

# בתחזוקה ותפעול Best practice

סקר הגנות חשמל למתקני מתח גבוה

קובי פרץ - יאני

# חשיבות של סקרי הגנות

- **איתור ותיקון של כיולים שלא מתאימים לנתוני הציוד**

- הכיול חייב לספק הגנה נאותה שתגן על הציוד
- טרמי – לפי נתונים נומינלים (הזרם המותר בכבל, זרם נומינלי של שנאי, ...)
- הכיול חייב להגביל את הזרם המתמיד כך שהציוד המוגן לא יתחמם וישרף
- זרם קצר – לפי זרם הקצר המחושב בציוד המוגן
- הכיול חייב להגיב על מנת לנתק את הקצר ממקור המתח

- **כיולים לא נכונים הם תולדה של גורמים שונים. כגון:**

- שינויים שנעשו במתקן ולא נבדקו הכיולים לאחר השינוי
- התערבות של אנשים טכנים בכיולים שנבדקו (לעיתים כתוצאה מהפסקת שווא במתקן)
- כיולים שלא תואמים את המצב התפעולי בפועל
- חבלי לידה של מתקן חדש
- נסיון נצבר של צוותי התפעול אשר לומדים ומבינים שכדאי לבצע התאמות
- .....

# חשיבות של סקרי הגנות

## • מציאת שביל הזהב

- כיוול שמרני יתר על המידה, מביא להפסקות שווא
- כיוול מתירני יתר על המידה, מסכן את הציוד והאנשים שנמצאים בסביבתו
- ההגנה על הציוד (ועל האנשים) גוברת על הכל.  
אבל חשוב לא ליצר מערכת שההגנות לא מאפשרות עבודה תקינה

## • ההסטוריה רוויה במקרים בהם הכיולים לא פעלו כנדרש, והתוצאות:

- נזקים לציוד
- פגיעה באנשים
- שריפות
- הפרעות מיותרות באספקת החשמל למתקן או חלקיו  
(לא יצוינו שמות ...?)

# חשיבות של סקרי הגנות

- שיפור מערכת ההגנות מעבר להקניית הגנה לציווד

- בדיקת סלקטיביות ונסיון להגיעה לסלקטיביות מלאה
- בדיקה וטיפול בבעיות ספציפיות שמועלות על ידי המזמין
- הכנסת שימוש באמצעים וחידושים שעולים עם הזמן



בניית המגדל הסתיימה ב- 1372





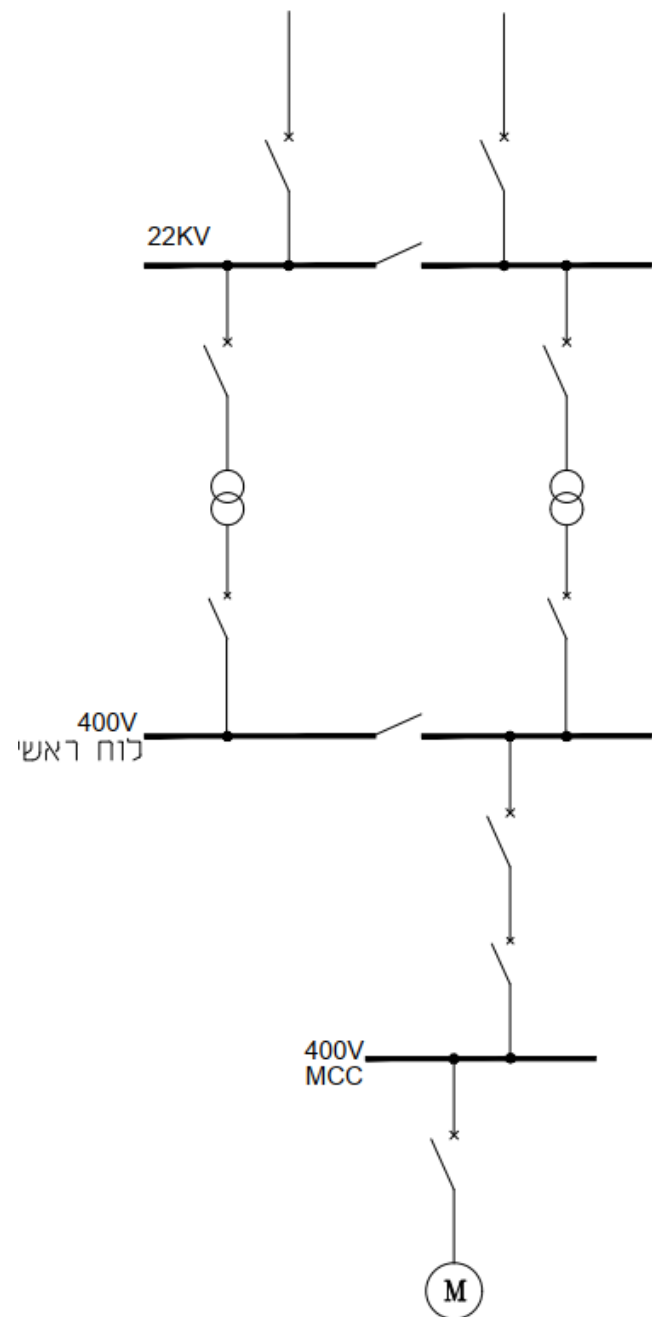
# סלקטיביות

תכנון נכון של הסלקטיביות מתחיל בתכנון המתקן

- בחירת ציוד המיתוג והחלוקה
- בחירת ציוד המפסקים
- בחירת הגנות

# סלקטיביות

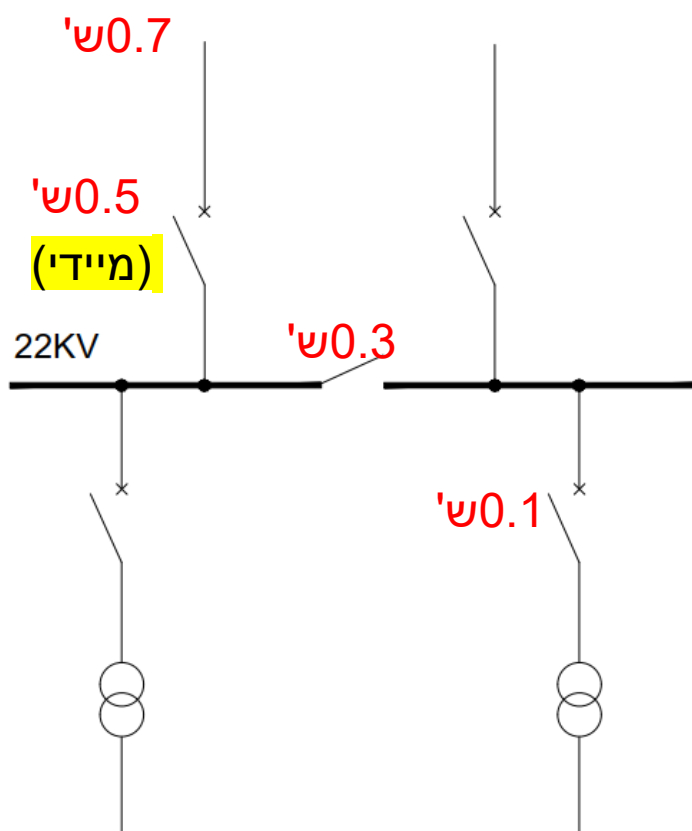
## שיקולים בתכנון ובבחירת הציוד



- נשתמש בדוגמה של תכנית חד קוית פשוטה של מתח גבוה ומתח נמוך:



# סלקטיביות



## • ניגוד מגמות בין סלקטיביות ו- ARC FLASH

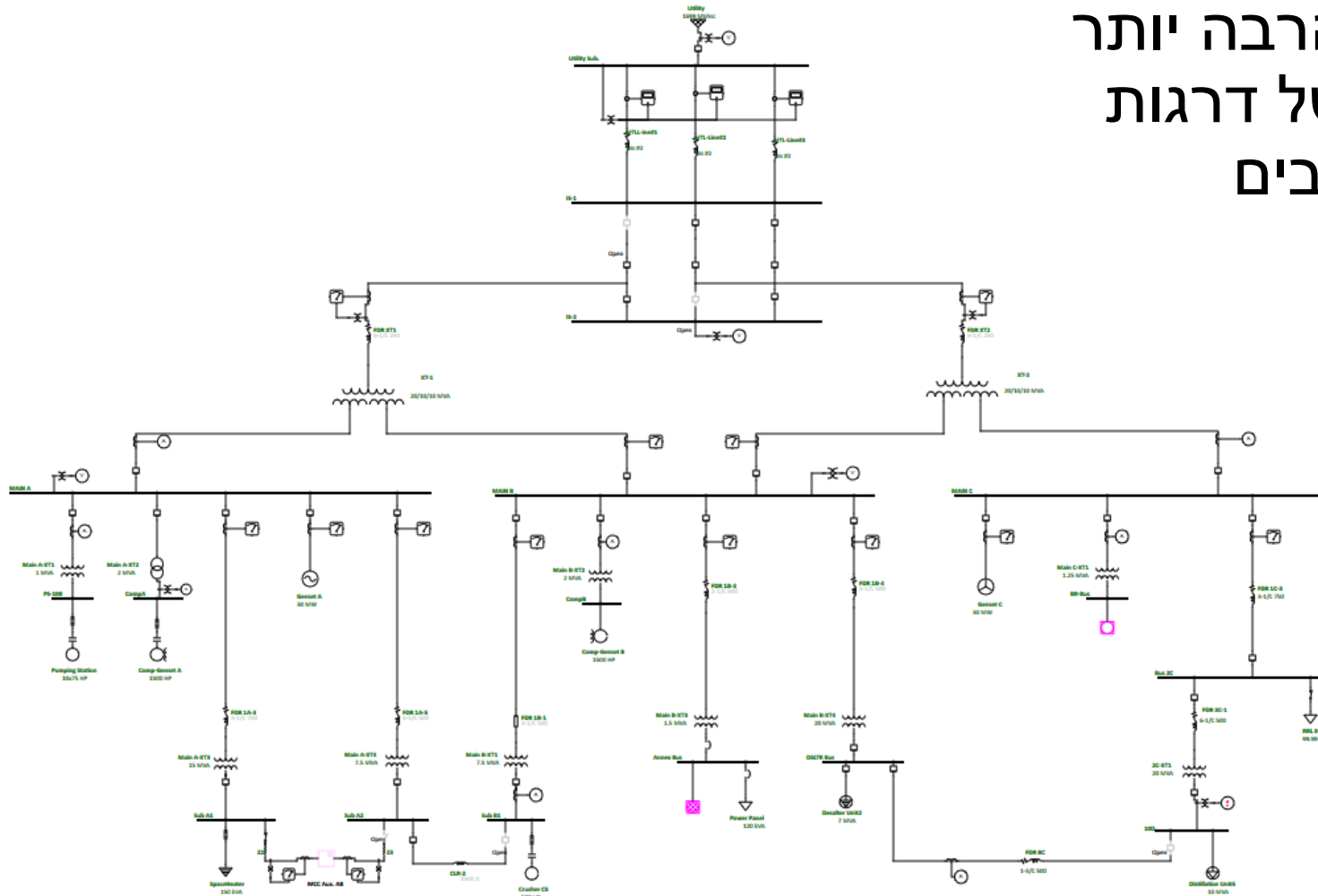
- מתבקשת השהיה של 500 מילישניות בכניסה מחברת חשמל
- בעיה: קצר בפס – מיצר קשת ברמת אנרגיה גבוהה מאד - נדרש מיגון של אנשי התפעול, ברמה הגבוהה ביותר ואף למעלה מכך



- ניגוד מגמות בין כיוול סלקטיבי והכיוול שמוכתב מחח"י

# סלקטיביות

- רוב המקרים מורכבים הרבה יותר ונדרש להם מספר רב של דרגות השהיה, ופתרונות מורכבים



# סלקטיביות

## • פתרונות:

### • בחירת הגנות

#### מהירות

- הגנות פסי צבירה
- הגנות קשת
- הגנות דיפרנציאליות
- הגנות כיוניות

### • BLOCKING

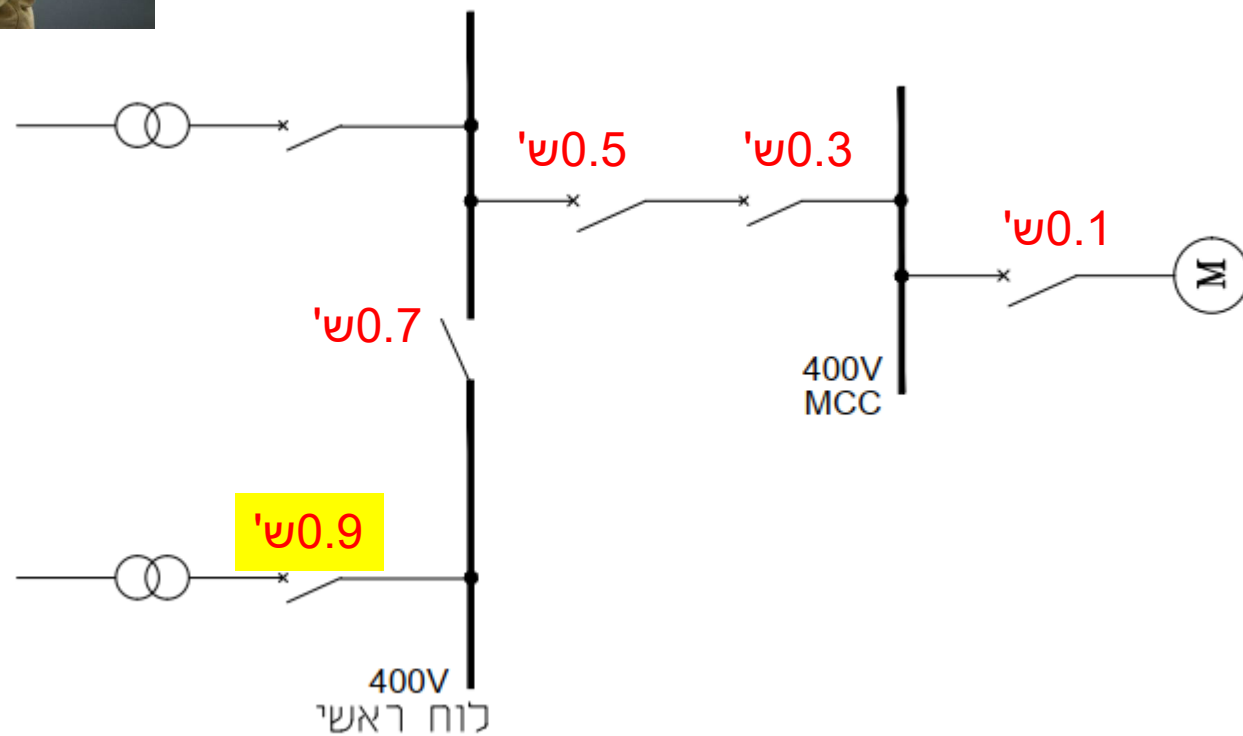
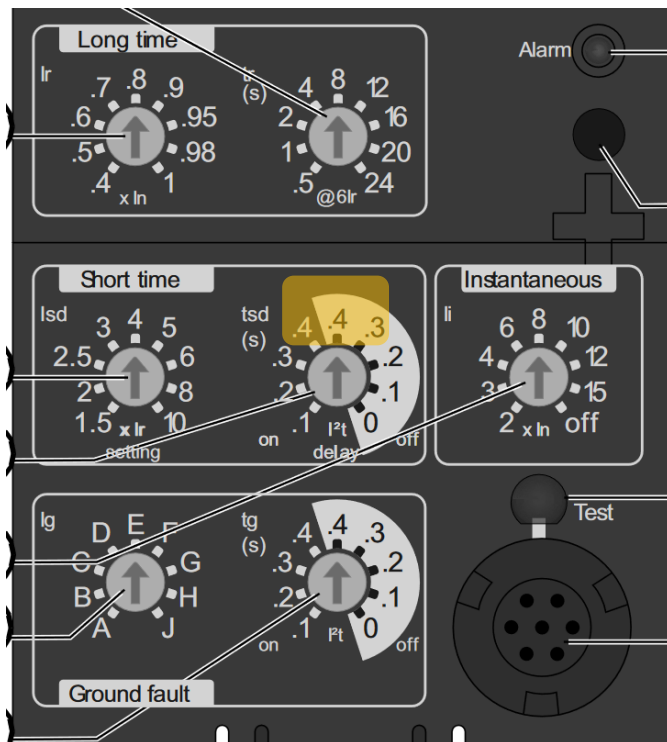
- תקשורת
- חיווט
- אמינות של ה-Blocking
- BFP

## • בעיות:

- מול כיוול מיידית מחברת החשמל, אין דרך לייצר סלקטיביות.
- במקרים מיוחדים בלבד – חח"י מאשרים Blocking גם למפסק הכניסה

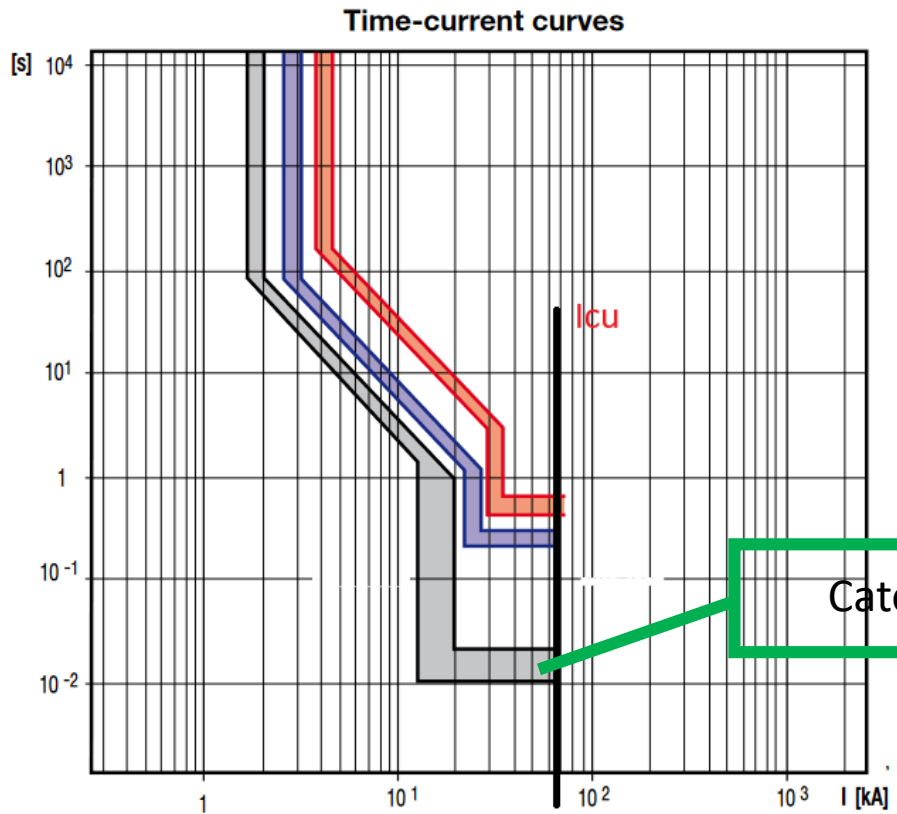
# סלקטיביות

- ההגנות לא מאפשרות השהיות ארוכות
- השהיות מעלות את דירוג המיגון שנדרש ללוח



Symbol	Setting	Activation	Current	Time
S	50TD	Time-delayed overcurrent protection	$I_2 = 0.6...10 \times I_n$	$0.1 \times I_n$ with $I > I_2$ , $t_2 = 0.05...0.8s$
	68	Zone selectivity		$t_{2sel} = 0.04...0.2s$
		Start up	Activation: $0.6...10 \times I_n$	Range: $0.1...30s$
		Tolerance	$\pm 7\% I \leq 6 \times I_n$ $\pm 10\% I > 6 \times I_n$	The better of the two data: $\pm 10\% \text{ o } \pm 40 \text{ ms}$
	51	Time-delayed overcurrent protection	$I_2 = 0.6...10 \times I_n$	$0.1 \times I_n$ with $I = 10 I_n$ , $t_2 = 0.05...0.8s$
		Thermal Memory		
		Tolerance	$\pm 7\% I \leq 6 \times I_n$ $\pm 10\% I > 6 \times I_n$	$\pm 15\% I \leq 6 \times I_n$ $\pm 20\% I > 6 \times I_n$
I	50	Instantaneous overcurrent protection	$I_3 = 1.5...15 \times I_n$	$0.1 \times I_n$ with $I > I_3$ Instantaneous
		Start up	Activation: $1.5...15 \times I_n$	Range: $0.1...30s$
		Tolerance	$\pm 10\%$	$\leq 30 \text{ ms}$

# מתח נמוך



• יש ציוד שלא מאפשר השהיות

Table 4 – Utilization categories

Utilization category	Application with respect to selectivity
A	Circuit-breakers not specifically intended for selectivity under short-circuit conditions with respect to other short-circuit protective devices in series on the load side, i.e. without an intentional short-time delay provided for selectivity under short-circuit conditions, and therefore without a short-time withstand current rating according to 4.3.5.4.

# מתח נמוך

## • ציוד שמאפשר השהיות

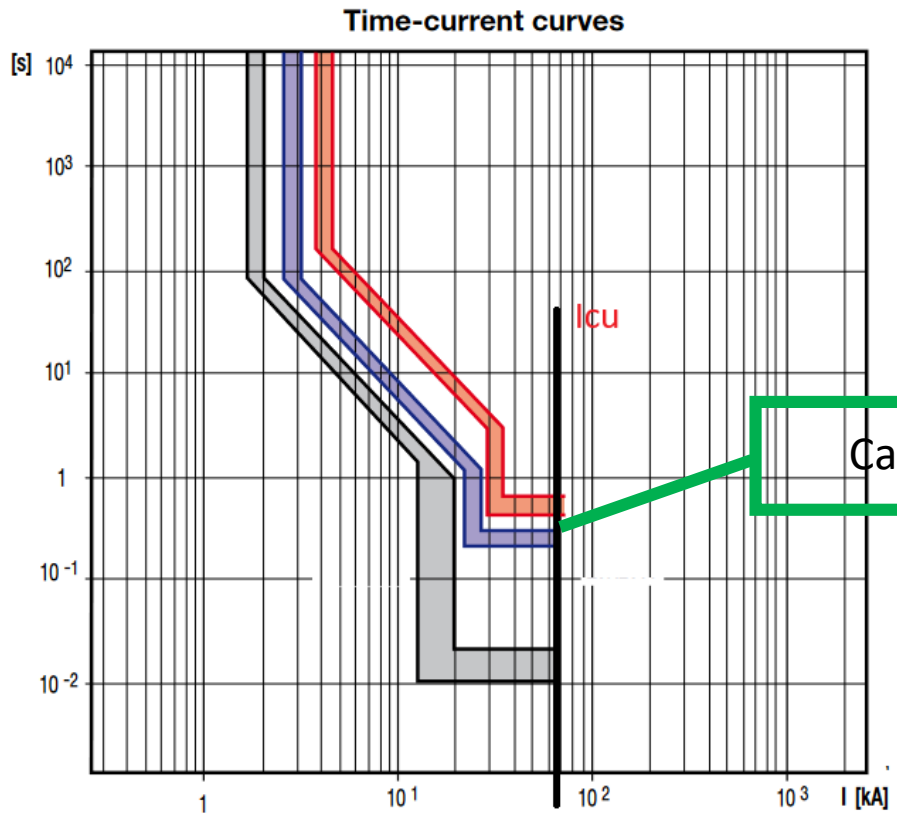


Table 4 – Utilization categories

Utilization category	Application with respect to selectivity
B	<p>Circuit-breakers specifically intended for selectivity under short-circuit conditions with respect to other short-circuit protective devices in series on the load side, i.e. with an intentional short-time delay (which may be adjustable), provided for selectivity under short-circuit conditions. Such circuit-breakers have a short-time withstand current rating according to 4.3.5.4.</p> <p>NOTE Selectivity is not necessarily ensured up to the ultimate short-circuit breaking capacity of the circuit-breakers (for example in the case of operation of an instantaneous release) but at least up to the value specified in Table 3.</p>

# מתח נמוך

## Air circuit breakers over 690V AC



### Connectivity

SACE Emax 2/E range of circuit breakers can be integrated into all automation and energy management systems to improve productivity and energy consumption, and to carry out remote service. All circuit breakers can be equipped with embedded communication modules that offer Modbus, Profibus, and DeviceNet™ protocols as well as the modern Modbus TCP, Profinet, EtherNet™.

### • הפתרונות:

### • להקפיד להגדיר ציוד נכון ברכישה

• Category B

• הגנות דיגיטליות

• להגנות המודרניות יכולות חדשות שכדאי לנצל

• הגנות פסים

### • Protection

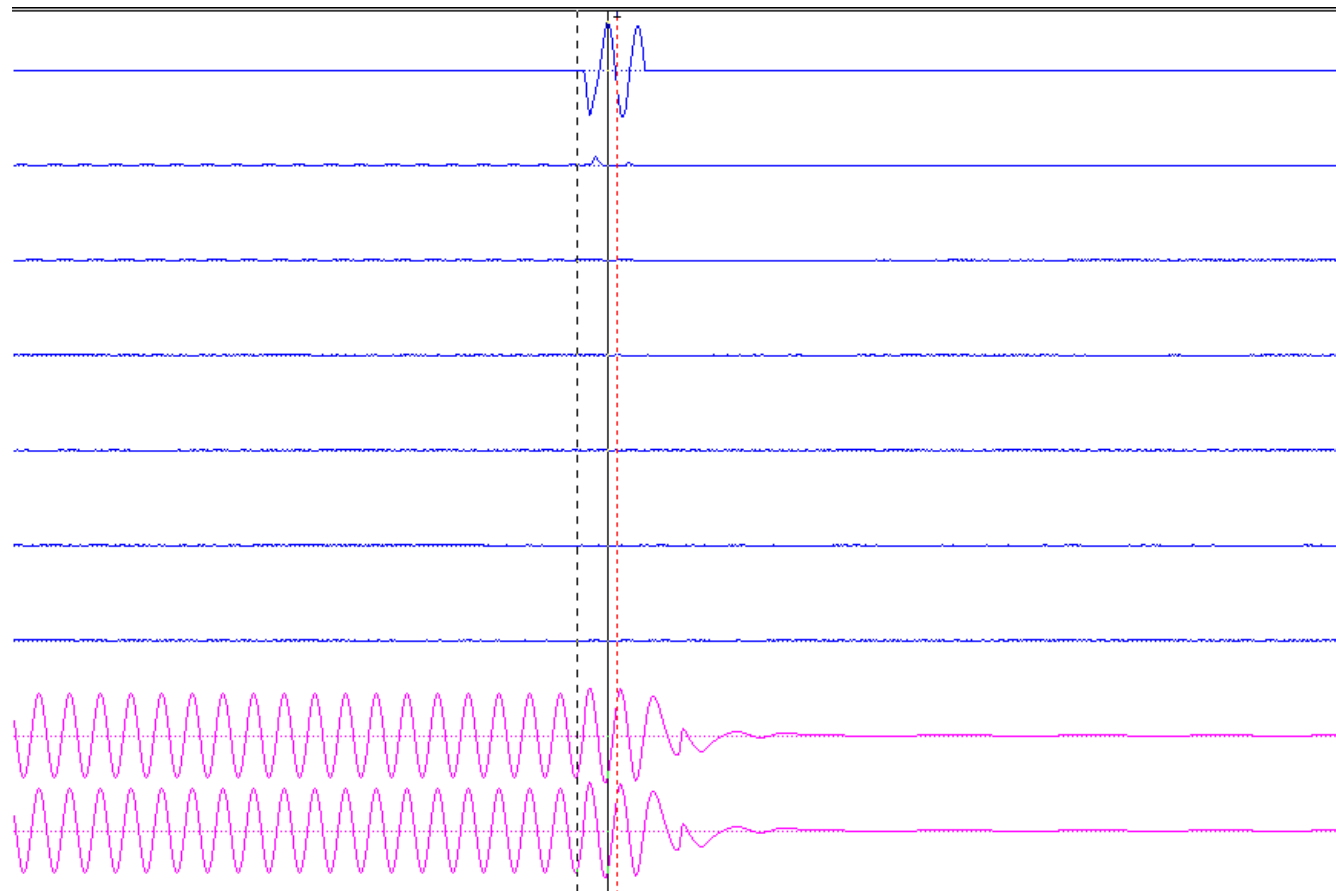
- Distribution protection (mains and feeders) based on current and voltage measurement.
- Generator protection and interface protection systems.
- Adaptive threshold according to grid topology.
- Digital selectivity for resource coordination.
- Load shedding algorithms to prevent blackouts.
- Programmable logics to manage transfer-switching operations and maximize service continuity.
- Synchrocheck function of different power sources inside.

# סקאדה וניתוח תקלות

- מערכת סקאדה מאפשרת תחקור תקלות והסקת מסקנות באופן מדויק ביותר



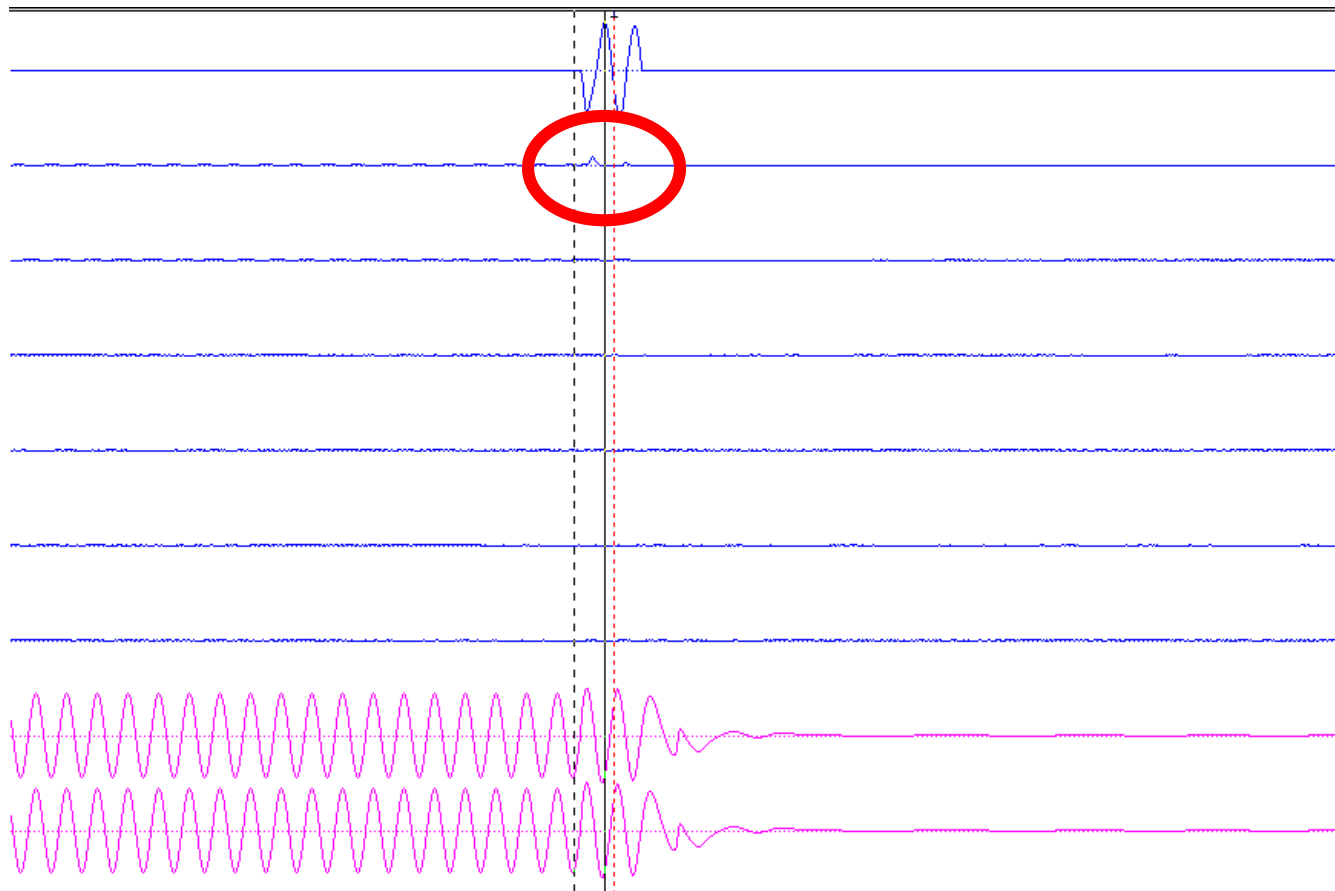
# סקאדה וניתוח תקלות



## תאור האירוע

- התקלה: פריצת ראש כבל בהזנה לשנאי - קצר חד פאזי.
- תגובה: פעלה הגנת זליגה במעגל שמזין את הכבל
- מתוך רישום אירועים במערכת סקאדה:
- מה המידע שרואים?

# סקאדה וניתוח תקלות



• אבל באירוע פעלה גם  
הגנה נוספת:

• הגנת פסי צבירה במסדר

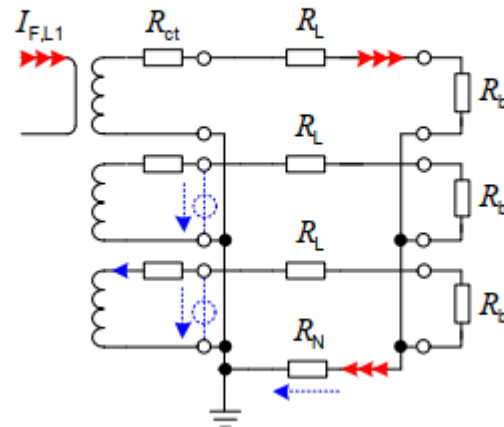
התקלה היתה בכבל.  
כלומר מחוץ לאיזור ההגנה  
של הגנת פסי הצבירה.

ולכאורה לא ברור מדוע  
ההגנה פעלה

# סקאדה וניתוח תקלות

- בזמן תחקור האירוע, התברר שלגל הזרם המזערי שנרשם הייתה השפעה מכרעת להבנת האירוע:
- משנה הזרם חוברו לממסר ההגנה ב- 4 גידים, בהתאם לפרקטיקה המקובלת.
- בהגנת פסי צבירה קיימת המלצה לחיבור משנה זרם ב- 6 גידים ולא ב- 4 גידים.

It is recommended to apply 6-wire cables (one return wire for each phase) for long distances in order to avoid such coupling effects between the phases.



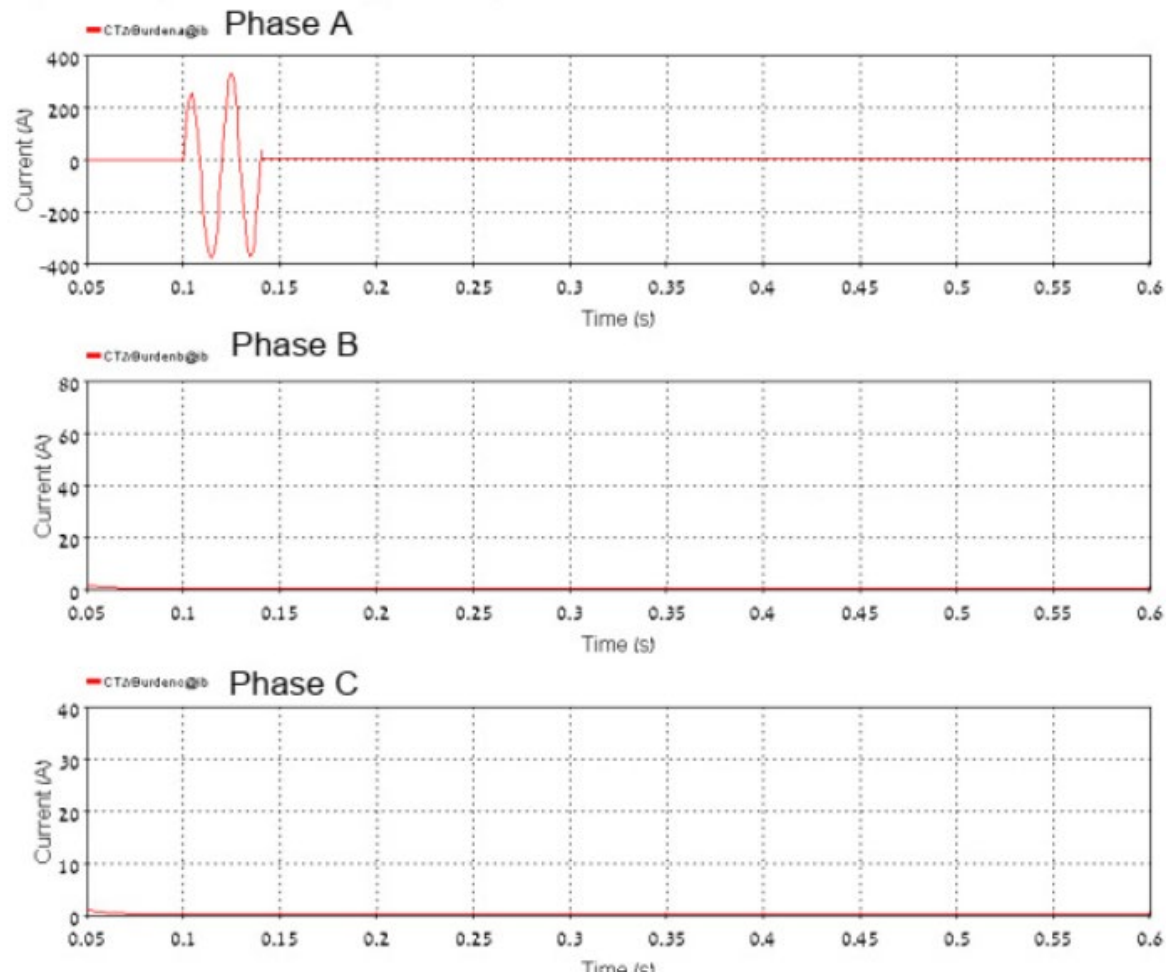
IEC TR 61869-100

# סקאדה וניתוח תקלות

- על מנת לוודא שאכן מקור הבעיה נובע מאופן החיבור, ערכנו סימולציה ב-EMTP של שתי תצורות חיבור (4 גידים ו-6 גידים)

# סקאדה וניתוח תקלות

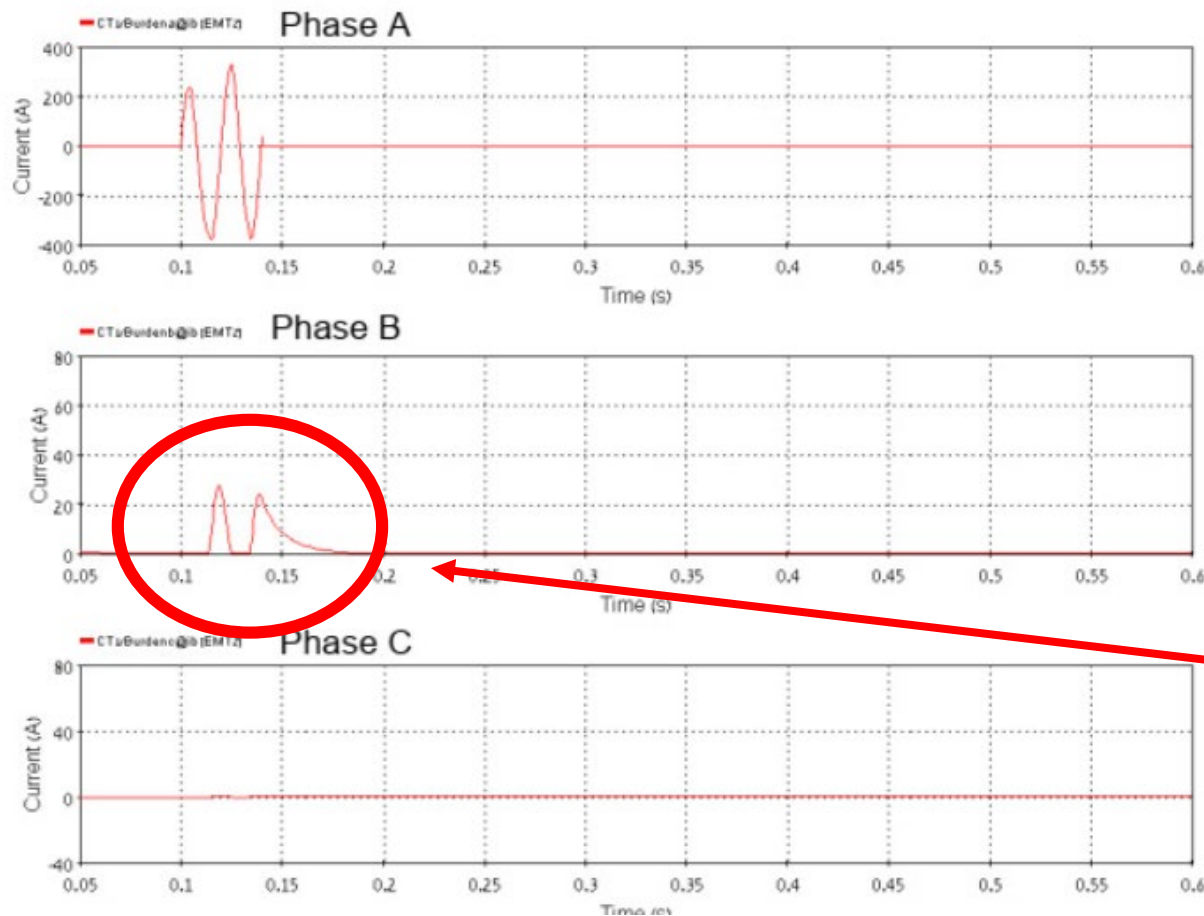
Current waveform, obtained for 6-wire connection, and remanent flux as per calculation from the presentation of siemens (1.652 Wb in phase A, -2.19 Wb in phase B, -1.9116 Wb in phase C).



- תוצאת סימולציה ב-6 גידים:

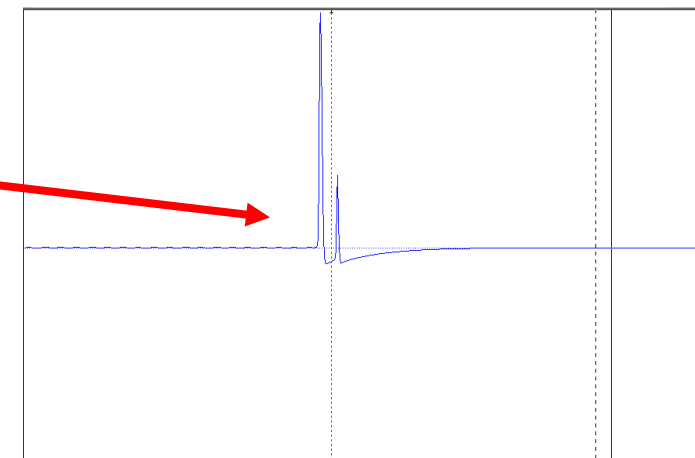
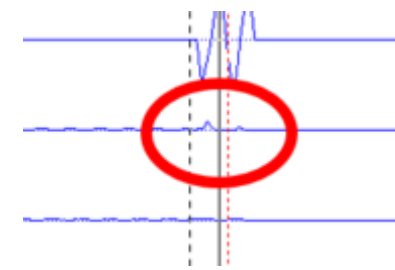
# סקאדה וניתוח תקלות

Current waveform, obtained for 4-wire connection, and remanent flux as per calculation from the presentation of siemens (1.652 Wb in phase A, -2.19 Wb in phase B, 0 Wb in phase C).



- תוצאת סימולציה ב- 4 גידים:

רישום התקלה בסקאדה



# סקאדה וניתוח תקלות

הרישום בסקאדה והסימולציה, נתנו הסבר ברור וחד משמעי לסיבת פעולת הגנת פסי הצבירה

# סקאדה וניתוח תקלות

- הסקאדה מאפשרת ביצוע ניתוח מדויק לצורך הגעה לתובנות חשובות שיכולות למנוע אירועים דומים בעתיד.
- לסקאדה חשיבות עליונה לשיפור מערכות החשמל של מתקנים והגדלת האמינות וחיסכון בשעות אי אספקה והשבתה