

КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ПРИ КОНТАКТНОМУ ЗВАРЮВАННІ

Левченко О.Г., д-р техн. наук, проф. (каф ОПЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

При ручному дуговому зварюванні напруженість магнітного поля (МП) промислової частоти 50 Гц не перевищує 300 А/м, що значно нижче гранично допустимого рівня (ГДР), який для восьмигодинної робочої зміни становить 1400 А/м. При експлуатації обладнання для контактного зварювання рівні МП значно вищі (вимірюються тисячами А/м) і становлять небезпеку для здоров'я зварників. Основними джерелами МП є сильно навантажені ланцюги, зокрема зварювальний контур. Амплітудне значення напруженості МП на робочому місці зварника залежить від величини зварювального струму, розмірів і форми зварювального контуру, а також від відстані між робочим і джерелом поля.

Обладнання для контактного зварювання в залежності від технологічного призначення і конструкції джерел МП умовно можна поділити на три групи: стикові зварювальні; стаціонарні точкові, шовні та рельєфні; підвісні зварювальні кліщі. Робоче місце зварника розміщено в безпосередній близькості від виконавчого інструменту, що обтікає електричним струмом 1-50 кА при напруженості МП 0,5-40 кА/м. Основними джерелами МП в робочій зоні є відкриті вироби достатньої довжини та замкнутої форми, шини, електроди, ролики, кабелі, перемикачі зварювальних підвісних кліщів, що проводять струм [1].

При експлуатації обладнання першої і другої груп напруженість МП не перевищувала ГДР за старими нормами [2], виключенням є стикове зварювання виробів замкнутої форми і точкова великим струмом (>10 кА). Особливо значні перевищення відзначаються при роботі обладнання третьої групи (напруженість МП ≥ 40 кА/м). За новими нормами ДСН 3.3.6.096-2002 [2] практично уві види контактного зварювання характеризуються перевищеннями ГДР магнітних полів в певних діапазонах частот.

Не дивлячись на досягнення у вирішенні проблеми дії електромагнітного поля ЕМП на організм людини при зварюванні, вона все ще не має достатнього рішення. Ця проблема є предметом суспільної дискусії тривалий час і залишається невирішеною, дослідження продовжуються. Відомо тільки, що електричне зварювальне обладнання і джерела живлення виробляють інтенсивні ЕМП. Вони можуть діяти на серцево-судинну систему, викликають функціональні зміни нервової, ендокринної та інших систем. Невиключено, також, що ЕМП можуть підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань. Разом з тим, вважають, що ЕМП не захищають ні від якої іншої шкідливої для здоров'я людини дії [1].

Вплив ЕМП на організм працюючих викликає зміни у функціональному стані нервової і серцево-судинної систем, що проявляються в збільшенні часу реакції на зовнішні подразники, зниження артеріального тиску, які залежать від напруженості даного фактора і тривалості опромінення. Результати

фізіологічних досліджень були підтверджені при поліклінічному обстеженні зварників.

Відомо, що магнітні поля частотою 50 Гц здійснюють шкідливий вплив на функціональний стан нервової і серцево-судинної систем організму експериментальних тварин (збільшення часу латентного періоду захисного умовного рефлексу, зниження артеріального тиску), змінюють протікання біохімічних процесів, а при значній інтенсивності (7500 А/м) здатні викликати структурні зміни у внутрішніх органах. Ступінь вираженості порушень залежить від величини напруженості МП, експозиції, тривалості їх імпульсу і паузи.

Останні дослідження ЕМП показали, що небезпечними для людини є не тільки змінні поля частотою 50 Гц, але й інших частот, а також постійні МП. Сама зварювальна дуга також є джерелом ЕМП різних частот. Тому, враховуючи результати нових наукових досліджень у цій галузі, нормативні документи [2], що діяли до 2002 року відмінені і прийнято нові українські нормативи ДСН 3.3.6.096-2002 [3] практично такі ж, як і в Європейському союзі. Крім того, істотно змінилася метрологічна база, розроблено нові прилади для вимірювання рівнів ЕМП. Таким чином, знову виникла необхідність у проведенні нових об'єктивних досліджень рівнів ЕМП в широкому діапазоні частот при застосуванні як нових, так і старих видів зварювального обладнання і на основі цього в розробці відповідних заходів захисту зварників.

Нормування електромагнітних полів

Постійні магнітні поля, а також змінні ЕМП на частоті 50 Гц нормуються за магнітною (H) та електричною (E) складовими ЕМП.

ЕМП частотою 1 кГц – 300 МГц нормуються за інтенсивністю та енергетичними навантаженнями електричних та магнітних полів, враховуючи час впливу. Одиницею напруженості електричного поля є В/м, магнітного поля – А/м, енергетичне навантаження є добуток квадрата потужності ЕМП і часу його впливу, виражається (В/м)²·год для електричного поля та (А/м)²·год – для магнітного поля. Електромагнітне поле в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц нормується за інтенсивністю та енергетичним навантаженням щільності потоку енергії (ЩПЕ). Одиницею вимірювання ЩПЕ є Вт/м² (дробові одиниці мВт/см²). Енергетичне навантаження – це добуток ЩПЕ падаючого випромінювання і часу його впливу протягом робочої зміни в годинах (год), виражається у Вт·год/м² (мВт·год/см², мкВт·год/см²). У випадку імпульсно-модульованих випромінювань нормованим параметром, що характеризує інтенсивність впливу ЕМП, є середнє значення ЩПЕ.

ГДР постійних магнітних полів протягом робочого дня не повинні перевищувати 8 кА/м.

Для магнітних полів, які утворюються випрямленим трифазним струмом, ГДР визначаються за формулою

$$H_{\text{зд}} = \sqrt{\frac{EH_{\text{зд}}}{T}}, \quad (1)$$

де H_{20} – гранично допустиме значення напруженості магнітного поля, кА/м; EH_{H20} – гранично допустиме значення енергетичного навантаження протягом робочого дня, дорівнює $144 \text{ кА}^2 \cdot \text{год}/\text{м}^2$; T – час впливу, год.

ГДР електромагнітних полів промислової частоти (50 Гц) визначаються залежно від часу дії цього фактора на організм людини за робочу зміну. Перебування в електричному полі напруженістю до 5 кВ/м включно допускається протягом 8 годин робочого дня.

При рівнях напруженості електричного поля від 5 до 20 кВ/м включно допустимий час перебування в ньому враховується за формулою

$$T_{20} = \frac{50}{E} - 2, \quad (2)$$

де T_{20} – допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні напруженості, год.

При напруженості електричного поля від 20 до 25 кВ/м час перебування персоналу в електричному полі не повинен перевищувати 10 хвилин.

Перебувати в електричному полі напруженістю понад 25 кВ/м без застосування засобів захисту забороняється.

При потребі встановити допустиму напруженість електричного поля при регламентованому часі роботи в ньому рівень напруженості електричного поля (кВ/м) розраховують за формулою

$$E_{20} = \frac{50}{T + 2}, \quad (3)$$

де E_{20} – допустиме значення напруженості електричного поля протягом регламентованого часу роботи, кВ/м; T – регламентований час роботи в електричному полі, год.

При перебуванні персоналу протягом робочого дня в зонах з різною напруженістю електричного поля (далі – ЕП) час перебування розраховується за формулою

$$T_{np} = \left(\frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right), \quad (4)$$

де T_{np} (8) – проведений час, еквівалентний за біологічним ефектом перебуванню в ЕП нижньої межі напруженості, що нормуються, год; $t_{E_1}, t_{E_2} \dots t_{E_n}$ – час перебування в зонах, що контролюються, з напруженістю $E_1, E_2 \dots E_n$, год; $T_{E_1}, T_{E_2} \dots T_{E_n}$ – допустимий час перебування в ЕП відповідних зон, що контролюються за формулою (1).

Кількість зон, що контролюється, визначається перепадом рівнів ЕП на робочому місці. Різниця в рівнях напруженості ЕП зон, що контролюються, установлюється 1 кВ/м.

ГДР магнітного поля частотою 50 Гц при постійному впливі не повинні перевищувати 1,4 кА/м протягом робочого дня (8 год).

Час перебування людини в магнітному полі напруженістю понад 1,4 кА/м регламентується таблицею 1.

Таблиця 1. Залежність тривалості перебування людини в магнітному полі від його рівня

Час перебування персоналу, год	1	2	3	4	5	6	7	8
Напруженість магнітного поля, кА/м	6,0	4,9	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,4
Магнітна індукція, мТл	7,5	6,13	5,0	4,0	3,13	2,5	2,0	1,75

ГДР для змінного магнітного поля частотою 50 Гц при локальному впливі на кисті рук визначається за формулою

$$H_{ГД\text{ лок}} = H_{ГД\text{ лок}} \cdot 5, \quad (5)$$

де $H_{ГД\text{ лок}}$ – ГДР змінного магнітного поля частотою 50 Гц при локальному впливі (кисті рук), А/м; $H_{ГД\text{ лок}}$ – ГДР змінного магнітного поля частотою 50 Гц при загальному впливі (табл..1), А/м.

ГДР неіонізуючого випромінювання радіочастотного діапазону (1 кГц – 300 МГц) на робочих місцях персоналу слід визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження та часу впливу, за формулами:

$$E_{ГД} = \sqrt{\frac{E H_{ЕГД}}{T}}, \quad H_{ГД} = \sqrt{\frac{E H_{НГД}}{T}}, \quad (6; 7)$$

де $E_{ГД}$ та $H_{ГД}$ – гранично допустимі значення напруженості електричного (В/м) та магнітного (А/м) полів; T – час впливу, год; $E H_{ЕГД}$ та $E H_{НГД}$ – гранично допустимі значення енергетичного навантаження протягом робочого дня, (В/м)²·год та (А/м)²·год.

Максимальні значення $E_{ГД}$, $H_{ГД}$ та $E H_{ЕГД}$, $E H_{НГД}$ наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Залежність ГДР електричного та магнітного полів від діапазонів частот

Параметри та одиниці вимірювання	Граничні значення в діапазонах частот				
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-80 МГц
$E_{ГД}$, В/м	1000	700	500	300	80
$E H_{ЕГД}$, (В/м) ² ·год	120000	40000	20000	7000	800
$H_{ГД}$, А/м	75	57	50	-	3,0*
$E H_{НГД}$, (А/м) ² ·год	675	390	200	-	0,72*

* – ГДР енергетичного навантаження магнітного поля поширюється на діапазон 30-50 МГц

Значення ГДР напруженості електричної ($E_{ГД}$) і магнітної ($H_{ГД}$) складових залежно від тривалості їх дії наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Залежність тривалості перебування людини в електричному та магнітному полях від їх напруженості

Час перебування персоналу, год	Е _{ГД} , В/м					H _{ГД} , А/м			
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-50 МГц
8	120	70	50	30	10	9,0	7,0	5,0	0,30
7	130	75	53	32	11	9,8	7,5	5,3	0,32
6	140	82	58	34	12	10,6	8,1	5,8	0,34
5	155	90	63	37	13	11,6	8,8	6,3	0,38
4	175	110	71	42	14	13,0	9,9	7,1	0,42
3	200	115	82	48	16	15,0	11,4	8,2	0,49
2	250	140	100	59	20	18,4	14,0	10,0	0,60
1	350	200	141	84	28	26,0	19,7	14,2	0,85
0,5	500	280	200	118	40	37,6	27,9	20,0	1,20
0,25	700	400	283	168	57	52,0	39,5	28,3	1,70
0,12	1000	580	400	240	82	75	57,0	40,8	2,45
0,08		700	500	296	80			50,0	3,00

При тривалості дії менше 0,08 год подальше підвищення інтенсивності фактора не допускається.

У всіх випадках при зазначенні діапазонів частот кожний діапазон виключає нижню і включає верхню межу частоти.

Одночасний вплив електричного і магнітного полів у діапазоні частот від 1 кГц до 3 МГц слід вважати допустимим за умови

$$\frac{EH_E}{EH_{E\geq 0}} + \frac{EH_H}{EH_{H\geq 0}} \leq 1, \quad (8)$$

де EH_E та EH_H – енергетичні навантаження, що характеризують вплив електричного і магнітного полів.

ГДР напруженості імпульсних електромагнітних полів у спектральному діапазоні частот від 0 Гц до 1000 МГц на робочих місцях персоналу слід визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження та часу впливу за формулами (6, 7).

Граничні амплітудні значення в спектральних діапазонах частот визначаються за таблицею 4.

У всіх випадках при зазначенні діапазонів частот кожний діапазон виключає нижню і включає верхню межу частоти.

Гранично допустимі величини ЕМП у діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц слід визначати за формулою

$$W_{ГД} = K \cdot \frac{EH_{W_{ГД}}}{T}, \quad (9)$$

де $W_{ГД}$ – гранично допустима величина щільності потоку енергії, Вт/м² (кВт/см², мкВт/см²); $EH_{W_{ГД}}$ – гранично допустима величина енергетичного

навантаження становить $2 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ ($200 \text{ мкВт}\cdot\text{год}/\text{см}^2$); K – коефіцієнт ослаблення біологічної ефективності (дорівнює: 1 – для всіх випадків впливу, виключаючи опромінення від антен, що обертаються і сканують; 10 – для випадків опромінення від антен, що обертаються і сканують, з частотою не більше 1 Гц і шпаруватістю не менше 50); T – час перебування в зоні опромінювання за робочу зміну, год.

Таблиця 4. Залежність граничних амплітудних значень електричних та магнітних полів від діапазонів частот

Параметр	Граничні амплітудні значення в спектральних діапазонах частот								
	0-5 Гц	5-50 Гц	0,05-1 кГц	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	0,3-1 ГГц
$E_{ГД}$, В/м	60000	35000	3500	1000	300	200	150	100	80
$ЕН_{ЕГД}$, $(\text{В/м})^2\cdot\text{год}$	$3,2\cdot 10^9$	$2,0\cdot 10^8$	$1,6\cdot 10^6$	120000	7200	3200	1800	800	500
$E_{ГД}$, В/м на 8 год	20000	5000	447	120	30	20	15	10	8
T , год (при $E_{ГД}$)	0,89	0,16	0,13	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
$H_{ГД}$, А/м	30000	10000	850	100	85	70	-	-	-
$ЕН_{НГД}$, $(\text{А/м})^2\cdot\text{год}$	$1,4\cdot 10^8$	$1,6\cdot 10^7$	70000	1300	900	400	-	-	-
$H_{ГД}$, А/м на 8 год	4200	1400	94	13	11	7	-	-	-
T , год (при $H_{ГД}$)	0,16	0,16	0,10	0,13	0,12	0,08	-	-	-

У всіх випадках максимальне значення $W_{ГД}$ не повинно перевищувати $1 \text{ мВт}/\text{см}^2$.

Значення ГДР щільності потоку енергії ($W_{ГД}$) залежно від тривалості дії ЕМП наведені в таблиці 5.

Таблиця 5. Залежність тривалості перебування людини в електромагнітному полі від щільності потоку енергії

Час перебування персоналу, год	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,25	0,20
Щільність потоку енергії, $\text{мкВт}/\text{см}^2$	25	29	33	40	50	67	100	200	400	800	1000

При тривалості дії менше 0,2 год подальше підвищення інтенсивності фактора не допускається.

Амплітудно-часові характеристики магнітного поля

Зварювальний струм створює в навколишньому середовищі МП, яке повністю визначається параметрами струму. Обладнання дугового зварювання створює МП, що переривається з тривалістю від 1 до 60 с і більше. Пауза між окремими імпульсами змінюється в широкому діапазоні від 1 до десятка секунд. При дуговому зварюванні змінним струмом окремі імпульси представляють собою коливання з частотою 50 Гц. Можливі зміни амплітуди під час зварювання на 30-40 % від максимальних значень та форми синусоїди. При цьому коефіцієнт викривлень не перевищує 1,4. Амплітуда напруженості МП поля змінюється в широких діапазонах і може досягати 30000 А/м.

При дуговому зварюванні від джерела постійного струму, струм та напруга зварювання не залишаються постійними, а мають вигляд складної несиметричної періодичної кривої, що має в своєму складі постійну складову, вищих гармонік та комбінаційних частот, що визначається схемою випрямлення, параметрами зварювального ланцюгу, режимом і зварювальним процесом (струменевий або з короткими замиканнями) та інші.

Визначними факторами впливу на живий організм є кількість енергії, частотний діапазон джерела випромінювання, а також часові впливи. Оскільки МП, що утворюється при зварюванні, в більшості випадків носить неперіодичний характер, можуть значно відрізнятися від гармонічних, то для отримання достатньої інформації про поле слід проводити його спектральний аналіз.

Перервно-імпульсні МП це – поля, які протягом визначеного проміжку часу відрізняються від нульового значення і стохастично повторюються. При зварюванні сталим струмом створюються імпульсні МП, які мають форму відеоімпульсів, амплітуда яких додатньої або від'ємної полярності періодично змінюється від нуля до максимуму. Форма відеоімпульса може бути різною: трикутною, сходиноквою, дзвіноподібною тощо [4].

При зварюванні змінним струмом частотою 50 Гц створюються поля, що мають форму радіоімпульсів (рис. 1). Радіоімпульс – серія високочастотних коливань, які можуть бути представлені як результат 100% амплітудної модуляції високочастотних коливань відеоімпульсом.

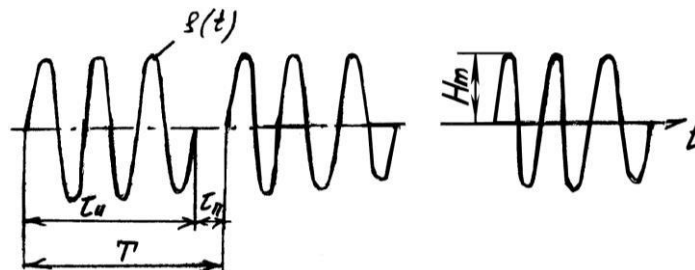


Рис. 1. Форма і характеристика радіоімпульсних сигналів магнітного поля

Імпульси МП, створюються в процесі зварювання, повторюються через визначений проміжок часу і в деяких випадках утворюють повторювальні серії

(наприклад при шовному зварюванні). Такі серії називаються низкою імпульсів. Прогинаючі низки можуть бути різними за формою.

Для оцінки імпульсних і гармонічних синусоїдальних МП визначається їх амплітудне значення H_m .

Основними часовими характеристиками імпульсного магнітного поля є тривалість імпульсу τ_u , тривалість паузи τ_n , період повторення T , вимірювані в секундах, похідна одиниця – шпаруватість

$$Q = \frac{\tau_n}{\tau_u}. \quad (10)$$

Крім цього, імпульс характеризується тривалістю фронту t_ϕ і зрізу t_z – час збільшення і зниження напруженості в межах від 0,1 H_m до 0,9 H_m . Крутизна фронту характеризує швидкість збільшення та зменшення напруженості МП

$$S_\phi = \frac{H_m}{t_\phi}, \quad S_z = \frac{H_m}{t_z}. \quad (11; 12)$$

Важливою характеристикою МП, яке створюється при зварюванні змінним струмом, є частота модульованого сигналу. Для контактного зварювання це промислова частота 50 Гц.

Визначальним фактором впливу ЕМП на живий організм є кількість енергії, частотний діапазон джерела випромінювання, а також час дії. МП, які створюються під час зварювання, мають переважно неперіодичний характер і можуть значно відрізнятися від гармонічних. Тому для отримання достатньої інформації про МП необхідно проводити його спектральний аналіз [5].

МП, які створюються при зварюванні сталим струмом і енергією, що накопичується, є неперіодичними. Їх форма значно відрізняється від гармонічної. Спектр, що створюється подібними сигналами залежать від тривалості імпульсів та їх фронтів наростання і визначається за формулою

$$S(j, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cdot e^{-j\omega t} \cdot dt, \quad (13)$$

де $S(j, \omega)$ – спектральна густина фізичної величини; $S(t)$ – фізична величина (напруженість МП).

Межі інтегрування визначаються тривалістю імпульсу. Слід мати на увазі, що зменшення тривалості імпульсу і збільшення крутизни фронту наростання ведуть до розширення спектру в діапазоні високих частот.

Раніше в санітарних нормах враховували допущення про те, що радіоімпульси, які створюються при зварюванні змінним струмом частотою 50 Гц, мають незначне викривлення за рахунок перехідних процесів в машині і змінного опору в розплавленому металі. Також приймалося, що висока тривалість цих імпульсів (більш 0,02 с) і незначне скривлення форми синусоїди, дозволяє не враховувати амплітудно-частотний спектр, вважаючи, що значна частина енергії поля сконцентрована в діапазоні низьких частот (до 50 Гц), тобто від 0 до частоти $1/\tau_n$ вміщується 90% усієї енергії сигналу. В наш час зазначені допущення напевно чи можливі, оскільки не є коректними.

Разом з тим відомо, що спектр імпульсу у формі відрізка синусоїди, що складається з декількох періодів n визначається виразом

$$S = \int_{-\frac{nT}{2}}^{\frac{nT}{2}} e^{-j\omega t} \sin \omega_0 t \cdot dt = \frac{2j\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \cdot (-1)^n \cdot \sin n \cdot \pi \cdot \frac{\omega}{\omega_0}. \quad (14)$$

Це є, в дійсності, поточний спектр синусоїди, де n – число напівперіодів синусоїди з моменту вмикання. Спектральна густина на частоті $\omega = \omega_0$ (50 Гц) збільшується з часом лінійно за виразом

$$\Phi_t \Big|_{\omega=\omega_0} |S| = n \frac{T}{4}, \quad (15)$$

тобто на початку процесу спектр однорідний (містить велику кількість гармонік) лише поступово формується максимум на частоті ω_0 .

Для оцінки МП, що створюється зварювальним обладнанням гігієнічно значимими параметрами необхідно вважати:

H_m – амплітудне значення напруженості;

τ_u – тривалість одного імпульсу;

τ_n – тривалість паузи;

t – повна тривалість дії складних сигналів.

Крім цього необхідно враховувати спектральне розподілення енергії в вигляді можливих значних складових, що з'являються на високих частотах в відеоімпульсах та радіоімпульсах.

Джерела магнітних полів при контактному зварюванні

Під час роботи зварювального обладнання на робочих місцях обслуговуючого персоналу амплітудні значення напруженості МП, коливаються в широких межах від 0,3 до 80 кА/м. Так, при роботі підвісних зварювальних кліщів вони досягають 10,3 кА/м (біля кабелю до 80 кА/м), стаціонарних точкових машин – 4,3 кА/м, стикових – 7,4 кА/м, шовних – 1,5 кА/м і рельєфних – 3,7 кА/м. Поле має імпульсно-перервний характер з тривалістю імпульсу від 0,002 до 30 с з різним періодом повторення і формою (синусоїдальною, експоненціальною тощо).

Основними джерелами МП є сильнотруменеві ланки, тобто елементи вторинної ланки зварювального трансформатора. Для більшості типів обладнання контактного зварювання зварювальний струм дорівнює вторинному струмові зварювального трансформатора. Винятком є установки для виробів замкнутої форми, в яких вторинний струм зварювального трансформатора дорівнює сумі струмів зварювання і шунтування.

Джерело МП на робочих місцях персоналу, що обслуговує шовні рельєфні і стаціонарні точкові машини, є консолі, електродотримачі, електроди і частини зварювальних виробів. Зварювальний контур по формі наближається до прямокутного.

Джерело МП в підвісних точкових машинах є ручні за конфігурацією електроди і електродотримачі, а також вільно розміщені гнучкі зварювальні кабелі.

Джерелами МП в стикових зварювальних машинах призначених для зварювання стрижнів, труб та інших виробів є частини притискувального пристрою, струмопровідні шини і частини зварюваних виробів.

При стиковому зварюванні виробів замкнутої форми джерелами МП є зварювальні вироби, що обтікаються струмом шунтування, а також струмопровідні шини, притискувальні губки. МП на робочому місці при цьому, переважно, визначається струмами шунтування.

Інтенсивність опромінення працюючих залежить від типу застосованого обладнання, режиму його роботи (амплітуди і тривалості імпульсу зварювального струму, тривалості паузи, кількості циклів, модуляції фронтів імпульсів, фазового регулювання), геометричних розмірів і конфігурації джерел МП, а також розміщення робочих місць по відношенню до них.

Найбільш повну інформацію про МП з сучасної медичної точки зору в цьому випадку містить його амплітудний спектр, регламентований ДСН 3.3.6.096-2002.

Контроль параметрів магнітного поля в виробничих умовах

Оцінка параметрів МП на робочих місцях зварників має проводитися в такій послідовності:

- визначення ділянки можливого знаходження працюючого під час проходження зварювального струму,
- виділення в цій ділянці точок максимально наближених до джерела МП,
- визначення частотних діапазонів випромінювань і вимірювання напруженості МП в цих точках і діапазонах,
- визначення тривалості дії МП на працюючого.

Вимірювання напруженості МП при дугових способах зварювання мають проводитися з урахуванням розміщення кабелю.

Основною задачею вимірювання напруженості МП є порівняння її з санітарними нормами ДСН 3.3.6.096-2002.

Слід враховувати, що на результати вимірювань великий вплив мають джерела живлення сусідніх зварювальних постів та наявність феромагнітних мас. При ручному дуговому зварюванні рівень МП, що індукується на поверхні різних частин тіла зварника та в середині, визначається переважно величиною зварювального струму, площею випромінюючого контуру, розташуванням зварників відносно основних джерел випромінювання та відстанню від випромінювача до поверхні тіла.

Схема розташування зон, в яких переважно виконується контроль параметрів МП при ручному і напівавтоматичному зварюванні, наведена на рис. 2 [1]. Аналогічна схема може бути використана і при контактному зварюванні.

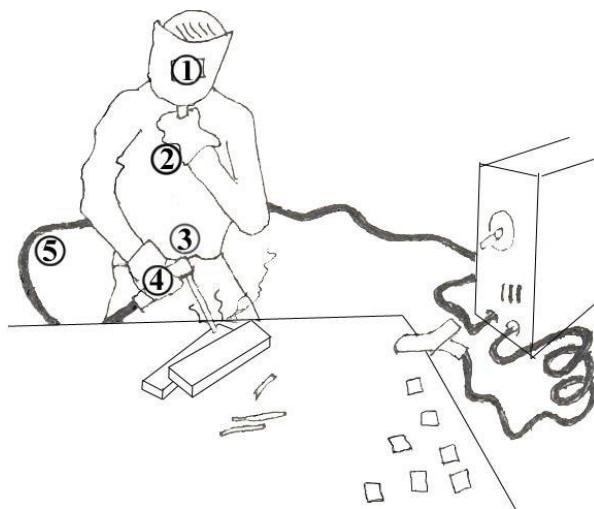


Рис. 2. Схема розташування зон вимірювання магнітного поля: 1 – голова (лоб), 2 – груди, 3 – живіт, 4 кисть руки, 5 – кабель

Засоби вимірювання напруженості МП мають складатися з виносного датчика (перетворювача МП) і реєструючого пристрою, в ролі якого може використовуватися цифровий осцилограф з функцією швидкого перетворення Фур'є та персональний комп'ютер (ноутбук).

Під час вимірювань напруженості МП датчик вноситься в поле, яке контролюють, і орієнтується в просторі за максимальним значенням показів реєструючого приладу. Вимірювання МП у вигляді коротких імпульсів з великим періодом тривалості виконуються приладом з однокоординатним датчиком три рази (в різних положеннях). При цьому датчик розташовується послідовно в трьох взаємноперпендикулярних площинах і реєструються його показання в кожній площині. Амплітудне значення вектора напруженості МП визначається за формулою

$$H_m = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}, \quad (16)$$

де H_x , H_y , H_z – значення напруженості МП в кожній площині.

Тривалість опромінення працюючих в період робочої зміни визначається шляхом проведення хронометражних спостережень. Сума усього часу, затраченого на виконання зварювання, показує час опромінення протягом дня.

Література

1. Левченко О. Г., Полукаров О. І. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. – К.: Основа, 2014. – 352 с.
2. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц. – М., 1986. – № 3206-85. – 7 с.
3. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. – К.:МОЗ. – 16 с.
4. Левченко О. Г., Левчук В. К. Нормування та контроль електромагнітних випромінювань при зварюванні // Сварщик. – 2009. – № 5. – С. 50-56.
5. Левченко О. Г., Левчук В. К., Гончарова О. Н. Пространственное распределение магнитного поля и его минимизация при контактной точечной сварке // Автоматическая сварка. – 2012. – № 8. – С. 50-55.