



## השוואת נצילות של ווסת מהירות 6 פולסים עם פילטר LINEATOR לווסת AFE

### כללי

המסמך הזה ישווה בין עלויות האנרגיה בשימוש בווסת מהירות בשתי שיטות של סינון הרמוניות:

1. ווסת מהירות עם חלק קדמי פעיל (AFE – Active Front End)
2. ווסת מהירות עם 6 פולסים ומסנן הרמוניות טורי מסוג LINEATOR.

### קביעת נקודות העבודה

ביישום הנדון, ע"פ מנהל הפרויקט, התדר המסופק למנוע משתנה בין 45 ל-48 הרץ, ולעיתים יורד עד כדי 42 הרץ, כלומר מהירות מנוע של 1260 עד 1440 סל"ד (מנוע 4 קטבים). מכיוון שבד"כ היצרנים מספקים מידע אודות הנצילות במהירויות 1200 ו-1500 סל"ד, נשתמש בנקודות העבודה האלו לצרכי הניתוח.

נצילות של ווסתי מהירות מסופקת במספר נקודות עבודה של מהירויות ומומנט. הניתוח הזה מבוצע על מנוע המחובר למשאבה, כלומר המומנט הוא ליניארי עם המהירות בריבוע. מכיוון ש-1500 סל"ד זה מומנט מלא, 1200 סל"ד שקולים ל-64% מומנט ( $(1200/1500)^2$ ). הספק המנוע לינארי עם מכפלת המהירות במומנט, כלומר 100% הספק במהירות הגבוהה או 51% הספק ( $64\% * 1200/1500 = 51.2\%$ ) למהירות הנמוכה יותר. לצרכי פשטות, נעגל ל-50%.

### נצילות ווסת המהירות

ההשוואה מבוצעת בין שני ווסתי מהירות מתוצרת ABB בהספק של 800 קו"ט – דגם ACS 800-37 (AFE) ודגם ACS 800-07 (6 pulse). היצרן מספק נתוני הפסדים במהירויות ומומנטים שונים, מהם ניקח את שתי הנקודות הרלוונטיות כפי שמופיע בטבלה (לחישוב הפרש בין נצילות עדיף לבחור בנתונים הממוצעים מאשר הגרועים ביותר):

| ACS 800-37 | ACS 800-07 |                       |
|------------|------------|-----------------------|
| 17.2 kW    | 10.2 kW    | 1200 סל"ד, 64% מומנט  |
| 30.0 kW    | 16.1 kW    | 1500 סל"ד, 100% מומנט |

הנתונים האלו סופקו ע"י היצרן, ללא התייחסות לעובדה שהם משתנים כתלות בתדר המיתוג. ככל שתדר המיתוג יגדל, ההפסדים יגדלו וכן ההפרש בין ווסת AFE לרגיל יגדלו.

### נצילות המסנן

ההשוואה היא עבור משנק טורי דגם LINEATOR המיוצר בקנדה ע"י חברת MIRUS International, וסופק ע"י חברת ABB, בהיותה שותף OEM של MIRUS, עם ווסתי מהירות 6 פולסים בפרויקטים רבים. יצרן המסנן מתחייב לעמידה בדרישות IEEE 519-1992 וכן אמות המידה של הרשות לשירותים ציבוריים חשמל בכל נקודות העבודה. תוצאת השילוב של ווסת 6 פולסים עם LINEATOR מספקת סינון הרמוניות דומה לווסת אקטיבי (AFE), תוך שמירה על פשטות המערכת וללא הפרעות EMC/RFI אשר נגרמות ע"י המיתוג הפנימי של ווסת AFE.

ה-LINEATOR הוא רכיב פסיבי המתוכנן לנצילות גבוהה במיוחד. ע"פ נתוני היצרן (בהמשך), הנצילות של מסנן 800 קו"ט בעומס 50% היא 99.45% והנצילות בעומס מלא היא 99.39%. המשמעות היא הפסדים של 2.2 קו"ט בעומס חלקי ו-4.9 קו"ט בעומס מלא.



## מיזוג אוויר

באקלים החם השורר בארץ, חדרי החשמל בד"כ ממוזגים. נצילות של מזגנים נמדדת ע"י הנתון COP, אשר ערכיו נעים בין 2.5 ל-4.0. לצורכי פשטות ניקח את הערך האמצעי, כלומר לכל קילו וואט של הפסדי מערכת, נדרשים 0.3 קו"ט נוספים לקרר את החום הנוסף הנגרם מהפסדים אלו.

## תוצאות

הטבלה הבאה מסכמת את ההפסדים בשתי נקודות העבודה ובשתי החלופות המוצעות:

| עומס חלקי  |            | עומס מלא   |            | הפסדים (קו"ט) |
|------------|------------|------------|------------|---------------|
| ACS 800-37 | ACS 800-07 | ACS 800-37 | ACS 800-07 |               |
| 17.2       | 10.2       | 30.0       | 16.1       | הפסדים בווסת  |
| 0.0        | 2.2        | 0.0        | 4.9        | הפסדים במסנן  |
| 5.2        | 3.7        | 9.0        | 6.3        | מיזוג אוויר   |
| 22.4       | 16.1       | 39.0       | 27.3       | סה"כ          |
| 6.3        |            | 11.7       |            | הפרש (קו"ט)   |

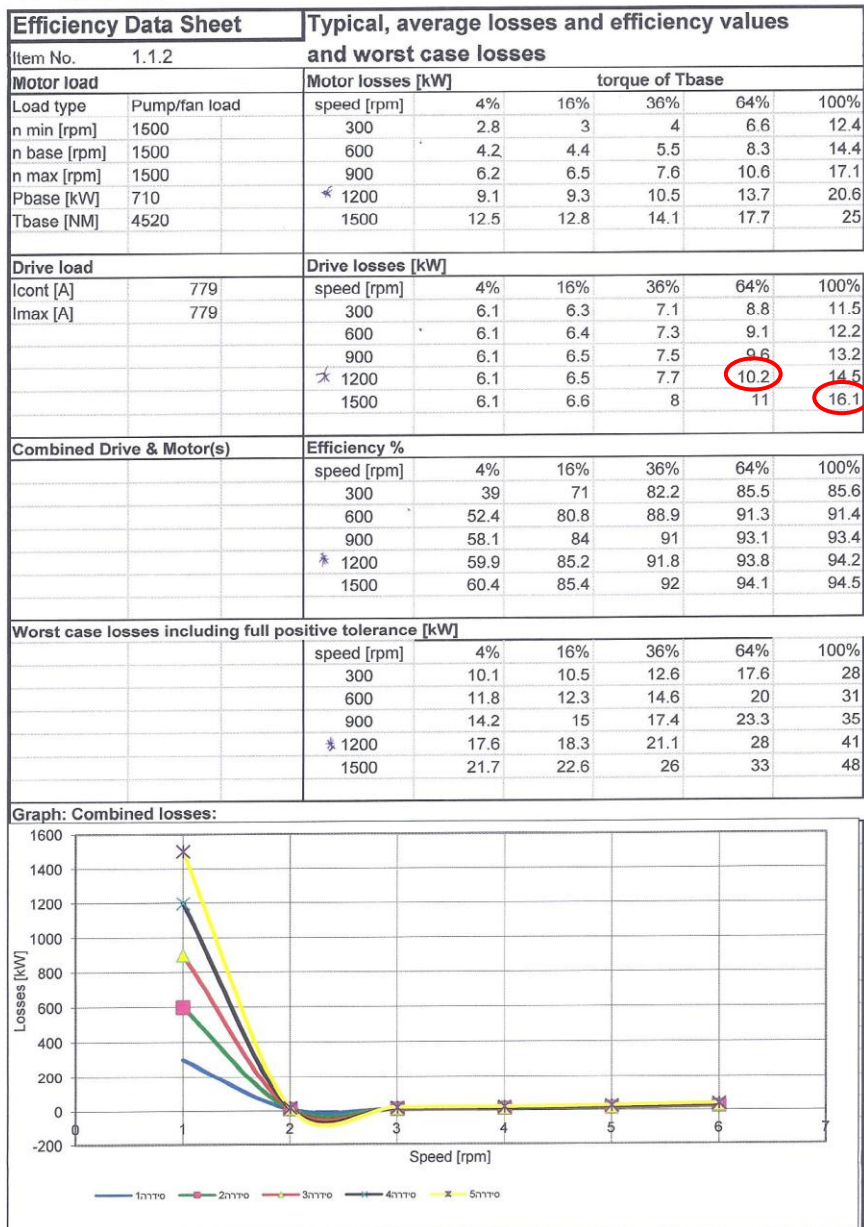
בהנחה של עבודה בתדר 48 הרץ ב-50% מהזמן, 45 הרץ ב-25% מהזמן ו-42 הרץ בשאר הזמן, ההפרש הממוצע בין שני הפתרונות הוא 10.35 קו"ט, כלומר 90,666 קוט"ש בשנה. במחיר חשמל של 12 סנט לקוט"ש, השווי הכספי הוא 10,880 דולר בשנה או **326,400 דולר** במשך חיי המערכת (30 שנים).

## מסקנות

שימוש בווסת 6 פולסים עם מסנן LINEATOR הוא לא רק הפתרון הטוב ביותר, המספק סינון מירבי, מינימום אחזקה, ללא הפרעות EMC/RFI והאמינות הגבוהה ביותר, אלא הוא גם הפתרון הכלכלי ביותר.



## נספח – נתוני נצילות





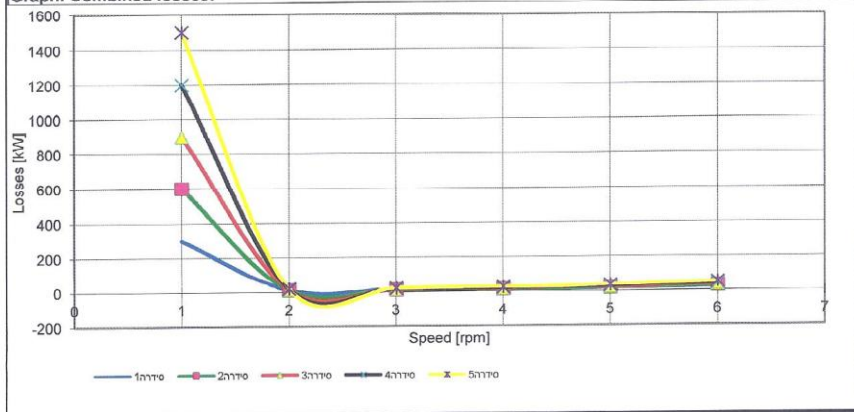
פ"י ק"י. דוקטור Power Quality Doctor.com  
 ניתוח איכות חשמל והתייעלות אנרגטית ללא תשלום  
 רק' כוכבן 11, הוד השרון, מיקוד 4522810

טל. 09-7433377 • פקס. 09-7433377 • נייד 052-6347737  
 www.PowerQualityDoctor.com • TheDoctor@PowerQualityDoctor.com

**ABB**

| Efficiency Data Sheet                                           |               |  | Typical, average losses and efficiency values and worst case losses |      |      |                        |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|--|---------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------|------|------|
| Item No. 1.1.2                                                  |               |  |                                                                     |      |      |                        |      |      |
| <b>Motor load</b>                                               |               |  | <b>Motor losses [kW]</b>                                            |      |      | <b>torque of Tbase</b> |      |      |
| Load type                                                       | Pump/fan load |  | speed [rpm]                                                         | 4%   | 16%  | 36%                    | 64%  | 100% |
| n min [rpm]                                                     | 1500          |  | 300                                                                 | 2.18 | 2.41 | 3.4                    | 6.2  | 12.3 |
| n base [rpm]                                                    | 1500          |  | 600                                                                 | 3.4  | 3.7  | 4.8                    | 7.7  | 14.2 |
| n max [rpm]                                                     | 1500          |  | 900                                                                 | 5.2  | 5.5  | 6.7                    | 9.8  | 16.7 |
| Pbase [kW]                                                      | 710           |  | 1200                                                                | 7.8  | 8.1  | 9.3                    | 12.7 | 20   |
| Tbase [NM]                                                      | 4520          |  | 1500                                                                | 11.3 | 11.6 | 12.9                   | 16.6 | 24.4 |
| <b>Drive load</b>                                               |               |  | <b>Drive losses [kW]</b>                                            |      |      |                        |      |      |
| Icont [A]                                                       | 700           |  | speed [rpm]                                                         | 4%   | 16%  | 36%                    | 64%  | 100% |
| Imax [A]                                                        | 700           |  | 300                                                                 | 9    | 9.4  | 10.4                   | 12.4 | 15.5 |
|                                                                 |               |  | 600                                                                 | 9    | 9.6  | 11                     | 13.7 | 17.9 |
|                                                                 |               |  | 900                                                                 | 9.1  | 9.9  | 11.7                   | 15.3 | 21.1 |
|                                                                 |               |  | 1200                                                                | 9.2  | 10.1 | 12.5                   | 17.2 | 25   |
|                                                                 |               |  | 1500                                                                | 9.2  | 10.4 | 13.4                   | 19.4 | 30   |
| <b>Combined Drive &amp; Motor(s)</b>                            |               |  | <b>Efficiency %</b>                                                 |      |      |                        |      |      |
|                                                                 |               |  | speed [rpm]                                                         | 4%   | 16%  | 36%                    | 64%  | 100% |
|                                                                 |               |  | 300                                                                 | 33.7 | 65.8 | 78.7                   | 83   | 83.6 |
|                                                                 |               |  | 600                                                                 | 47.8 | 77.4 | 86.6                   | 89.5 | 89.8 |
|                                                                 |               |  | 900                                                                 | 54.4 | 81.6 | 89.3                   | 91.6 | 91.8 |
|                                                                 |               |  | 1200                                                                | 57.2 | 83.3 | 90.4                   | 92.4 | 92.7 |
|                                                                 |               |  | 1500                                                                | 58.1 | 83.8 | 90.7                   | 92.7 | 92.9 |
| <b>Worst case losses including full positive tolerance [kW]</b> |               |  |                                                                     |      |      |                        |      |      |
|                                                                 |               |  | speed [rpm]                                                         | 4%   | 16%  | 36%                    | 64%  | 100% |
|                                                                 |               |  | 300                                                                 | 12.5 | 13.2 | 15.5                   | 21.1 | 32   |
|                                                                 |               |  | 600                                                                 | 14   | 15   | 17.9                   | 24.3 | 37   |
|                                                                 |               |  | 900                                                                 | 16.2 | 17.5 | 20.9                   | 29   | 43   |
|                                                                 |               |  | 1200                                                                | 19.5 | 20.8 | 24.9                   | 34   | 52   |
|                                                                 |               |  | 1500                                                                | 23.7 | 25   | 30                     | 41   | 62   |

Graph: Combined losses:





## MIRUS International Inc.

31 Sun Pac Blvd., Brampton, Ontario, Canada L6S 5P6

October 25, 2013

The efficiency data listed below on Item B: for Model AUHF-1000-400-50-D-E1 LINEATOR Advanced Universal Harmonic Filter are predicted efficiencies based on actual efficiency testing that has been run on thousands of LINEATORS of all sizes and voltages like the actual efficiency test levels listed below on Item A: Model AUHF-1000-690-60-D-E1.

### ITEM A: ACTUAL EFFICIENCY TEST DATA ON AN AUHF-1000-690-60-D-E1 FILTER

| LOAD(%) | Efficiency |
|---------|------------|
| 25      | 98         |
| 50      | 99.5       |
| 75      | 99.45      |
| 100     | 99.4       |

### ITEM B: PREDICTED EFFICIENCY TEST DATA ON AN AUHF-1000-400-50-D-E1 FILTER

| LOAD(%) | Efficiency |
|---------|------------|
| 25      | 97.5       |
| 50      | 99.45      |
| 75      | 99.43      |
| 100     | 99.39      |