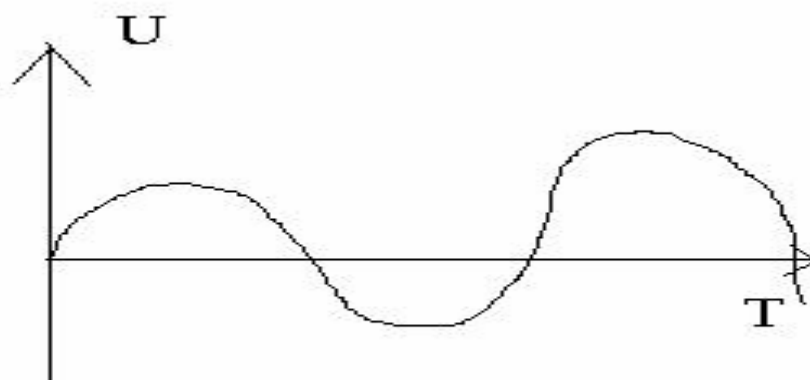
לכן, המתח כתלות בזמן הינו:

כאשר: ω הינה המהירות הזוויתית של סיבוב לוח המתכת

T הוא הזמן בו המתח מחושב.

$V_{\max}$ הוא המתח המקסימלי.

מתח כפונקציה של זמן:



רכיבים במעגל זרם חילופין:

בגלל הצורה שבא הזרם נוצר, חלק מהרכיבים במעגל מתנהגים שונה כאשר הם מחוברים אל מעגל זרם חילופין. הסיבה לכך היא שיש הפרשי מופע בין הזרם למתח. הפרש המופע נגרם עקב התגובה של הרכיבים השונים לעובדה שהמתח משתנה בכל רגע וגם מחליף כיוון.

o נגד (R) - הנגד הוא הרכיב היחיד במעגל שבו אין הפרש מופע בין המתח לזרם, ולכן אין שינוי מהותי בהתנהגותו כרכיב במעגל זרם חילופין. הנגד מאופיין בהתנגדותו שנמדדת באוהמים.

o קבל (C) - על הקבל יש הפרש מופע כך שהמתח מופיע רבע זמן מחזור ($\frac{\pi}{2}$) אחרי הזרם. הקבל מאופיין בקיבול הנמדד ב פאראד (ערכים אופייניים הם במיקרו פאראד). במעגלי זרם יש קבל היה ממשיך להתמלא עד שהוא היה יוצר נתק, ואילו פה הקבל מתמלא ומתרוקן כל הזמן ולכן ואף פעם לא ייצור נתק.

o סליל (L) - רכיב זה לא מצוי בדרך כלל במעגל זרם ישר כי שם הוא מתפקד בתור קצר במידה והוא סליל אידיאלי, אבל במעגלי זרם חילופין בגלל השינוי במתח משתנה השדה המגנטי. בסליל המתח מקדים את הזרם ברבע זמן מחזור. המאפיין של סליל הוא ההשראות שלו. סליל גם מהווה נגד, אלא אם הוא מוגדר כסליל "טהור" ובמקרה זה הוא אינו מהווה התנגדות (סליל כזה לא קיים במציאות כמו שאין חוטי חשמל שחסרי התנגדות). כאשר יש לסליל התנגדות, מתייחסים אליו כאל עוד נגד במעגל. לדוגמא, כאשר צריכים לחשב את הפרש המופע בסליל צריך לקחת את שני המרכיבים בחשבון ומסמנים את ההתנגדות של הסליל ב RL.

כל המאפיינים של הרכיבים במעגל הם למעשי מרכיבים גאומטריים של הרכיבים ואפשר למצוא אותם במדידות שונות, כפי שנלמד בפרק "חשמל".

עכבה במעגל טורי

עכבה והיגב הם שמות נרדפים להתנגדות (בהתאם לרכיב) והם גם כן נמדדים באוהם. הפרשי המופע ברכיבים השונים גורמים לרכיבים להתנגדות הדומה להתנהגות של נגד.

היגב הקבל הינו: $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$, והיגב הסליל שווה ל: $X_L = \omega \cdot L$.

כדי לחשב את הזרם המקסימאלי במעגל כאשר נתון המתח המקסימלי, לפי חוק אוהם נדרש לדעת את ההתנגדות הכוללת או העכבה הכוללת המעגל (מסומנת באות Z). את העכבה מחשבים בצורה ווקטורית, בניגוד לסיכום הסקלארי של ההתנגדות במעגלי זרם ישר, בגלל הפרשי המופע. לפי הציור מעלה, ומשפט פיתגורס העכבה היא:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

ואז לפי חוק אוהם:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{Z}$$

הבעיה פה היא שאי אפשר להביע את הזרם בלי להתחשב בזווית המופע הכוללת במעגל, זווית המופע היא הזווית שנוצרת בין הווקטורים של ציר ה-X וציר ה-Y או בהתאם, הזווית בין הזרם למתח הכללי.

אפשר לחשב אותה בצורה זאת:

$$\cos(\alpha) = \frac{R}{Z} \quad \text{או} \quad \tan(\alpha) = X_c - \frac{X_L}{R}$$

לאחר שיש לנו את הזווית ניתן לחשב את הזרם הרגעי במעגל באמצעות:

$$I_{\text{יעג}} = I_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot L - A)$$

דבר נוסף שחשוב לציין כאן הוא, שבגלל הפרשי המופע אם נעשה סכום של המתחים המקסימליים שנופלים על הרכיבים השונים במעגל לא נגיע למתח הכולל, משום שהמתח נופל ברגעים שונים. לכן מה שעלינו לעשות הוא לחשב לפי מתח רגעי של כל הרכיבים ברגע נתון, או לעשות את החישוב בצורה ווקטורית עם המתחים המקסימליים.

הספקים במעגל זרם חילופין:

זרם ומתח אפקטיביים

על מנת לחשב הספקים במעגל זרם חילופין חייבים להשתמש בערכים אפקטיביים של המתח והזרם. את הערכים האפקטיביים נמצא באופן הבא:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

הערה: כאשר אנחנו מחברים למעגל אמפרמטר או וולטמטר, הם מציגים את הערך האפקטיבי של הזרם או המתח במעגל.

הספק

חשוב לדעת שלמעשה ההספק היחידי או החום שנפלט ומתבזבז כתוצאה מעבודת המעגל הוא מהנגד בלבד, משום שהקבל והסליל "לוקחים" אנרגיה מהמעגל בחצי זמן מחזור ובחצי השני "מחזירים" אנרגיה למעגל (הקבל לדוגמא נטען ואז נפרק בכל החלפה של הקטבים).

ההספק מחושב באופן הבא:

$$P = I_{eff}^2 \cdot R$$

$$P = I_{eff} \cdot U_{eff} \cdot \cos(\alpha)$$

α היא זווית המופע במעגל, הביטוי $\cos(\alpha)$ נקרא גורם ההספק, והוא מחושב (כפי שכבר צויין) כך:

$$\cos(\alpha) = \frac{R}{Z}$$

תהודה:

תהודה היא מצב בו הזרם במעגל מקסימלי, כי המרכיבים של הקבל והסליל מאזנים אחד את השני, העכבה הכוללת היא מינימלית (כי יש יחס הפוך בין העכבה לזרם). מצב זה מושג ע"י שינוי התדירות

$$\text{והשגת התנאי } WL = \frac{1}{WC}$$

חוץ מהעובדה שבמצב זה הזרם מקסימלי, אפשר להשתמש בתכונה זאת של המעגל על מנת לחשב את המאפיינים של אחד מהרכיבים המעגל. לדוגמא לחבר נגד וקבל בעלי מאפיינים ידועים וסליל בעל מאפיין בלתי ידוע וע"י צפייה במד הזרם תוך כדי שינוי התדירות, אפשר יהיה לדעת כאשר נגיע לזרם מקסימלי מה ההשראות של הסליל.

מעגל זרם חילופין מקבילי:

כאשר המעגל הוא מקבילי, המתח שנופל על כל החלקים שמחוברים במקביל שווה למתח המקור. ישנם שני הבדלים בין חיבור במקביל לחיבור בטור במעגל זרם חילופין:

1. הפרשי המופע של הקבל והסליל שונים – במעגל זרם חילופין מקבילי, הקבל הוא זה

שמקדים את הזרם והסליל מאחר (באותו יחס – $\frac{\pi}{2}$ או רבע זמן מחזור).

2. העכבה הכוללת מחושבת באופן הבא:

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left[\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right]^2}$$

זווית המופע של המעגל במעגל מקבילי:

$$\cos(\alpha) = \frac{Z}{R} *$$

* שימו לב שנוסחה זאת הפוכה לנוסחת חישוב זווית המופע במעגל טורי.

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}}$$